
**MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DU TRANSPORT ET DE LA
LOGISTIQUE - DIRECTION DES AFFAIRES TECHNIQUES
ET DES RELATIONS AVEC LA PROFESSION**

**ETUDE D'EVALUATION DU POTENTIEL EN GHASSOUL DE
LA COMMUNE EL KSABI- PROVINCE DE BOULEMANE**

PHASE IV

Marché n° 08/2015-DATRP

RAPPORT FINAL

Sommaire

Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
I- PREAMBULE.....	7
II- SITUATION ET ACCES.....	8
III- CONTEXTE GEOLOGIQUE	11
1. Définition du ghassoul	11
2. Cadre géologique :	12
3. Configuration lithologique de la série a ghassoul :	13
IV- EXPLOITATION DU GHASSOUL	14
V- PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE	15
CHAPITRE I : TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE 16	
A) RESULTATS DES RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES	16
I- RESULTATS DES RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-1	16
1. Cartographie de la parcelle P 1-1 :	16
2. Reconnaissances geologiques :	18
II- RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-2.....	22
1. Cartographie de la parcelle P1-2 :	22
2. Reconnaissances géologiques:	30
III- RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-3	35
1. Cartographie de la parcelle P1-3 :	35
2. Reconnaissances géologiques.....	37
IV- TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE DE LA PARCELLE P1-4.....	38
1. Cartographie de la parcelle P1-4.....	38
2. Reconnaissances géologiques.....	39
V- TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE DE LA PARCELLE P2	40
B) INVESTIGATION GEOPHYSIQUE.....	43
C) RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES ET MINERALOGIQUES	47
CHAPITRE II : ESTIMATION DU POTENTIEL EN GHASSOUL D 50	

	ES PARCELLE P1 ET P2	50
I-	METHODOLOGIE ET PARAMETRES DE CALCUL.....	50
II-	ESTIMATION DU POTENTIEL EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-1.....	52
1.	Les ressources indiquées en ghassoul :	52
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	55
III-	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-2	58
1.	Les ressources indiquées en ghassoul :	58
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	60
3.	Les ressources indiquées et inférées en ghassoul	62
IV-	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-3	63
1.	Les ressources indiquées en ghassoul :	63
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	64
3.	Les ressources indiquées et inférées en ghassoul :	67
V-	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-4	68
VI-	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P2	68
A.	ESTIMATION DES RESSOURCES INDIQUEES ET INFEREES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-09.....	69
1-	Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-09:.....	69
2-	Les ressources inférées en ghassoul :	71
B.	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-08.....	72
1.	Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-08:.....	73
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	74
C.	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-05.....	75
1.	Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-05:.....	76
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	77
D.	ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-12.....	78
1.	Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-12:.....	78
2.	Les ressources inférées en ghassoul :	80
E.	CALCUL DES RESSOURCES INDIQUEE ET INFEREES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2 81	
	CONCLUSION	82
	RECOMMANDATIONS:.....	84

Liste des figures

Figure 1: carte de situation et d'accessibilité de la parcelle P1	8
Figure 2 :Carte de situation géographique de la parcelle P2	9
Figure 3 : carte de plan des parcelles P1 et PE.....	10
Figure 4 :Schéma de genèse du ghassoul par transformation diagénétique précoce des dolomies à silex.....	13
Figure 5 : Carte d'illustration de l'implantation des coupes géologiques établies au niveau de la parcelle P1-1.....	17
Figure 6: Coupe lithologique dressée dans la partie montagneuse située au au Nord-Ouest de la parcelle P1-1.....	18
Figure 7: Coupe lithologique traversant la parcelle P1-1 selon la direction NE-SW	18
Figure 8: Carte d'implantation des sondages carottés et des tranchées de reconnaissance géologique de la parcelle P1-1	20
Figure 9: Les principales galeries de la zone à ghassoul de la première parcelle – jbel col Bèche	22
Figure 10 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-2.....	24
Figure 11 : <i>Carte d'illustration de l'implantation des coupes géologiques établies au niveau de la parcelle P1-2</i>	25
Figure 12: Coupe lithologique N° C, dressée à l'Ouest de Jbel El Assla de la parcelle P1-2 selon la direction SW-NE	26
Figure 13: Coupe A ; lithologique simplifiée de la limite orientale du Jbel El Assla de la parcelle P1-2 selon la direction SSE-NNW.....	27
Figure 14: coupe lithologique N° B dressée dans la zone de transition entre Jbel Boulemane et Jbel El Assla au niveau de la parcelle P1-2 selon la direction SE-NW.....	28
<i>Figure 15: coupe lithologique N° D, dressée à la limite nordique de Jbel El Assla- parcelle P1-2 selon la direction NW-SE</i>	29
<i>Figure 16: Carte d'implantation des sondages carottés réalisés au niveau de la parcelle P1-2</i>	33
Figure 17 : : Les principales galeries de la zone à ghassoul de la première parcelle – jbel col Bèche ..	34
<i>Figure 18 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-3</i>	36
<i>Figure 19: Carte de délimitation de la zone avec quelques niveaux à ghassoul ou à traces de ghassoul de la parcelle P1-3</i>	37
<i>Figure 20: Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-4 et implantation des sondages carottés réalisés.....</i>	40
Figure 21 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P2.....	42
Figure 22:programme d'investigation géophysique par tomographie électrique.....	43
Figure 23: Implantation du profil tomographique réalisé sur l'image satellitaire.....	44
Figure 24 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques De a zone à ghassoul de la parcelle P1-1	54
Figure 25 : délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques sur la carte de zonage lithologique de la parcelle P1-1	57
Figure 26: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de a zone à ghassoul de la parcelle P1-2.....	59

Figure 27: zonage des jbilletes à ghasoul en fonction de la lithologie et l'abondance des niveaux à ghasoul.....	61
Figure 28: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghasoul de la parcelle P1-3.....	63
Figure 29: zonage du jbel Choumarhia de la parcelle P1-3 en fonction de la lithologie et l'abondance des niveaux à ghasoul.....	66
Figure 30 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques Sur la carte de zonage à ghasoul de la parcelle P1-3.....	67
Figure 31 : coupe lithologique traversant la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-09	69
Figure 32: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghasoul de la parcelle P2-09.....	70
Figure 33 : cartographie de la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-09	71
Figure 34 :: coupe lithologique traversant la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-08	72
Figure 35: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghasoul de la parcelle P2-08.....	73
Figure 36 : cartographie de la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-08	74
Figure 37: Coupe lithologique traversant la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-05.....	75
Figure 38: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghasoul de la parcelle P2-05.....	76
Figure 39: cartographie de la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-05	77
Figure 40 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques	79
Figure 41 : cartographie de la zone à ghasoul mixte de la parcelle P2-12	80

Liste des tableaux

Tableau 1 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghasoul brut ou associé aux marnes vertes, silice ou gypse au niveau de la parcelle P1-1	53
Tableau 2: principales caractéristiques des zones cartographiées	55
Tableau 3 : tableau récapitulatif des ressources inférées du ghasoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées	56
Tableau 4 : : tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghasoul.....	56
Tableau 5 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghasoul brut ou associé aux marnes vertes, silice ou gypse au niveau de la parcelle P1-2	60
Tableau 6: tableau récapitulatif des ressources inférées du ghasoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P1-2.....	62
Tableau 7: tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghasoul brut et mixte de la parcelle P1-2.....	62
Tableau 8 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghasoul brut ou associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P1-3	64
Tableau 9 : principales caractéristiques des zones cartographiées	65
Tableau 10: tableau récapitulatif des ressources inférées du ghasoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P1-3.....	66
Tableau 11 : tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghasoul.....	67

Tableau 12 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-09	70
Tableau 13 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-09	72
Tableau 14 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-08	73
Tableau 15 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-08	75
Tableau 16 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-05	77
Tableau 17 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-05	78
Tableau 19 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-12	79
Tableau 19: principales caractéristiques des zones cartographiées	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 20 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-12	81
Tableau 21 : tableau récapitulatif des ressources inférées du ghassoul mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P2	82

I- PREAMBULE

Dans le cadre du marché n°08/2015-DATRP, approuvé le 14/10/2015, la Direction des Affaires Techniques et des Relations avec la Profession a confié au LPEE le projet d'évaluation du potentiel en ghassoul dans la commune El Ksabi-Province de Boulemane.

Cette étude est scindée en quatre phases, il s'agit :

1/ PHASE 1 : Etude bibliographique de Jbel El Ghassoul à El Kssabi

- Définitions, situation géographique et contexte géomorphologique.
- Contexte géologique, genèse, géochronologie...
- Méthodes d'exploitation et de traitement du ghassoul.
- Géochimie et qualité du ghassoul.

2/ PHASE 2 : travaux géologiques et de laboratoire

- Mission de cartographie et établissement des esquisses de cartes géologiques locales ;
- Reconnaissances par sondages carottés, tranchées et galeries ;
- Campagnes géophysiques ;
- Analyses géochimiques et minéralogiques.

3/ PHASE 3 : Evaluation du potentiel en ghassoul

- Analyse des résultats de cartographie et des coupes lithologiques des sondages, tranchées et galeries ;
- Estimation des ressources indiquées et inférées en ghassoul brut ou mixte de chaque parcelle et de la zone d'étude.

4/ PHASE 4 : rapport final

- Synthèse de l'ensemble de résultats ;
- Conclusions et recommandations de chacune des phases de l'étude.

II- SITUATION ET ACCES

Les parcelles P1 et P2 font partie du couloir Ksabi-Tamdafelt de la Moyenne Moulouya et plus précisément du bassin de Jbel Rhassoul situé à 20 Km au NE de la commune El Kssabi, 30 km au SW de Missouri et 60 Km au NE de Midelt ;

Ces parcelles sont accessibles à partir des pistes de plus de 17 Km de longueur, ramifiées de la N15, aux lieux-dits Douar Tamdafelt ou El Kssabi.

La parcelle P1 est subdivisée en 4 sous-parcelles (P1-02 ; P1-02 ; P1-03 ; P1-04), alors que la parcelle P2 renferme 10 sous-parcelles (P2-05 ; P2-06 ; P2-07 ; P2-08 ; P2-09 ; P2-10 ; P2-11 ; P2-12 ; P2-13 ; P2-14).

La surface de la parcelle P1 s'élève à 19 368 Ha, est celle de la parcelle P2 à 2083 Ha.

La surface totale de ces deux parcelles est de l'ordre de 21 451 Ha.

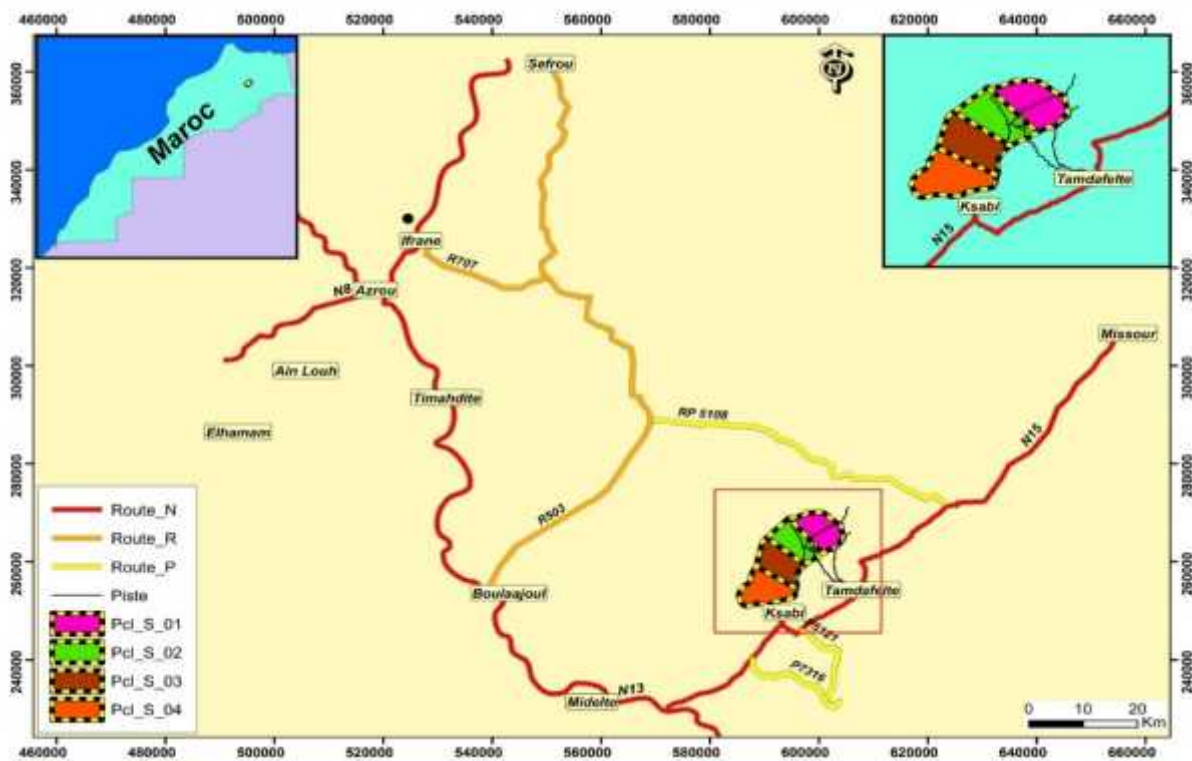


Figure 1: carte de situation et d'accessibilité de la parcelle P1

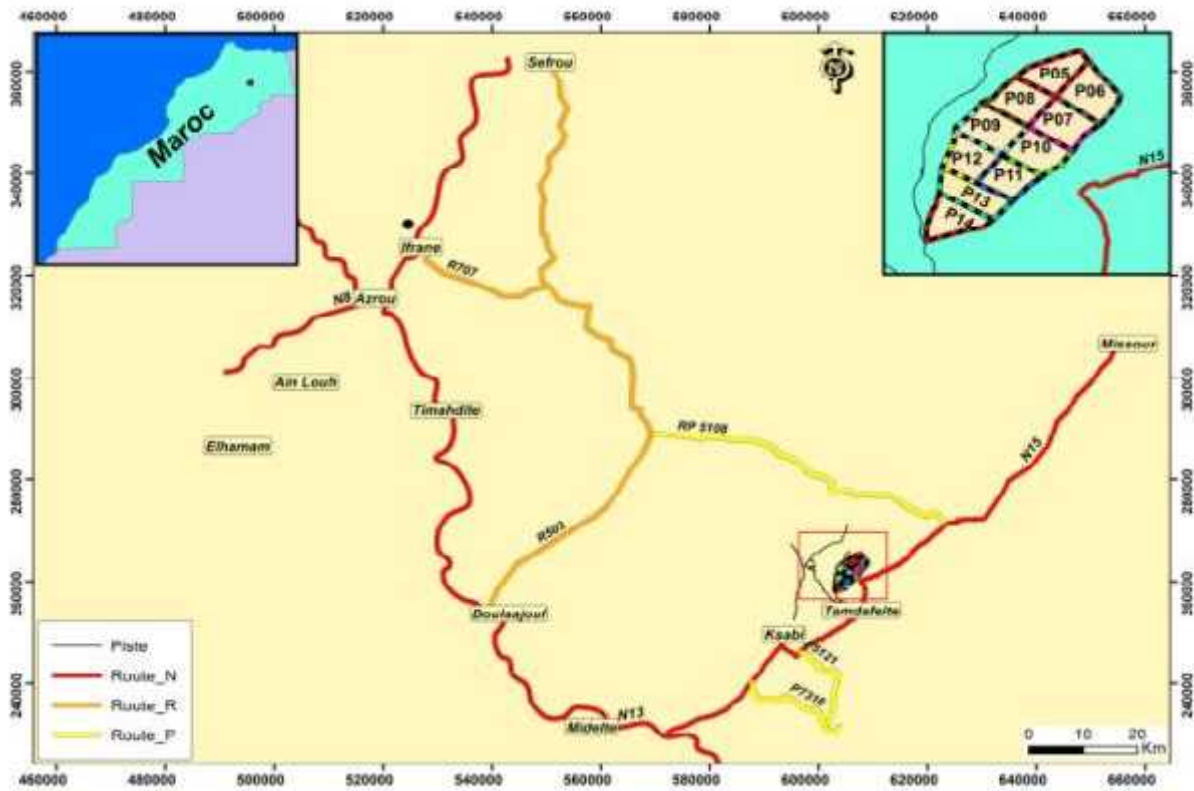


Figure 2 : Carte de situation géographique de la parcelle P2

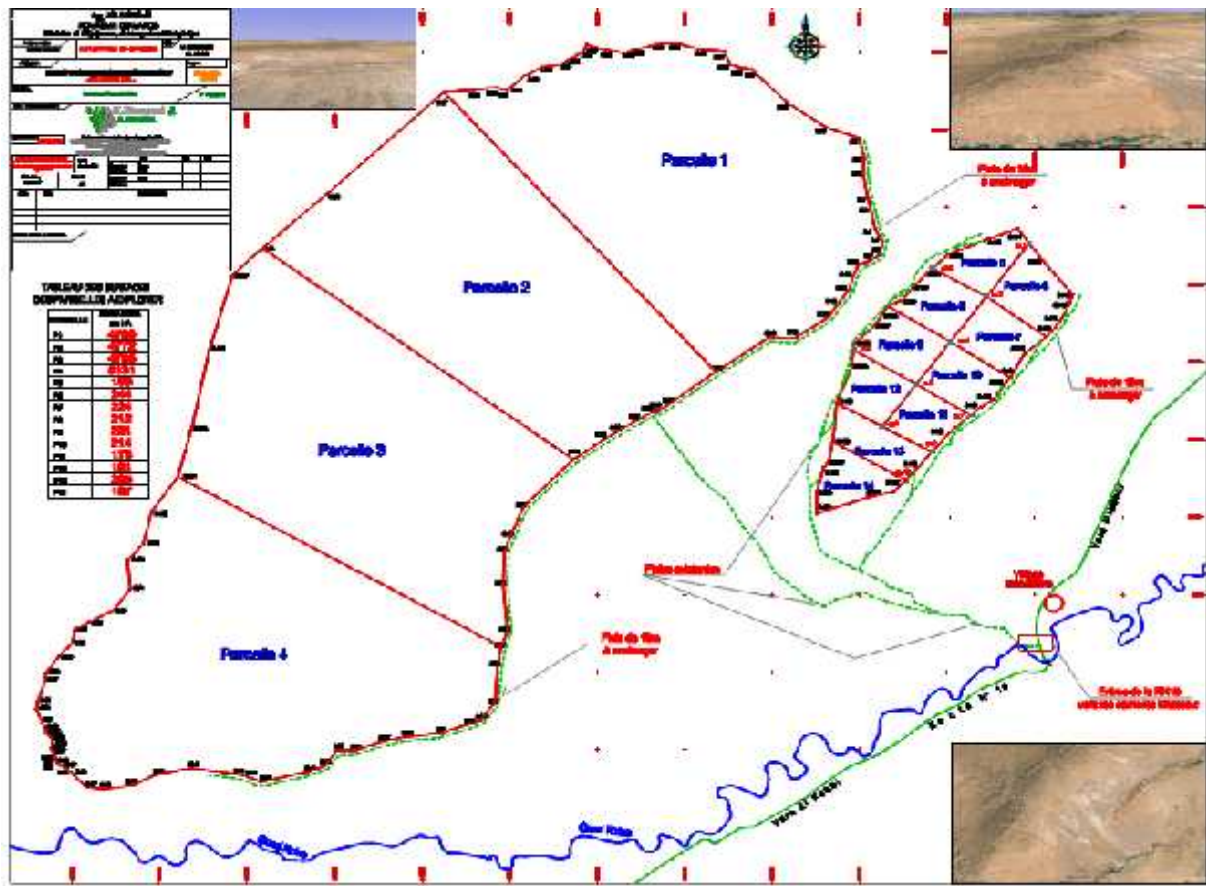


Figure 3 : carte de plan des parcelles P1 et P2

Parcelle	Nom	Surface
Parcelle P1	Parcelle P1-01	4760 Ha
	Parcelle P1-02	4772 Ha
	Parcelle P1-03	4705 Ha
	Parcelle P1-04	5131 Ha
Parcelle P2	Parcelle P2-05	188,78 Ha
	Parcelle P2-06	243,89 Ha
	Parcelle P2-07	224,32 Ha
	Parcelle P2-08	212,39 Ha
	Parcelle P2-09	230,65 Ha
	Parcelle P2-10	213,54 Ha
	Parcelle P2-11	178,23 Ha

	Parcelle P2-12	191,05 Ha
	Parcelle P2-14	196,03 Ha
	Parcelle P2-13	204,75 Ha
Surface Total	Surface totale P1	19 368 Ha
	Surface totale P2	2083 Ha
Surface totale P1 & P2		21 451 Ha

III- CONTEXTE GEOLOGIQUE

1. Définition du ghassoul

Le ghassoul, appelé aussi hectorite, stévensite lithinifère et ghassoulite, sont de niveaux lenticulaires d'une smectite magnésienne, favorisée par le développement de conditions physicochimiques riches en silice et en magnésium, dans les milieux confinés du système fluvio-lacustre.

Le ghassoul est une argile minérale dite «saponifère», qui provient uniquement du Maroc oriental, des gisements situés en bordure du Moyen Atlas, dans la vallée de la moyenne Moulouya, à Missouri, dans la région de Ksabi, à environ 200 Km SSE de la ville de Fès.

Le ghassoul est une argile naturelle recherchée pour ses qualités d'adsorption des graisses, sa douceur, son pouvoir moussant, sa neutralité physico-chimique, son haut pouvoir d'échange d'ions et ses propriétés cosmétiques et thérapeutiques

C'est une argile brun-chocolat, au toucher savonneux et ayant la consistance de cire à l'extraction. Sur le terrain, le ghassoul affleure au sein d'une série marno-carbonatée et gypseuse et se présente. Sous la pression de l'ongle, il se débite en plaquettes. Les cassures sont conchoïdales et les surfaces brillantes. Cependant, une fois exposé à l'air libre, le ghassoul sèche rapidement et prend une teinte plus grisâtre.

2. Cadre géologique :

Le ghassoul est une formation sédimentaire continentale, d'origine lacustre, attribué à la partie supérieure du Miocène moyen (14 à 12.5 Ma).

Les dépôts de Ghassoul sont situés dans un complexe marneux avec gypse à bancs irréguliers de calcaires dont la genèse s'effectue par transformation diagénétique en trois étapes :

- 1- Dolomitisation du dépôt de calcaire lacustre.
- 2- Silicification de la dolomie
- 3- Argilisation de la dolomie silicifiée (formation de ghassoul ou stévensite).

Postérieurement, il y a eu une gypsification de l'ensemble : on trouve de la dolomie, parfois, transformée partiellement ou totalement en gypse et par place, on rencontre du silex et du ghassoul gypsifère.

Le bassin garde la trace de deux ensembles sédimentaires distincts : un ensemble lacustre marno-carbonaté contenant le ghassoul succède à un ensemble évaporitique marno-gypseux sans ghassoul. Le gypse de l'ensemble inférieur envahit tardivement la formation à ghassoul et lui confère un aspect faussement évaporitique.

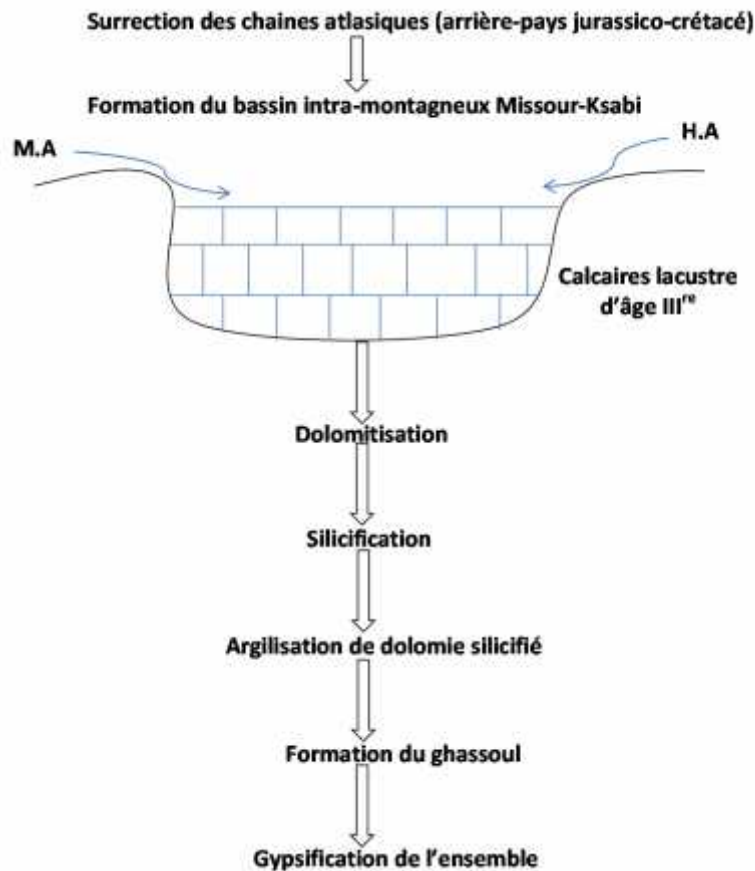


Figure 4 : Schéma de genèse du ghassoul par transformation diagénétique précoce des dolomies à silex

3. Configuration lithologique de la série a ghassoul :

Les zones à ghassoul, se situent au niveau des reliefs collinaires ou jbillettes d'environ 1400 m d'altitude.

Les niveaux à ghassoul représentent moins de 2% de l'épaisseur totale de la série sédimentaire à ghassoul. Ils se présentent sous forme de couches ou de lentilles horizontales ou sub-horizontales épaisses de moins de 5 centimètres à plus de 70 cm.

D'une manière générale, on note la présence de plusieurs niveaux à ghassoullite (3 à 6 couches) qui se répètent verticalement et sont séparées par des horizons de marne verdâtre, de bancs carbonatés, de silex ou de gypse, dont la puissance fluctue de quelques centimètres à plusieurs mètres.

La continuité horizontale des niveaux à ghassoul peut être entrecoupée par des horizons stériles de nature dolomitique ou marneuse, dont l'épaisseur peut s'élever à 2 m.

Le ghassoul est très souvent emprisonné entre une couche de marne et une couche de silex ou dolomie avec silex. Mais, il peut être également situé en-dessous d'un horizon de calcaire marneux et au-dessus d'une couche de gypse.

Les couches à ghassoul se présentent très rarement en affleurement. Mais, elles ont tendance à s'amincir près du contact de surface.

Compte tenu des investigations faites sur toute la surface d'étude, les zones à ghassoul sont marquées par la présence ou la coexistence des éléments cités ci-dessous :

- Des zones en relief collinaire ou jbilettes avec des altitudes d'environ 1400 m ;
- Des marnes verdâtres ;
- Des bancs dolomitiques, associés par endroits au silex ;
- La présence de silex : l'étroite association « dolomie à silex-ghassoul » est tellement constante que les silex constituent aujourd'hui pour les mineurs le guide de prospection le plus efficace
- Les gisements de ghassoul se localisent sous les formations calcaire-dolomitiques « corniche dolomitique ».
- Les formations caractéristiques de la série détritique à ghassoul : des marnes verdâtres, des gypses et des carbonates dolomitiques à intercalations de marnes verdâtres, des nodules de silex. Ces formations sont surmontées par des calcaires dolomitiques silicifiés par place qui constituent les corniches dolomitiques.

IV- EXPLOITATION DU GHASSOUL

L'extraction et l'exploitation du ghassoul se fait dans des galeries de mines souterraines. Les grands blocs, généralement plus bruts, sont ensachés et livrés en vrac aux clients, alors que les parties fragmentés et plus fines sont destinées à la laverie.

Les réseaux souterrains de galeries d'exploitation ou d'exploration, de cheminées et de puits développent un aspect sinueux et irrégulier, en étroite relation avec les variations de répartition latérale et verticale du ghassoul et la technique d'extraction qui consiste à suivre l'épaisseur maximale des couches de ghassoul.

Le contexte géologique des couches de ghassoul nécessitent une méthode d'extraction artisanale ou manuelle, afin de conserver une haute sélectivité.

L'extraction du ghassoul demeure une opération délicate en raison des possibilités de sa contamination par les argiles stériles verdâtres et rougeâtres et autres types de matériau fin situés au contact ou près du ghassoul.

Etant donné la couleur brune caractéristique du ghassoul et sa texture particulière (consistance cireuse et toucher onctueux), les mineurs peuvent effectuer facilement une haute sélectivité. Si le ghassoul est mélangé avec des argiles stériles, il devient extrêmement difficile de les séparer physiquement.

V- PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Dans le but de définir les zones à ghassoul et celles sans ghassoul, il a été procédé à la réalisation d'une reconnaissance géologique des parcelles P1 et P2. Ces investigations géologiques consistent en la réalisation :

*** Des missions de terrain :** permettant de i) comprendre la série sédimentaire à ghassoul, ii) identifier les indices de présence du ghassoul, iii) définir les différents types de ghassoul, iv) vérifier les conditions d'accès et la méthodologie de travail à adopter, vi) et collecter tous les documents, études antérieures et plans ;

*** Réaliser des missions de cartographie géologique :** couvrant toute la surface d'étude, dans le but d'établir des esquisses de cartes géologiques de l'ensemble des parcelles étudiées ;

*** Des sondages carottés de 6 à 60 m de profondeur :** au niveau des zones accessibles aux ateliers de sondages ou celles nécessitant un aménagement des accès par le LPEE ;

*** Réalisation de tranchées manuelles :** au niveau des reliefs montagneux inaccessibles aux ateliers de sondages, notamment ceux sis au Sud de la parcelle P1;

*** Remise en état des tranchées préexistantes.**

*** Recensement des galeries et établissement de leurs coupes lithologique :** il s'agit des galeries d'exploration ou d'exploitation des niveaux à ghassoul situées dans les zones à ghassoul brut ou mixte des parcelles P1 et P2.

*** Réalisation des profils tomographiques paramétriques sur un linéaire de 5 Km :** Ces profils traversent les jbilletes dites à ghassoul.

*** Des essais géochimiques au laboratoire.**

CHAPITRE I : TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE

A) RESULTATS DES RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES

I- RESULTATS DES RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-1

1. Cartographie de la parcelle P 1-1 :

La mission de cartographie de la parcelle P1-1 a permis l'établissement d'esquisse d'une carte géologique de cette parcelle.

En se référant à la carte ci-dessous, il en ressort :

- **Le ghassoul :** La série à ghassoul se présente au niveau des jbillettes de 1200 à 1400 m d'altitudes (jbel col bèche, jbel ghachoua, jbel ghchioua, jbel boulemane...) situés au Sud de la parcelle P1-1. Les niveaux à ghassoulite sont généralement liés aux marnes vertes. Mais, d'autres indications sont également liées à sa présence telles que : le silex, le gypse lamellaire, les marno-calcaires...
- **Les argiles gypsifères rouges :** dominant les parties basses, les dépressions, les zones planes, les fonds des vallées, les talwegs et les pieds des reliefs montagneux. Elles ne montrent aucun signe de présence du ghassoul. Ces argiles rougeâtres constituent généralement le substratum de la série détritique à ghassoul ;
- **Les formations gréseuses :** se présentent au pied des reliefs montagneux et sont généralement dépourvues de ghassoul ;
- **Les corniches calcaires :** ou la dalle carbonatée cartographiée aux sommets des jbillettes ne présentent pas de ghassoul ;
- **Les horizons à conglomérats, les grès et calcaires gréseux et les alternances de calcaire, gypse, marne et argile :** situés dans la partie nordique de la parcelle P1-1, constituent des zones stériles sans ghassoul.

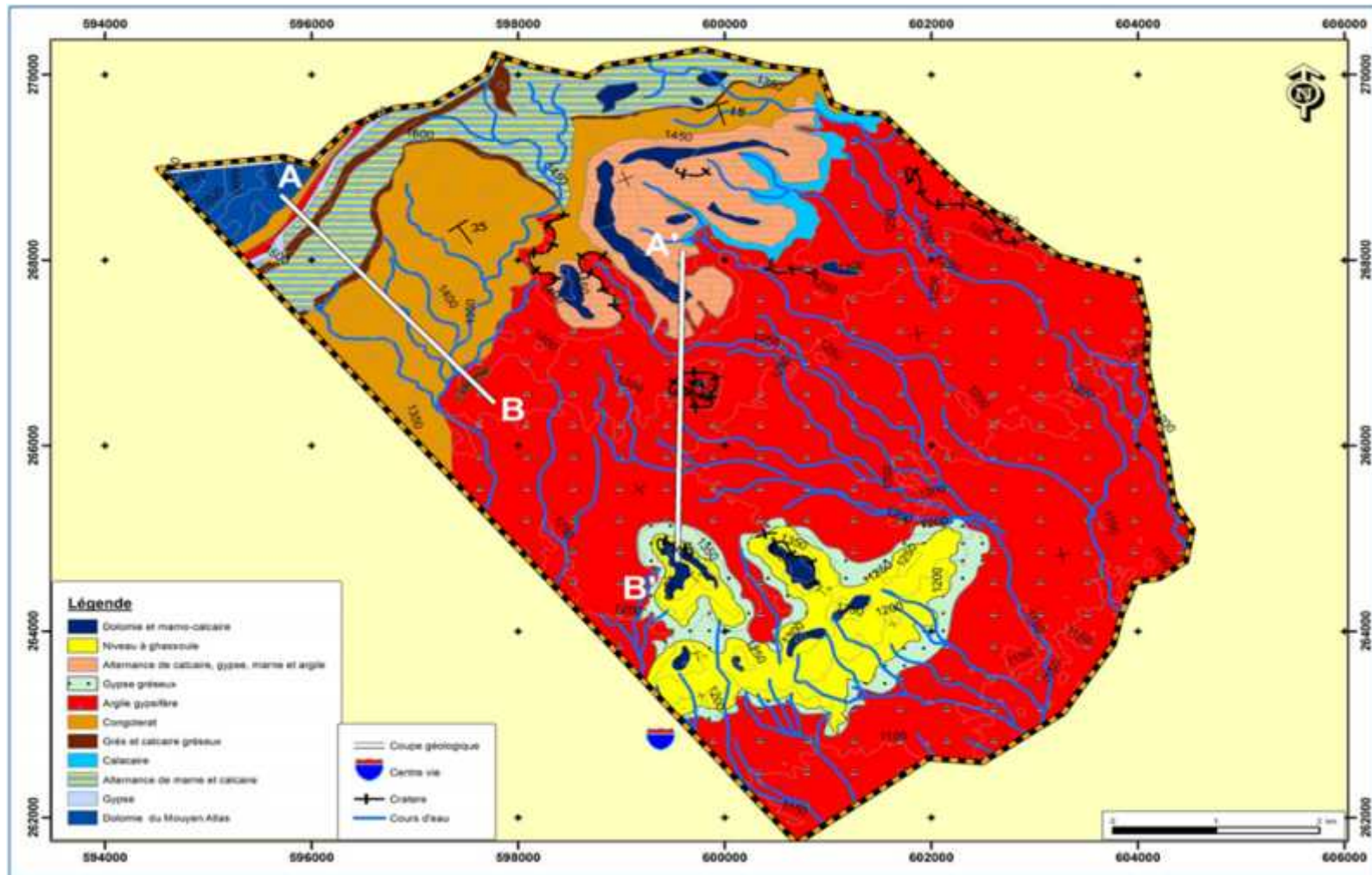


Figure 5 : Carte d'illustration de l'implantation des coupes géologiques établies au niveau de la parcelle P1-1



Figure 6: Coupe lithologique dressée dans la partie montagneuse située au au Nord-Ouest de la parcelle P1-1

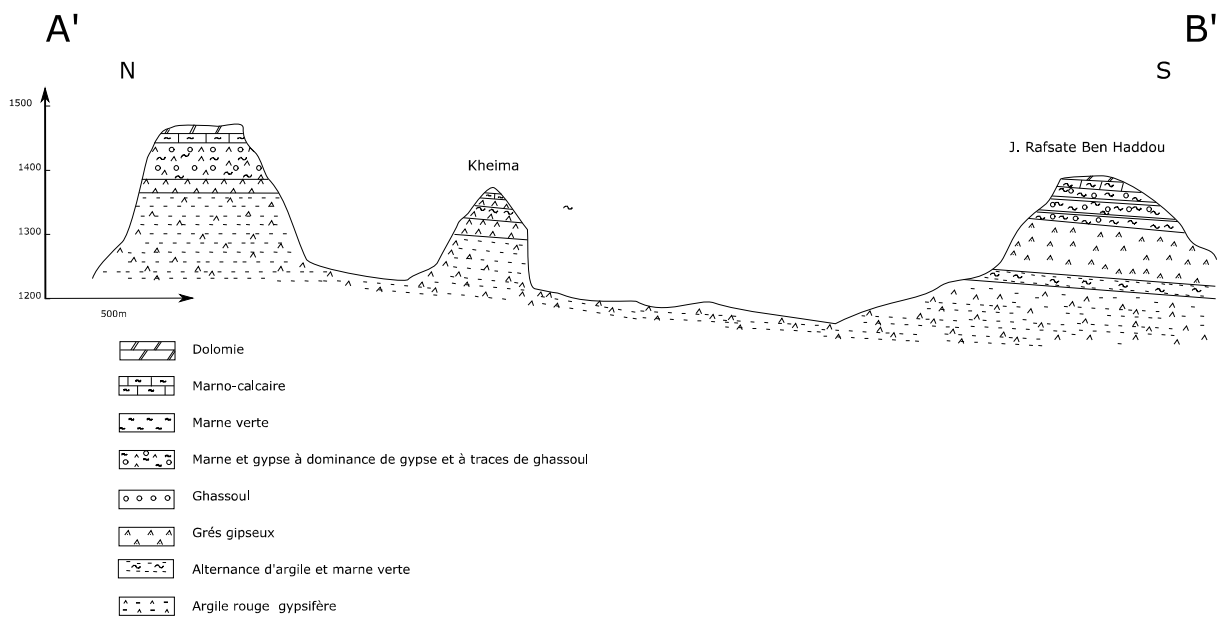


Figure 7: Coupe lithologique traversant la parcelle P1-1 selon la direction NE-SW

2. Reconnaissances géologiques :

Dans le but de vérifier et compléter la cartographie géologique de la parcelle P1-1, il a été procédé à la réalisation de (Figure) :

- 29 sondages carottés profonds de 10 à 40 m. Les sondages ont été implantés en fonction des résultats de cartographie géologique, les missions de terrain et les conditions d'accessibilité aux points de sondages ;

- Remise en état des tranchées préexistantes et réalisation de d'autres tranchées au niveau des montagnes Nordiques inaccessibles aux ateliers de sondages. Ces tranchées ont des longueurs de 20 à 30 m, une largeur de 1 m et une profondeur de 1.5 m.
- Inventaire des galeries d'exploration ou d'exploitation et recensement des niveaux à ghassoul.

■ **Résultats des sondages carottés :**

Compte tenu de l'examen analytique des coupes lithologiques levées au droit des sondages carottés réalisés, il en ressort :

- Seuls les sondages carottés réalisés au niveau des jbilettes (col bèche, ghchioua, ghachoua, Boulemane) situées au Sud de la parcelle P1-1 montrent des niveaux à ghassoul ;
- Les sondages réalisés dans les zones planes, les thalwegs, les dépressions, les hauts fonds correspondent généralement aux argiles gypsifères sans ghassoul ;
- Le ghassoul se présente soit à l'état brut soit associé aux marnes vertes, gypse ou au silex;
- La répartition verticale et latérale des couches à ghassoul varie d'un sondage à l'autre en raison de l'aspect lenticulaire des ghassoulites ;
- Sur la zone à ghassoul, le nombre des niveaux à ghassoul varie de 1 (SC06) à 24 niveaux (SC07), dont l'épaisseur fluctue de 10 à 90 cm ;
- Sur la zone à ghassoul, l'épaisseur des niveaux à ghassoul s'amenuise voire se biseautent aux limites des reliefs montagneux à ghassoul. C'est le cas du sondage carotté SC05 qui ne montre aucun niveau à ghassoul ;
- Au niveau de la zone à ghassoul, les dalles calcaires coiffent une série détritique à ghassoul. Mais, par endroits, cette dalle surmonte directement les gypses gréseux et les argiles rougeâtres qui constituent le substratum de la série détritique à ghassoul. C'est le cas du sondage carotté SC 25 où aucun niveau à ghassoul n'a été traversé malgré son implantation sur la zone à ghassoul.
- Sur la zone à ghassoul, certains endroits ne laissent déceler aucun niveau à ghassoul brut, mais que des niveaux à ghassoul associés aux marnes, silex ou au gypse. C'est le cas du sondage carotté SC 08 ;

Toutefois, il est important de signaler que la répartition des niveaux à ghassoul ainsi que leur puissance varie d'un sondage à l'autre et ne montre aucune continuité spatiale. Ceci est étroitement lié au caractère lenticulaire des niveaux à ghassoul qui complique les corrélations façologiques.

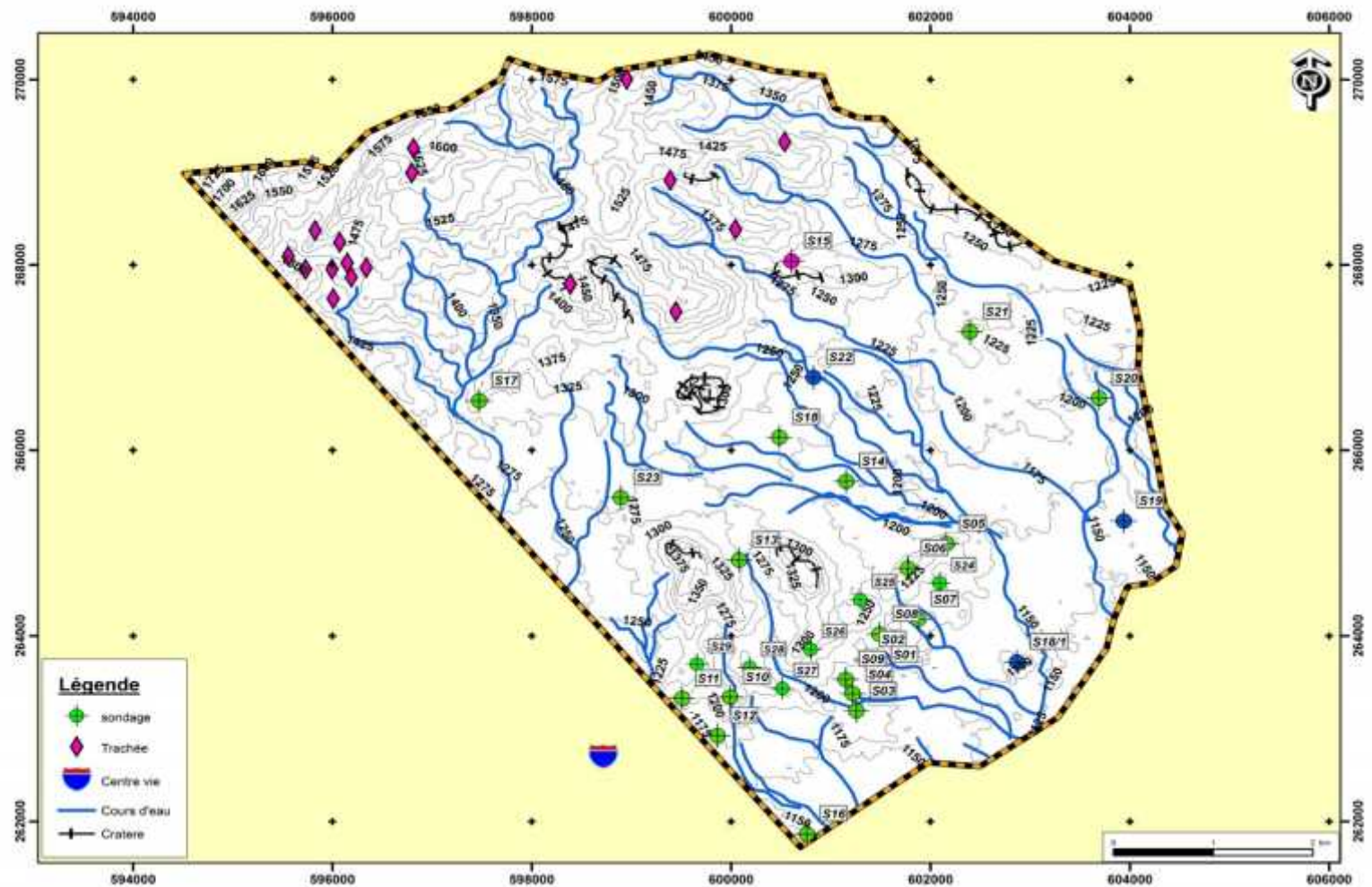


Figure 8: Carte d'implantation des sondages carottés et des tranchées de reconnaissance géologique de la parcelle P1-1

■ **Résultats de reconnaissance par tranchées manuelles :**

✱✱ **Sur le relief montagneux au Nord de la P1-1 :**

L'examen analytique des coupes lithologiques levées au droit des tranchées manuelles réalisées laisse déceler :

- Les coupes lithologiques de ces tranchées concordent avec les résultats de la cartographie géologique de la partie nordique de P1-1 ;
- La colonne lithologique des tranchées réalisées est marquée par la prédominance des calcaires, calcaires gréseux, des marno-calcaires, des marnes jaunâtres, grisâtres et verdâtres, des argiles rouges et des gypses
- L'absence de niveaux exploitables à ghassoul ;
- L'existence de quelques rares traces de ghassoul au niveau des tranchées (Tr 14 à Tr 18) ; il s'agit d'un lit très mince de ghassoul épais de moins de 3 cm et associé aux gypses massifs.

✱✱ **Sur le relief montagneux au Sud de la P1-1 :**

- Les coupes lithologiques des tranchées réalisées sur les jbillettes situées au sud de la parcelle P1-1 confirment les résultats de cartographie géologique ;
- La colonne lithologique des tranchées est marquée par la prédominance de la série détritique à ghassoul (marnes verte, gypse, marno-calcaire, dolomie et silex),
- Sur les 30 m prospecté, 2 à 7 niveaux à ghassoul se présentent avec des épaisseurs variant de 10 à 80 cm ;
- Le ghassoul se présente soit à l'état brut ou associé aux marnes, au silex ou au gypse,
- Le principal indicateur de présence du ghassoul demeure les marnes verdâtres.
- Vu l'implantation de ces tranchées aux limites des jbillettes à ghassoul, le nombre des niveaux à ghassoul et leurs épaisseurs demeurent représentatifs uniquement de ces limites, alors que vers l'intérieur des reliefs à ghassoul, la représentation quantitative des niveaux à ghassoul deviendra plus importante.

■ **Résultats de reconnaissance par galeries :**

Les galeries d'exploitation ou d'exploration se concentrent dans la partie Ouest des reliefs collinaires à ghassoul de la parcelle P1-1, vraisemblablement en relation avec i) la prédominance de la marne verte au niveau de la série à ghassoul, chose qui facilite l'extraction du ghassoul, ii) le fort potentiel de cette partie en ghassoul et iii) cette parcelle constitue la continuité Est de la parcelle P1-2 en cours d'exploitation.

L'examen analytiques des coupes lithologiques levées au droit des galeries étudiées, laisse déceler la présence d'un à cinq niveau de ghassoul, dont la puissance varie généralement de 10 à 30 cm. La puissance totale du ghassoul varie de 20 à 70 cm sur une puissance inférieure à 2m.

Bien entendu, la puissance totale des niveaux à ghassoul le long de la série détritique à ghassoul sera encore plus importante.

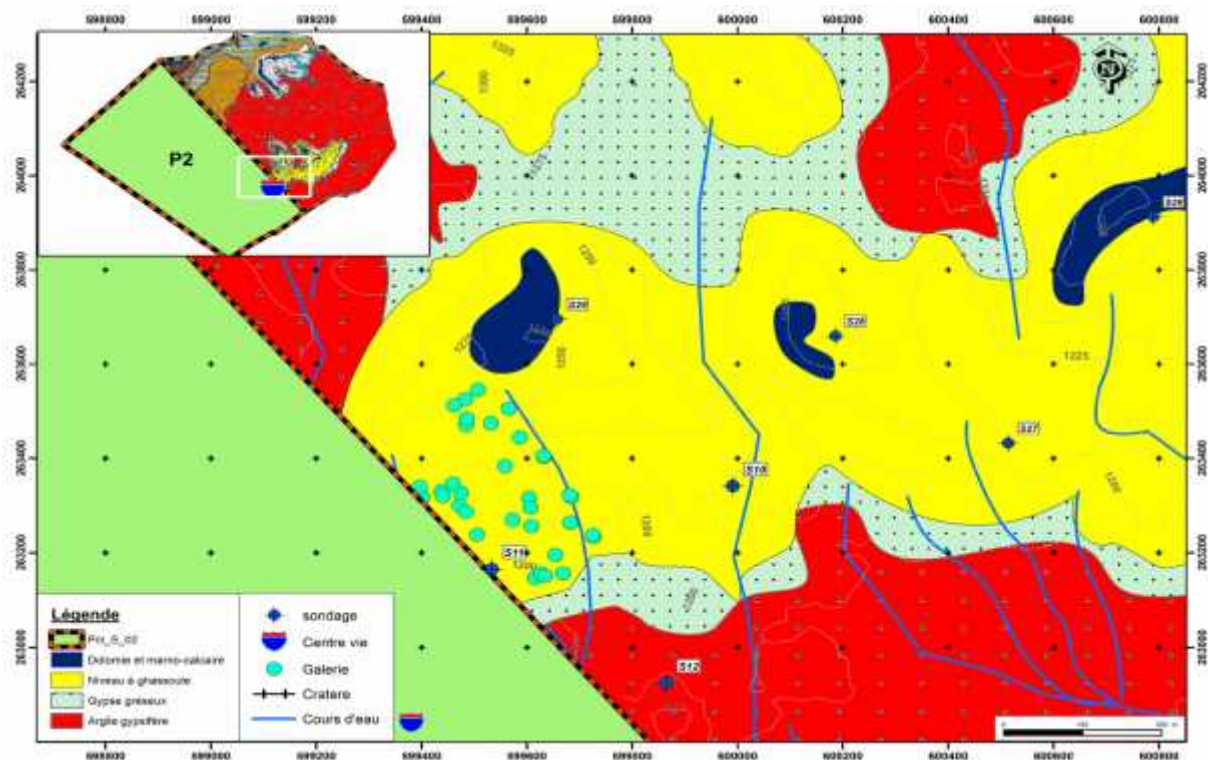


Figure 9: Les principales galeries de la zone à ghassoul de la première parcelle – jbel col Bèche

II- RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-2

1. Cartographie de la parcelle P1-2 :

Afin de délimiter les zones de présence de ghassoul et celles sans ghassoul, il a été procédé à la réalisation d'une campagne de cartographie de toute la surface de la parcelle P1-2. Cette mission de cartographie a permis l'établissement d'une esquisse d'une carte géologique de cette parcelle. L'examen analytique de la carte ainsi dressée et les coupes géologiques levées de parts et d'autre, et plus précisément dans les reliefs collinaires à ghassoul, permet de ressortir le descriptif détaillé ci-dessous :

- **Le ghassoul :** La série à ghassoul se présente au niveau du jbel El Arssa de 1250 à 1350 m d'altitudes, situé au Sud Est de la parcelle P1-2. Les niveaux à ghassoulite sont généralement liés aux marnes vertes. Mais, d'autres indications sont également liées à sa présence telles que : le silex, les marno-calcaires...
- **Les argiles gypsifères rouges :** qui dominent les parties basses, les dépressions, les zones planes, les fonds des vallées, les talwegs et les pieds des reliefs montagneux, ne montrent aucun signe de présence du ghassoul. Ces argiles rougeâtres constituent généralement le substratum de la série détritique à ghassoul ;
- **Les formations gréseuses :** se présentent au pied des reliefs montagneux et sont généralement dépourvues de ghassoul ;
- **Les corniches calcaires** ou la dalle carbonatée cartographiée aux sommets des jbilletes ne présentent pas de ghassoul ;
- **Les horizons à conglomérats :** situés au centre de la parcelle P1-2, constituent des zones stériles sans ghassoul.
- **Les alternances de marnes et calcaires :** représentent la formation de transgression entre les conglomérats et les dolomies du Moyen Atlas. Ces formations sont dépourvues de niveaux à ghassoul.
- **Les dolomies du moyen Atlas :** situés vers l'extrémité nordique de la parcelle P1-2, constituent des zones stériles sans ghassoul.

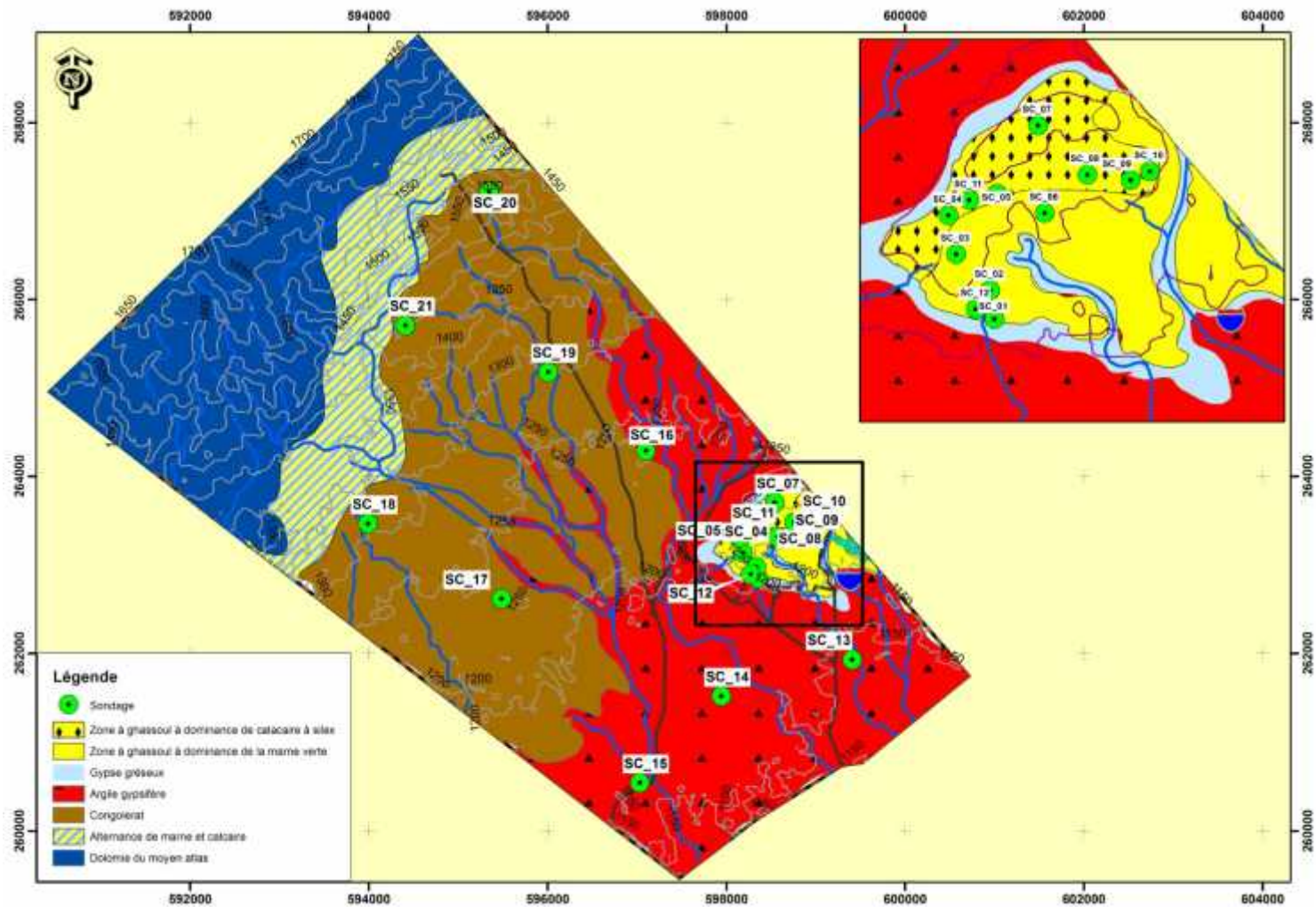


Figure 10 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-2

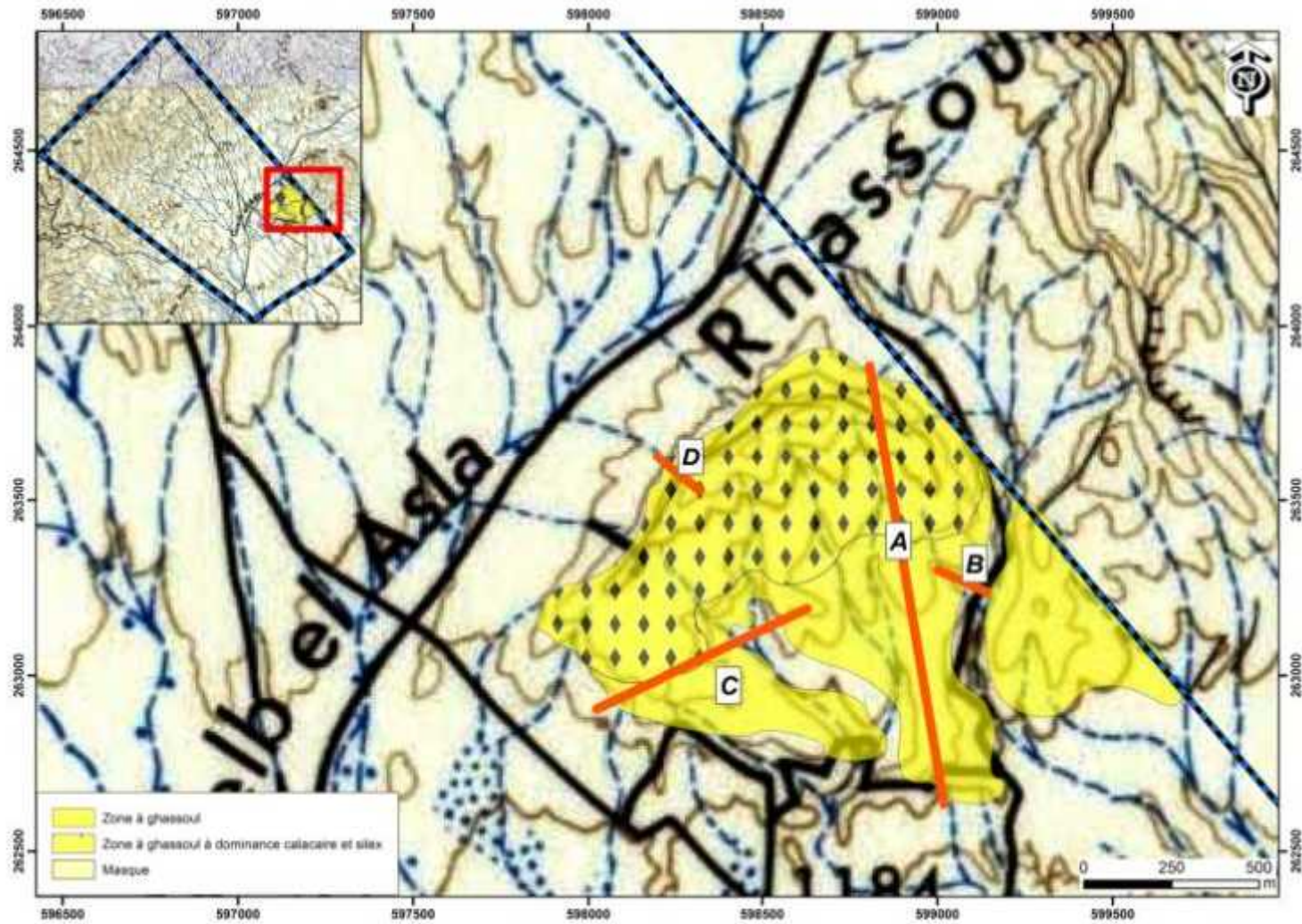


Figure 11 : Carte d'illustration de l'implantation des coupes géologiques établies au niveau de la parcelle P1-2

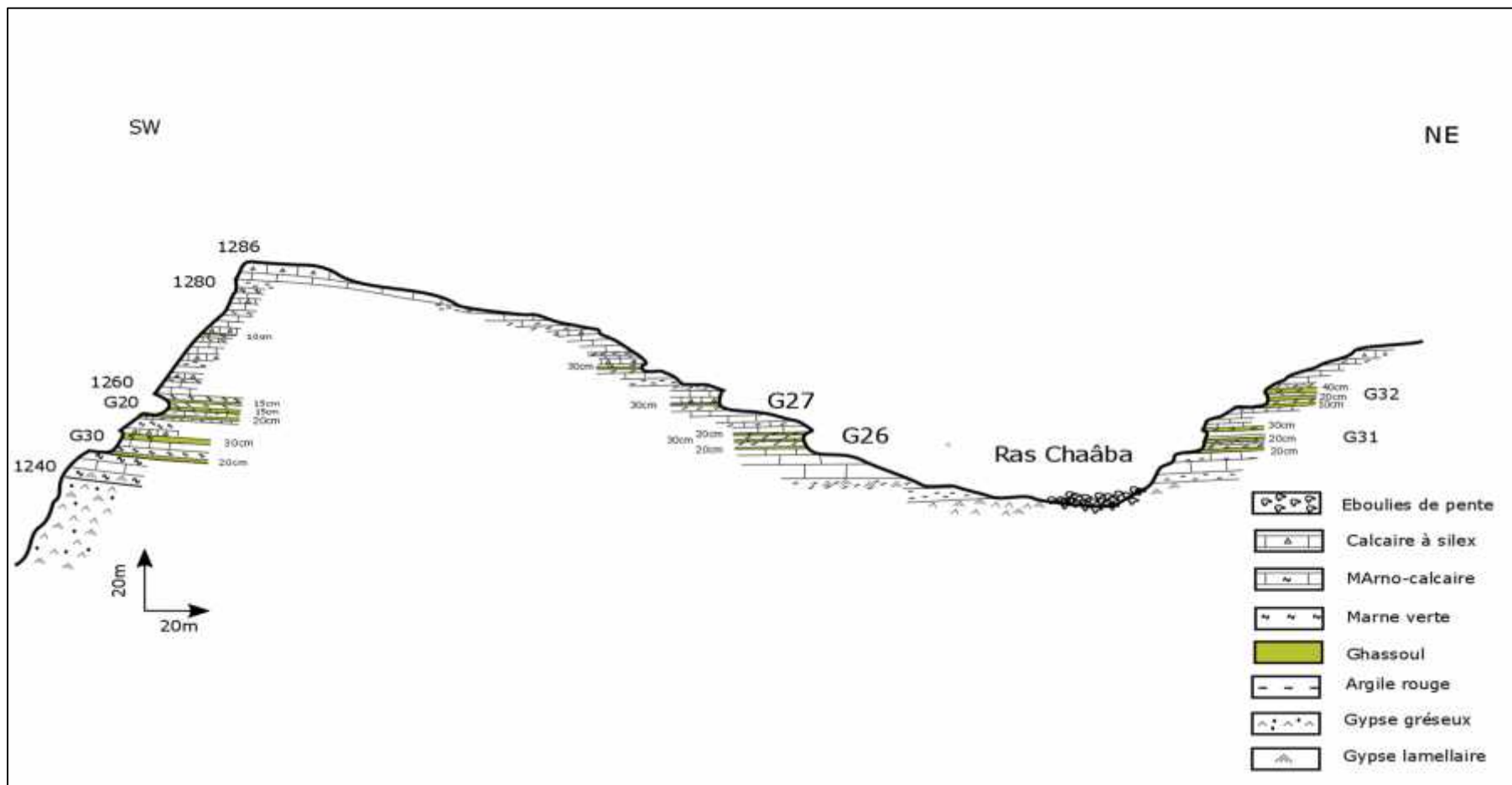


Figure 12: Coupe lithologique N° C, dressée à l'Ouest de Jbel El Assla de la parcelle P1-2 selon la direction SW-NE

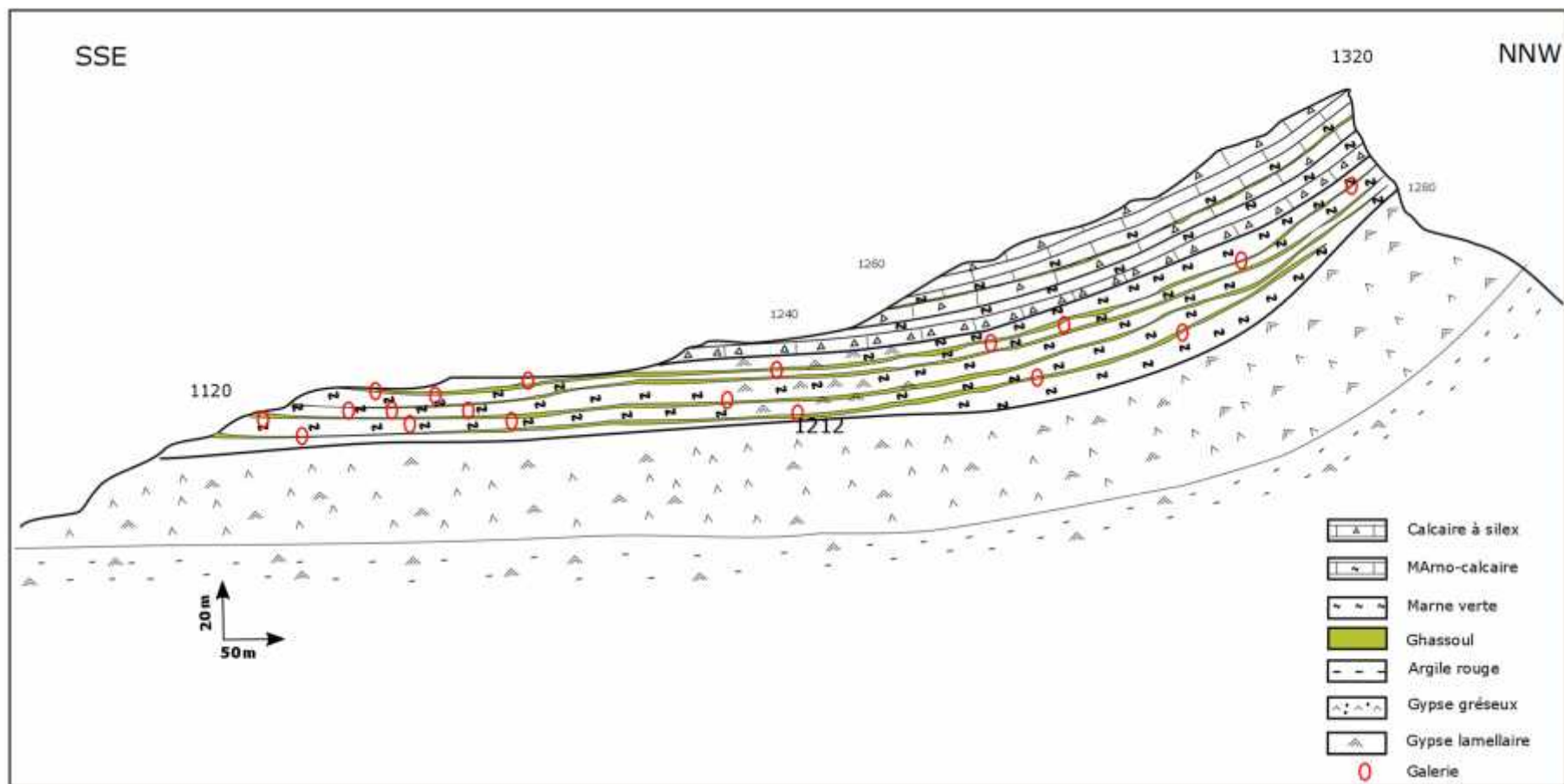


Figure 13: Coupe A ; lithologique simplifiée de la limite orientale du Jbel El Assla de la parcelle P1-2 selon la direction SSE-NNW

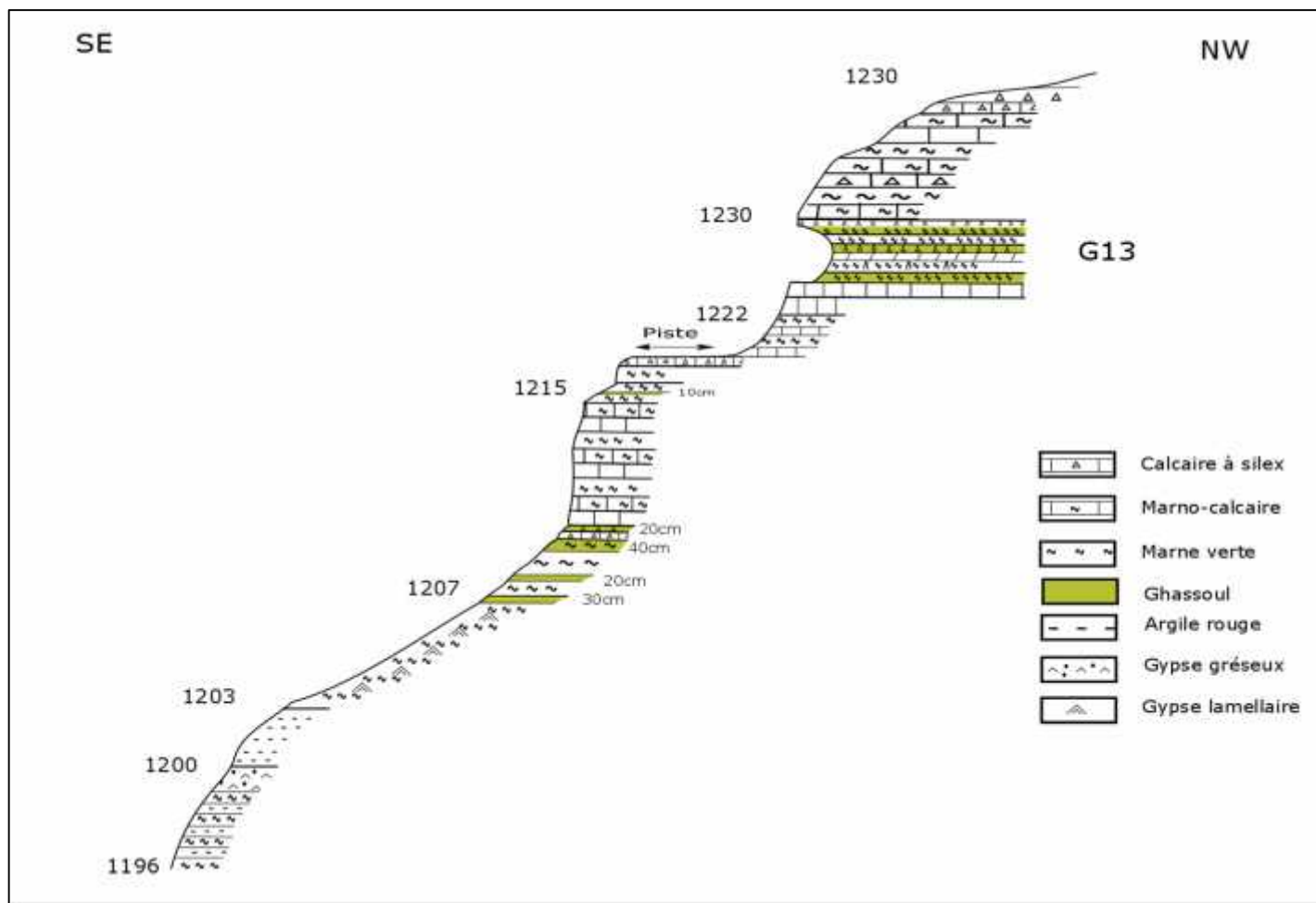


Figure 14: coupe lithologique N° B dressée dans la zone de transition entre Jbel Boulemane et Jbel El Assla au niveau de la parcelle P1-2 selon la direction SE-NW

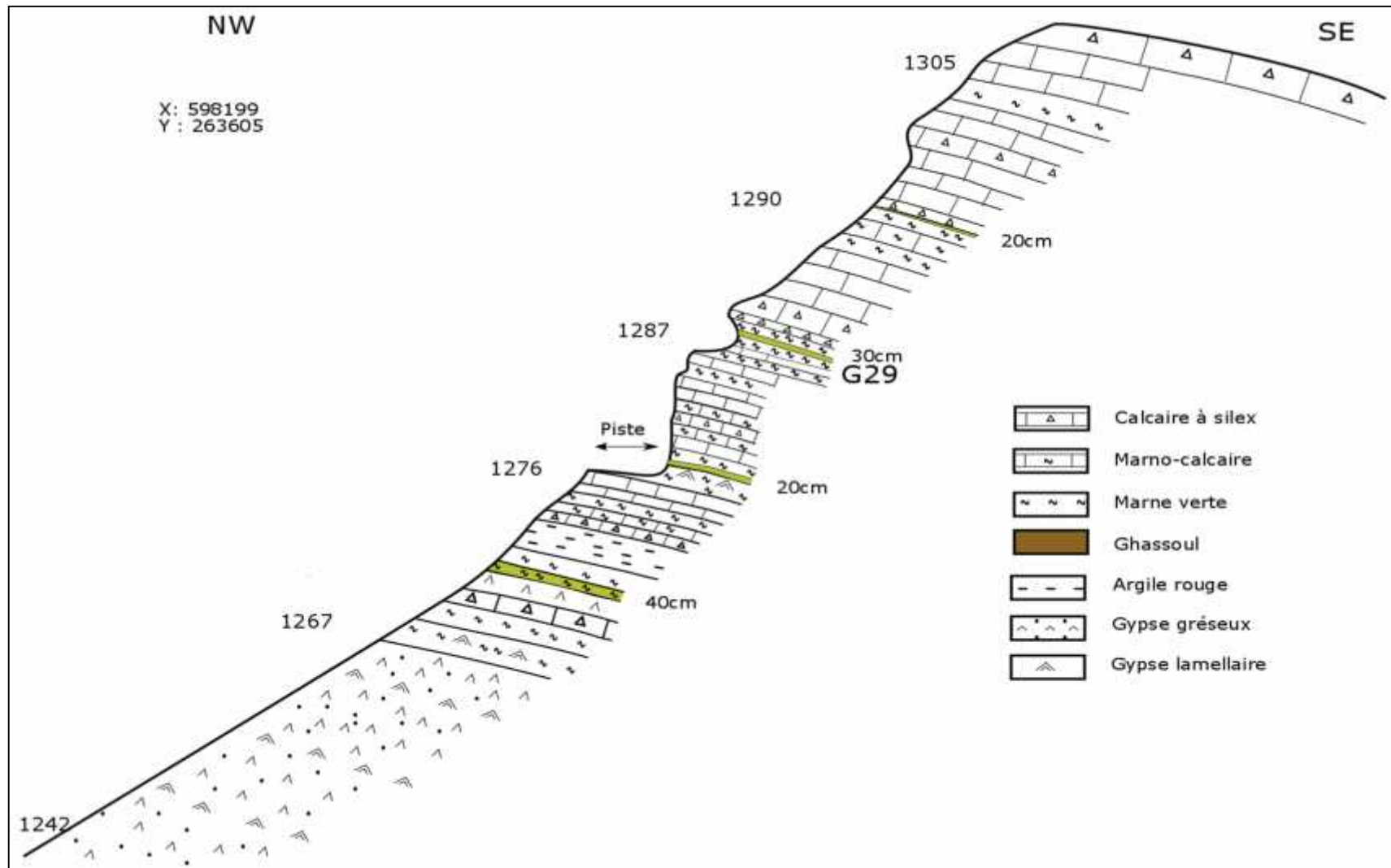


Figure 15: coupe lithologique N° D, dressée à la limite nordique de Jbel El Assla- parcelle P1-2 selon la direction NW-SE

2. Reconnaitances géologiques:

■ Résultats des sondages carottés :

Afin de confirmer les constats géologiques relatifs à la répartition du ghassoul dans la parcelle P1-2, il a été procédé à la réalisation d'une vingtaine de sondages carottés profonds de 10 à 60 m de parts et d'autres de la surface réservée à cette parcelle.

Les sondages ont été implantés en fonction des résultats de cartographie géologique, les missions de terrain et les conditions d'accessibilité aux points de sondages.

Compte tenu de l'examen analytique des coupes lithologiques levées au droit des sondages carottés réalisés, il en ressort :

- Seuls les sondages carottés réalisés au niveau de jbel El Assla situé au Sud-Est de la parcelle P1-2 montrent des niveaux à ghassoul ;
- Au niveau de la partie nordique de Jbel El Assla, aucun niveau remarquable à ghassoul n'a été traversé. C'est le cas des sondages carottés SC4-P2 ; SC5-P2 ; SC7-P2 ; SC8-P2. Un seul niveau à ghassoul, épais de 10 cm, a été traversé par le sondage carotté SC11-P2.
- Le ghassoul a été traversé au niveau des sondages carottés réalisés à l'Ouest, à l'Est et au centre de Jbel El Assla. Il s'agit des sondages carottés SC1-P2 ; SC12-P2 ; SC2-P2 ; SC6-P2 ; SC9-P2 ; SC10-P2.
- Le ghassoul se montre soit à son état brut, soit associé aux marnes, silex ou au gypse, soit sous forme de trace, notamment au niveau des marnes vertes, silex et gypse.
- La répartition verticale et latérale des couches à ghassoul varie d'un sondage à l'autre en raison de l'aspect lenticulaire des ghassoulites, mais d'une manière générale le ghassoul demeure très faiblement représenté et on peut même dire inexploitable dans la majorité des sondages réalisés
- En se référant aux sondages carottés réalisés à Jbel El Assla, on constate que de nombreux sondages ne montrent aucun niveau à ghassoul, notamment ceux situés au nord du Jbel El Assla. Pour les sondages sis au centre, à l'Est et à l'Ouest de Jbel El Assla, le nombre des niveaux à ghassoul brut varie de 1 (SC01-P2 et SC02-P2) à 5 niveaux (SC08-P2 et SC10-P2), dont l'épaisseur totale fluctue de 10 à 60 cm. Alors que les niveaux à ghassoul associés aux autres formations de la série détritico-ghassoulite varient de 0 à 3 avec des épaisseurs totales allant de 0.05 à 0.9 m.

- Au niveau du Jbel El Assla, le ghassoul est généralement plus abondant vers la moitié Sud de ce Jbel et devient moins présent voire absent en s'orientant vers la partie septentrionale de ce Jbel.
- Au niveau du Jbel El Assla, le nombre et l'épaisseur des niveaux à ghassoul s'amenuise voire se biseautent aux limites Ouest et nordiques de ce relief montagneux à ghassoul.
- Au niveau de la parcelle P1-2, et plus précisément au niveau de Jbel El Assla, les niveaux à ghassoul les plus intéressants ont été cartographiés dans les anciennes galeries d'exploration ou d'exploitation du ghassoul, situées dans la moitié méridionale de ce Jbel.
- Suite à la multitude des galeries d'extraction de ghassoul, notamment au milieu et au Sud du Jbel El Assla, l'implantation des sondages s'avérait très difficile à ces endroits. Des carottages ont été lancés mais ils se bloquent par les pertes d'eau ou d'outils de sondages, en relation avec les cavités résiduelles des travaux d'extraction du ghassoul.
- Compte tenu du nombre élevé des galeries et de leur architecture ramifiée et étalée sur des longueurs pouvant dépasser une centaine de mètres, le ghassoul du centre et de la moitié sud de Jbel El Assla, a été intensément exploité. L'exploitation du ghassoul persistant, nécessite :
 - Dans un premier temps une localisation de l'ensemble des galeries préexistants
 - Une étude de stabilité tout en tenant en considération le caractère glissant des argiles prédominants à l'échelle du site, les risques émanant des cavités creusées, et qui sont souvent abandonnées sans blindage, la topographie accidentée de ce Jbel.....
 - Identification des zones à ghassoul et sans risques d'effondrement ;
 - Etablissement d'une méthodologie d'exploitation du ghassoul persistant.
- Les zones planes, les thalwegs, les dépressions, les hauts fonds et les montagnes au Nord de la parcelle P1-2, sont principalement constituées d'argiles gypsifères, de conglomérats, de dolomies moyennes atlasiques et des alternances de calcaire et marne. Les sondages réalisés dans ces zones, n'ont montré aucun niveau à ghassoul.
- Toutefois, il est important de signaler que la répartition des niveaux à ghassoul ainsi que leur puissance varie d'un sondage à l'autre et ne montre aucune continuité spatiale. Ceci est étroitement lié au caractère lenticulaire des niveaux à ghassoul qui complique les corrélations façologiques.

■ Résultats des galeries :

Il convient de rappeler que les galeries d'exploitation ou d'exploration se concentrent dans la partie Ouest des reliefs collinaires à ghassoul de la parcelle P1-2, vraisemblablement en relation avec i) La prédominance de la marne verte et ii) le fort potentiel de cette partie en ghassoul. Cette donnée est confirmée par le nombre et la puissance importants des niveaux à ghassoul pour chaque galerie malgré la faible Puissance des galeries (1 à 2.50 m).

Compte tenu de l'examen analytique des coupes des galeries étudiées, on constate ce qui suit :

- En général, les galeries étudiées montrent 1 à 2 niveaux de ghassoul brut, dont la puissance varie de 0.2 à 0.6 m. ces galeries laissent déceler rarement 3 niveaux à ghassoul dont la puissance varie de 0.4 à 0.8 m (P2-G5 ; P2-G16 ; P2-G25).
- Une seule galerie P2-G10 présente 6 niveaux à ghassoul, ayant une puissance cumulée de 0.6 m ;
- Certaines galeries ne présentent aucun niveau à ghassoul associé aux autres faciès de la série détritique à ghassoul, alors que d'autres présentent 1 à 2 niveaux de ghassoul associé au silex, gypse, calcaire ou aux marnes vertes. Ces niveaux sont épais de 0.2 à 0.5 m.
- Quelques rares galeries (P2-G2 ; P2-G13), présentent 3 niveaux à ghassoul mélangé, dont l'épaisseur cumulée varie de 0.65 à 1.1 m ;

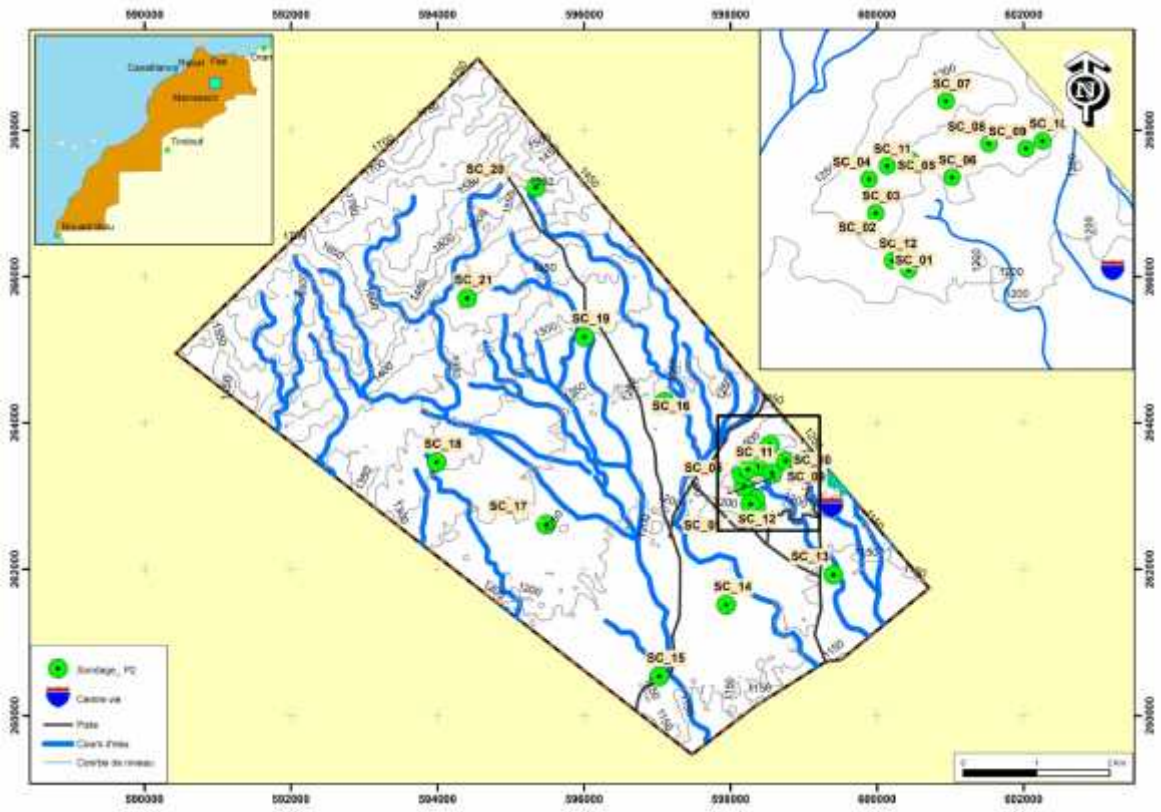


Figure 16: Carte d'implantation des sondages carottés réalisés au niveau de la parcelle P1-2

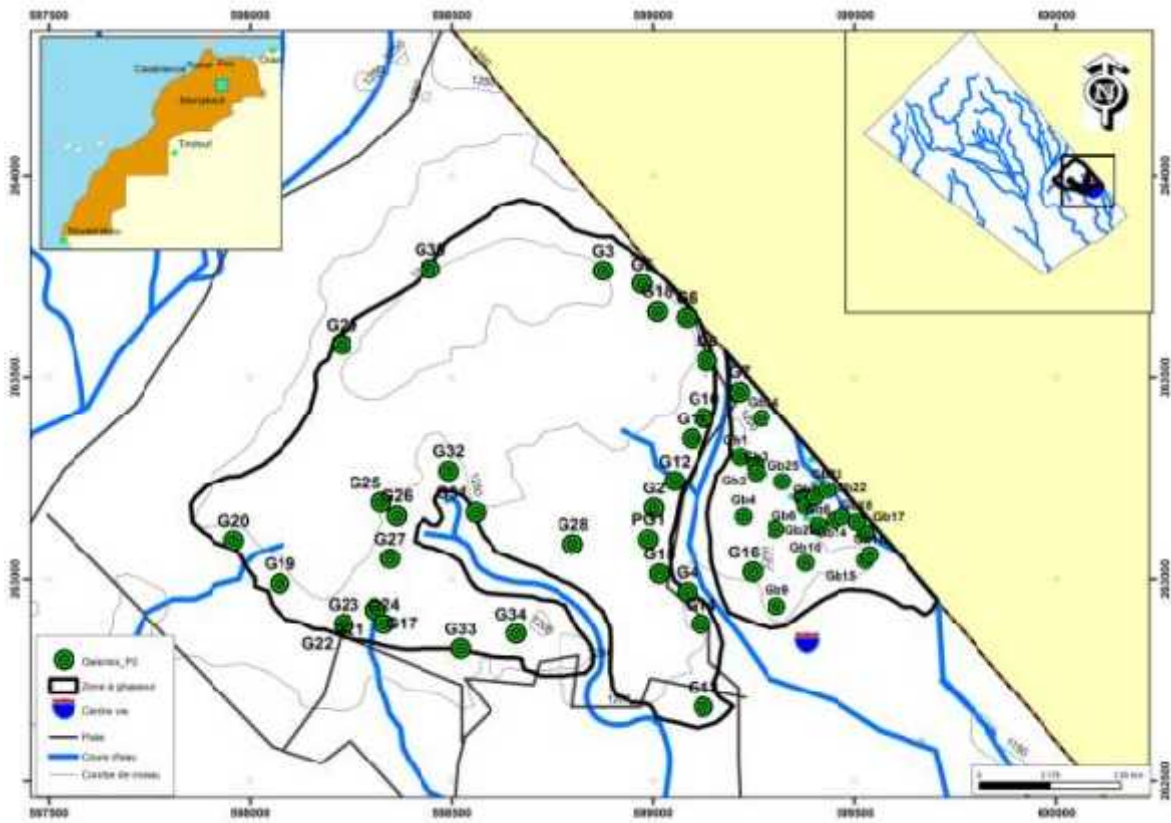


Figure 17 : : Les principales galeries de la zone à ghassoul de la première parcelle – jbel col Bèche

III- RECONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PARCELLE P1-3

1. Cartographie de la parcelle P1-3 :

Afin de délimiter les zones de présence de ghassoul et celles sans ghassoul, il a été procédé à la réalisation d'une campagne de cartographie de toute la surface de la parcelle P1-3. Cette mission de cartographie a permis l'établissement d'une esquisse d'une carte géologique de cette parcelle. L'examen analytique de la carte ainsi dressée permet de ressortir le descriptif détaillé ci-dessous :

- **Le ghassoul :** La série à ghassoul se présente au niveau du jbel Chmourhia, situé au Sud Sud Est de la parcelle P1-3, sous formes de quelques rares niveaux dont l'épaisseur cumulée ne dépasse pas 0.15 m ou sous forme de traces de ghassoul ou du ghassoul associé aux marnes. Les niveaux à ghassoulite sont généralement liés aux marnes vertes. Mais, d'autres indications sont également liées à sa présence telles que : le silex, les marno-calcaires...
- **Les argiles gypsifères rouges :** qui dominent les parties basses, chaâbas, les dépressions, les zones planes, situés au Nord Est et à la limite Sud - Sud Est de la P1-3, ne montrent aucun signe de présence du ghassoul.
- **Les alluvions :** prédominent les parties Sud de Oued El Arar et des autres chaâbas.
- **Les formations gypseuses :** se présentent au pied du jbel Chmourhia et aux bordures du cratère Meksem El Ghazala. Ces formations sont dépourvues de ghassoul ;
- **Les corniches calcaires** ou la dalle carbonatée cartographiée au sommet de jbel Chmourhia et le long du cratère Meksem El Ghazala, ne présentent pas de ghassoul ;
- **Les horizons à conglomérats :** situés au centre et au Sud Est de la parcelle P1-3, constituent des zones stériles sans ghassoul.
- **Les alternances de marnes et calcaires :** représentent la formation de transgression entre les conglomérats et les dolomies du Moyen Atlas vers l'extrémité nordique de la parcelle P1-3. Ces formations sont dépourvues de niveaux à ghassoul.
- **Les dolomies du moyen Atlas :** situés vers la partie Nord-Ouest de la parcelle P1-3, constituent des zones stériles sans ghassoul.

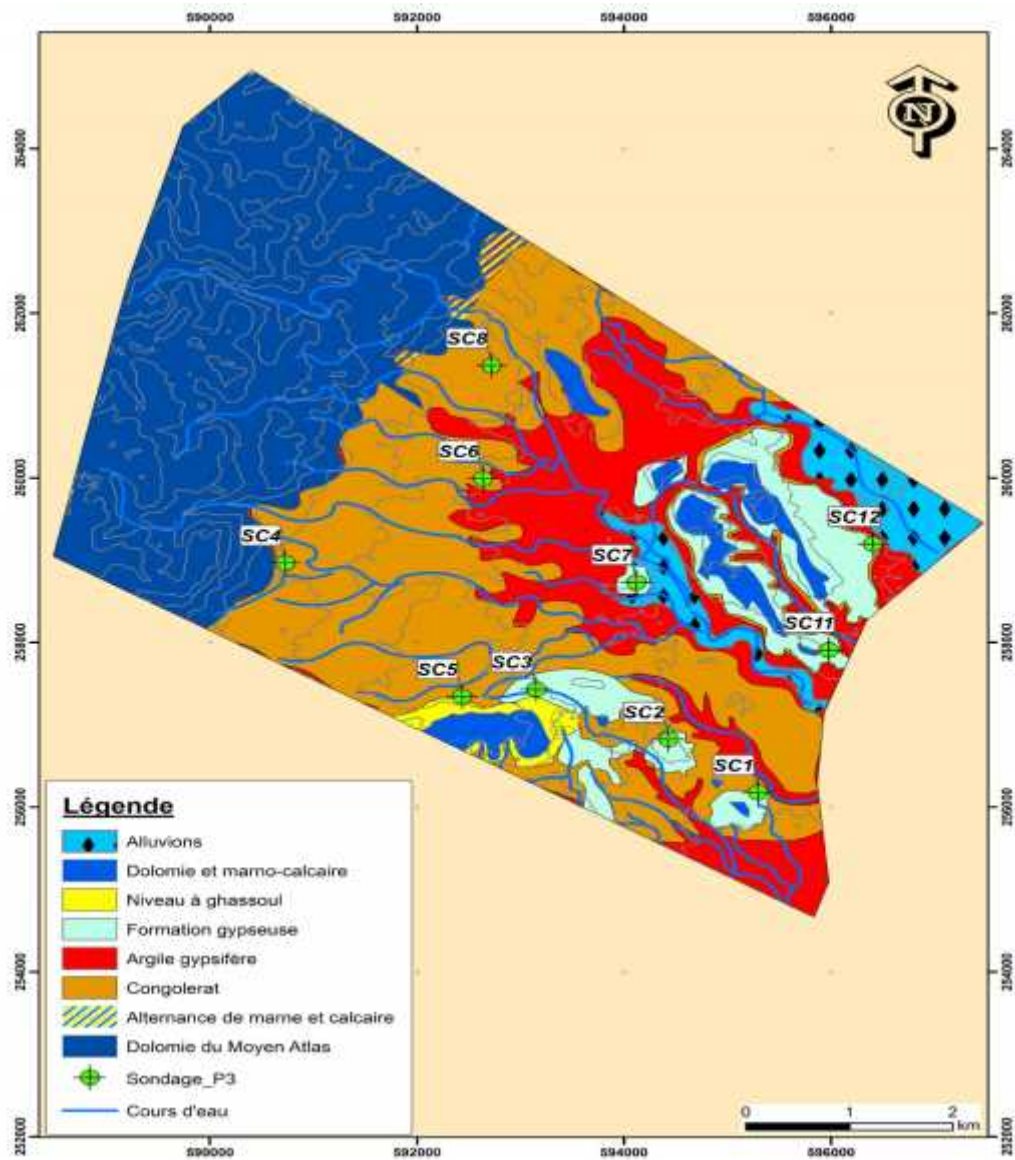


Figure 18 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-3

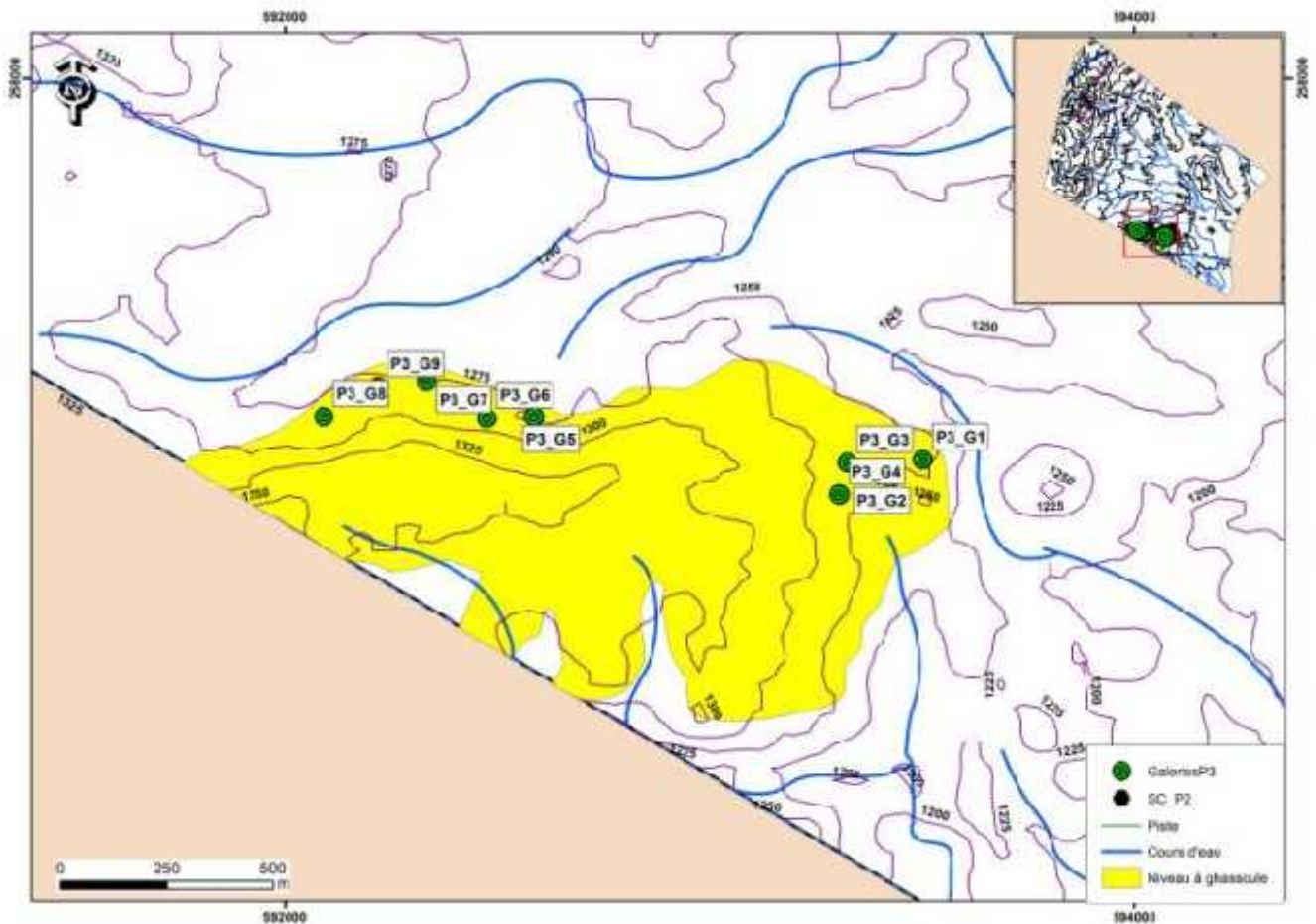


Figure 19: Carte de délimitation de la zone avec quelques niveaux à ghaassoul ou à traces de ghaassoul de la parcelle P1-3

2. Reconnaissances géologiques

* Résultats des sondages carottés et des galeries :

L'analyse de la cartographie et des coupes lithologiques des sondages carottés et des galeries, permet de ressortir les points suivants :

- Aucun sondage carotté n'a traversé des niveaux à ghaassoul
- Le ghaassoul se présente uniquement au niveau du jbel Chmourhia, situé au Sud Sud Est de la parcelle P1-3, sous formes de quelques rares niveaux de ghaassoul brut, de ghaassoul associé aux marnes ou de traces de ghaassoul.
- La marne verte qui constitue un très bon indicateur de présence du ghaassoul, n'a été cartographiée qu'au niveau de l'extrémité Nord Est de Jbel Chmourhia.
- La parcelle P1-3 montre un très faible potentiel en ghaassoul. Le ghaassoul y présent, se montre généralement associé aux marnes vertes. Alors que le ghaassoul brut a été observé

uniquement vers la limite Est de cette zone à ghassoul, et plus précisément au niveau des galeries G1, G2, G3 et G4 ;

- D'une manière générale, les galeries de la parcelle P1-3 se marquent par :
 - La présence en général d'un seul niveau à ghassoul ;
 - La très faible puissance du ghassoul : 0.02 à 0.07 m ;
 - La prédominance du ghassoul mixte
 - La présence d'un seul niveau de ghassoul brut épais de 0.02 à 0.15 m.

IV- TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE DE LA PARCELLE P1-4

1. Cartographie de la parcelle P1-4

La parcelle P1-4 peut être subdivisée à 3 unités géomorphologiques :

- **Jbel Chmourhia** : de 1374 m d'altitude. Contrairement à sa limite Est (parcelle P1-3), la partie Ouest de ce Jbel ne renferme aucun niveau à ghassoul ni brut ni associé aux autres éléments de la série détritique à ghassoul.
- **Jbel TOUIDA** : au NW de la parcelle P1-4, avec 1350 à 1750 m d'altitude et prédominance de dolomies moyennes atlasiques.
- **Une zone plane (Regba El Beida, les zones situées au S et à W du J. Chmourhia)**: altitudes varient entre 1100 et 1400 m et prédominance des conglomératiques et argiles gypsifères.

Afin de délimiter les zones de présence de ghassoul et celles sans ghassoul, il a été procédé à la réalisation d'une campagne de cartographie de toute la surface de la parcelle P1-4. Cette mission de cartographie a permis l'établissement d'une esquisse d'une carte géologique de cette parcelle. L'examen analytique de la carte ainsi dressée permet de ressortir le descriptif détaillé ci-dessous :

- **Les argiles gypsifères rouges** : qui dominant généralement les chaâbas au SE de la P1-4. Ils ne montrent aucun signe de présence du ghassoul.
- **Les formations gypseuses** : se présentent au pied du jbel Chmourhia et aux bordures du cratère situé au SSW de la parcelle P1-4. Ces formations sont dépourvues de niveaux à ghassoul ;

- **Les corniches calcaires** ou la dalle carbonatée cartographiée au sommet de jbel Chmourhia et le long du cratère situé au SSW de la parcelle P1-4, ne présentent aucune trace de ghassoul ;
- **Les horizons à conglomérats** : prédominent cette parcelle, notamment la moitié NE-SW de la parcelle P1-4. Ce sont des zones stériles sans ghassoul.
- **Les alternances de marnes et calcaires** : représentent la formation de transgression entre les conglomérats et les dolomies du Moyen Atlas vers l'extrémité nordique de la parcelle P1-3. Ces formations sont dépourvues de niveaux à ghassoul.
- **Les dolomies du moyen Atlas** : situés vers la partie Nord-Ouest de la parcelle P1-4, constituent des zones stériles sans ghassoul.

Remarque : Il convient de rappeler qu'au niveau de la parcelle P1-4, aucun niveau à ghassoul n'a été cartographié. Bien entendu cette parcelle sera considérée comme parcelle sans ghassoul.

2. Reconnaissances géologiques

Afin de confirmer les constats de la cartographie ainsi établie, il a été procédé à la réalisation de 14 sondages carottés profonds de 6 à 15 m. Les coupes lithologiques de ces sondages n'ont révélé aucun niveau à ghassoul.

Bien entendu, au niveau de la parcelle P1-4, aucun niveau à ghassoul n'a été cartographié. Et même les alternances de marnes et calcaires situées vers l'extrémité nordique de la parcelle P1-4 sont dépourvues de niveaux à ghassoul.

De ce qui précède, la parcelle P1-4 peut être considérée comme parcelle sans ghassoul.

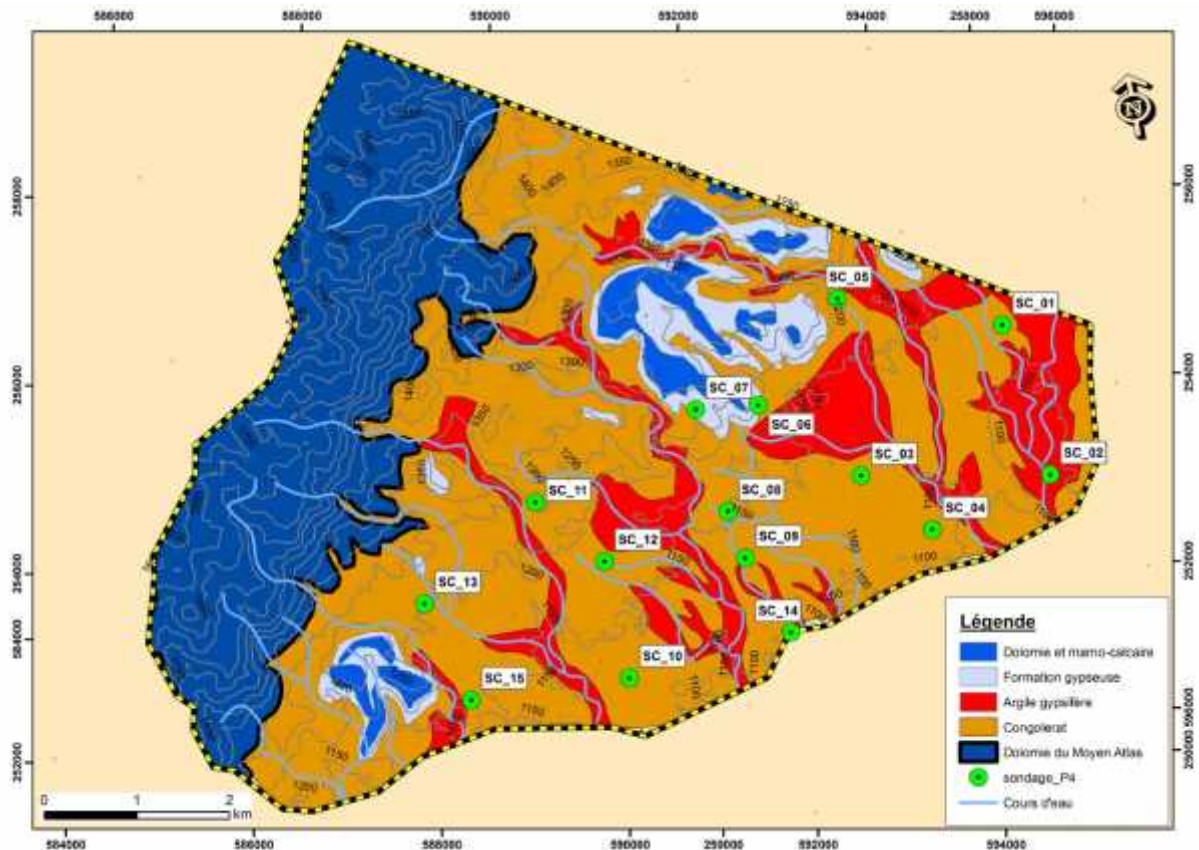


Figure 20: Carte représentative de la cartographie de la parcelle P1-4 et implantation des sondages carottés réalisés

V- TRAVAUX GEOLOGIQUES ET DE LABORATOIRE DE LA PARCELLE P2

• CARTOGRAPHIE DE LA PARCELLE P2

Dans le but de délimiter les zones de présence de ghassoul et celles sans ghassoul, la reconnaissance géologique de la parcelle P2 a été essentiellement basée sur les observations de terrain et les résultats de la mission de cartographie de toute la surface de la parcelle P2. Cette mission de cartographie a permis l'établissement d'une esquisse d'une carte géologique de cette parcelle.

L'examen analytique de la carte géologique ainsi dressée permet de ressortir la présence des formations lithologiques suivantes :

- Les dolomies du Moyen Atlas
- Les alternances d'argiles, de marnes et de gypse
- Les alternances de marnes et calcaires
- Les grès
- Les marnes vertes

- Les formations gypseuses
- Les argiles rouges
- Les alluvions
- **Le ghassoul** : des niveaux à ghassoul ont été cartographiés au pied du relief montagneux Jbel Tarhit sur les extrémités occidentales des parcelles P2-09 et P2-08 et très faiblement représentés à l'échelle des parcelles P2-05 et P2-12.

Il convient de signaler qu'au niveau de la deuxième parcelle :

- Les niveaux à ghassoul quand ils existent, se présentent sous forme de couches verticales, contrairement à la première parcelle où le ghassoul se montre sous forme de lentilles horizontales ou subhorizontales.
- Le ghassoul se montre uniquement à son état mixte et sur toute la surface d'étude, nous n'avons repéré aucun niveau à ghassoul brut.

♦ A l'échelle de la parcelle P2-09, le ghassoul y présent et est uniquement le ghassoul associé aux marnes vertes. Ce ghassoul mixte se situe vers la limite Ouest de cette la parcelle.

Les niveaux à ghassoul mixte inventoriés sont 5 niveaux à ghassoul mixte, épais de 5 à 10cm.

♦ A l'échelle de la parcelle P2-08, le ghassoul y présent est uniquement le ghassoul associé aux marnes vertes. Ce ghassoul mixte se situe vers la limite Ouest de cette la parcelle.

Les niveaux à ghassoul mixte inventoriés sont 2 niveaux à ghassoul mixte, de moins de 5 cm de puissance.

♦ A l'échelle de la parcelle P2-05, le ghassoul y présent est uniquement le ghassoul associé aux marnes vertes. Ce ghassoul mixte se présente sur une petite surface à l'extrémité Sud-Ouest de cette parcelle.

Les niveaux à ghassoul mixte inventoriés sont 2 niveaux à ghassoul mixte, épais de 2 à 5 cm. Les niveaux à ghassoul repérés sur une petite surface de cette parcelle constituent la continuité des niveaux repérés à l'échelle de la parcelle P2-08.

♦ A l'échelle de la parcelle P2-12, le ghassoul y présent est uniquement le ghassoul associé aux marnes vertes. Ce ghassoul mixte a été observés dans l'extrémité NNW de cette parcelle.

Les niveaux à ghassoul mixte inventoriés sont 5 niveaux à ghassoul mixte, épais de 5 à 10 cm. En effet, les niveaux à ghassoul cartographiés sur une petite surface de cette parcelle ne sont que la continuité des niveaux repérés à l'échelle de la parcelle P2-09.

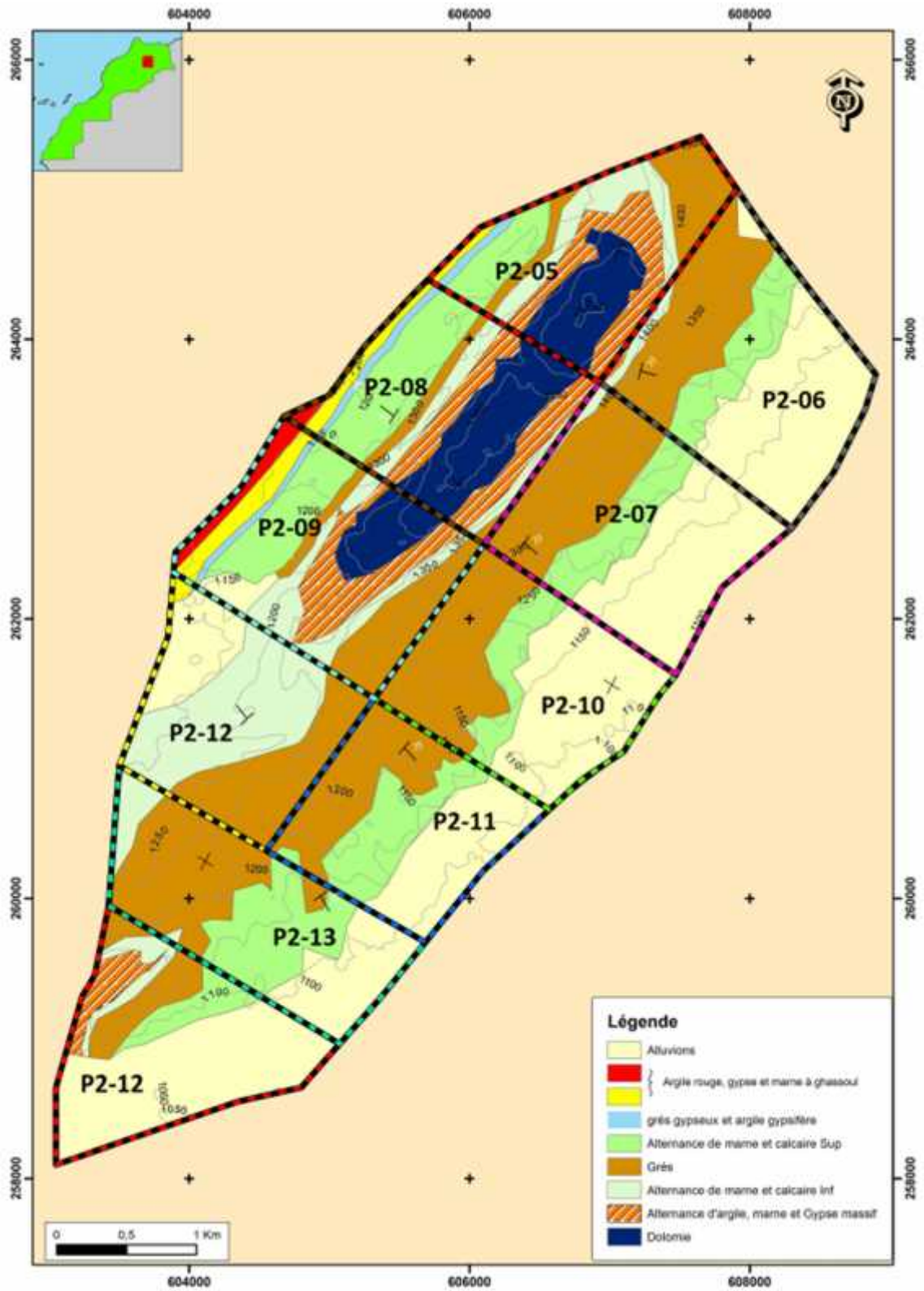


Figure 21 : Carte représentative de la cartographie de la parcelle P2

B) INVESTIGATION GEOPHYSIQUE

Dans le but de suivre les variations latérales et verticales des niveaux à ghasoul, il a été procédé à la réalisation de 7 profils tomographiques s'étalant sur des longueurs variant de 315 à 475m. La longueur totale cumulée des profils réalisés est de 3480 m.

Les figures ci-dessous illustrent la position des profils sur image satellitaire et sur l'esquisse de carte géologique de la zone d'étude.

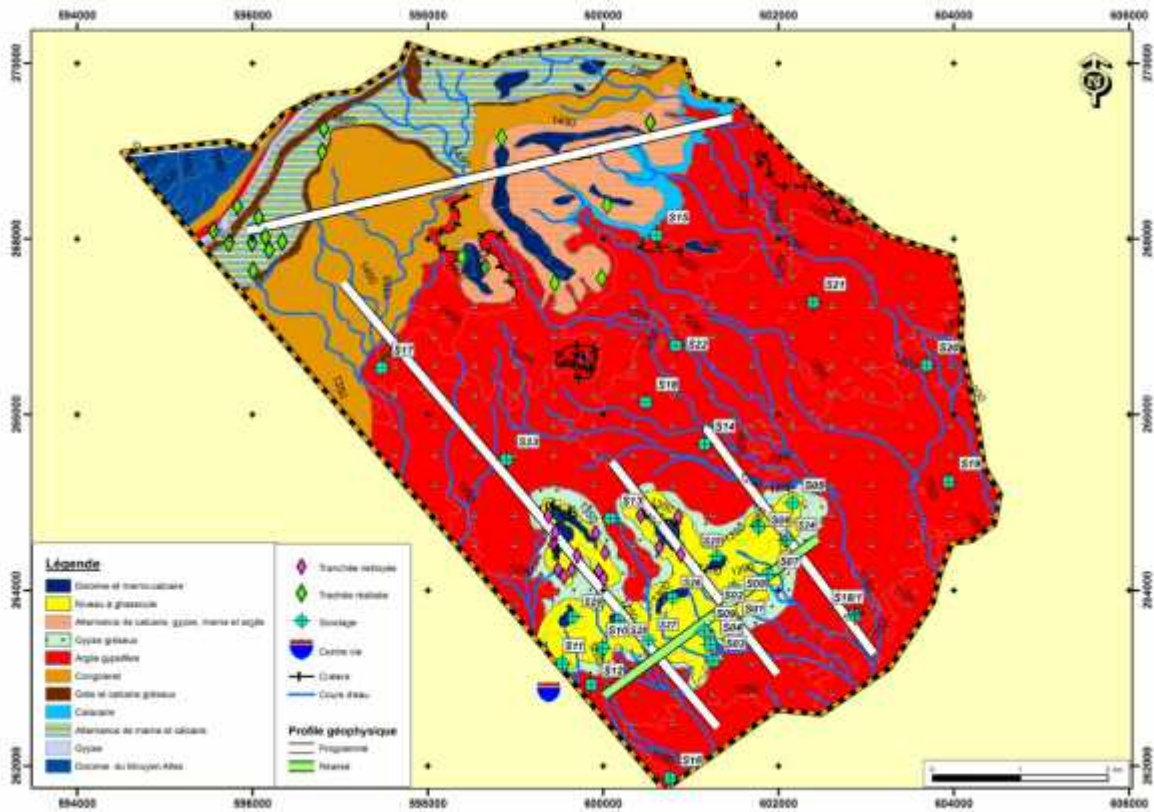


Figure 22: programme d'investigation géophysique par tomographie électrique



Figure 23: Implantation du profil tomographique réalisé sur l'image satellitaire

Le tableau ci-dessous reprend les coordonnées des têtes des profils de tomographie électrique réalisés sur le terrain.

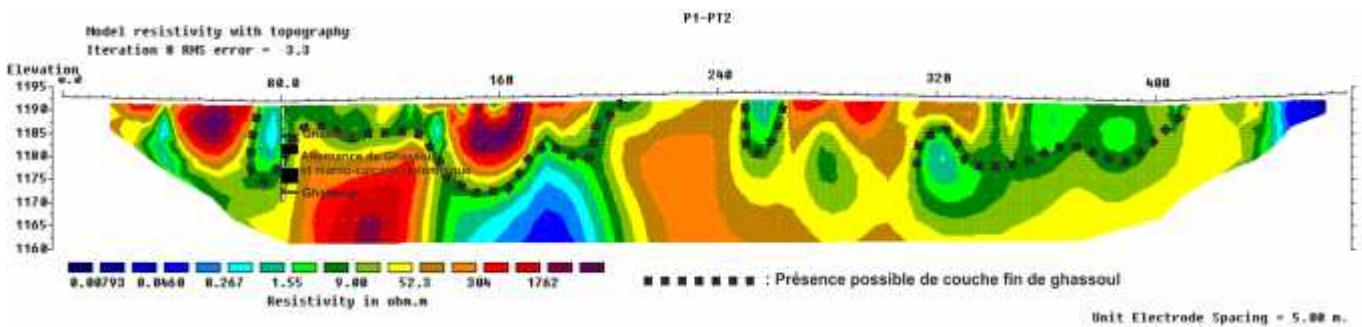
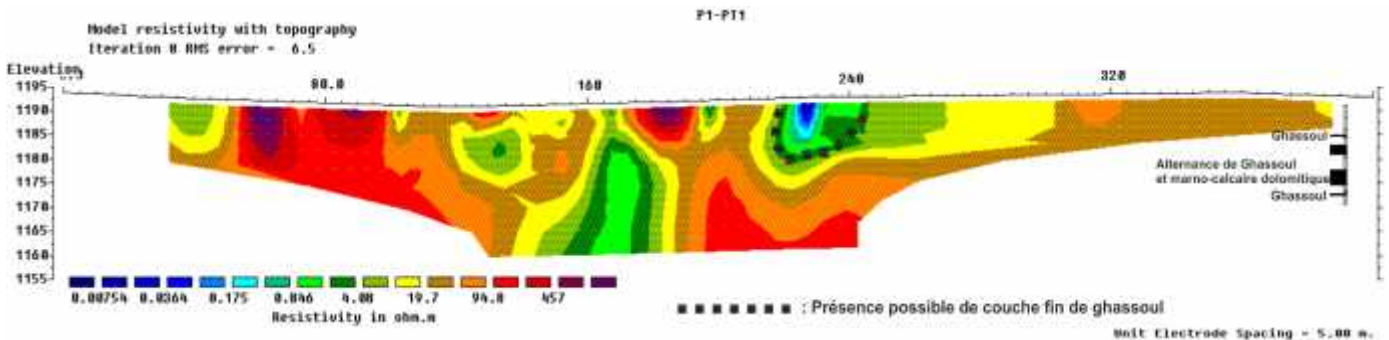
Profil Tomographique	Coordonnées				Longueur (m)
	Tête A		Tête B		
	X	Y	X	Y	
PP1	599107	262877	598867	262724	315
PP2	599017,00	263156	598994	262848	315
PT1	601208,00	263315	601471	263716	475
PT2	601433,00	263641	601720	264007	475
PT3	601672,00	263942	601969	264325	475
PT4	601969,00	264325	602242	264701	475

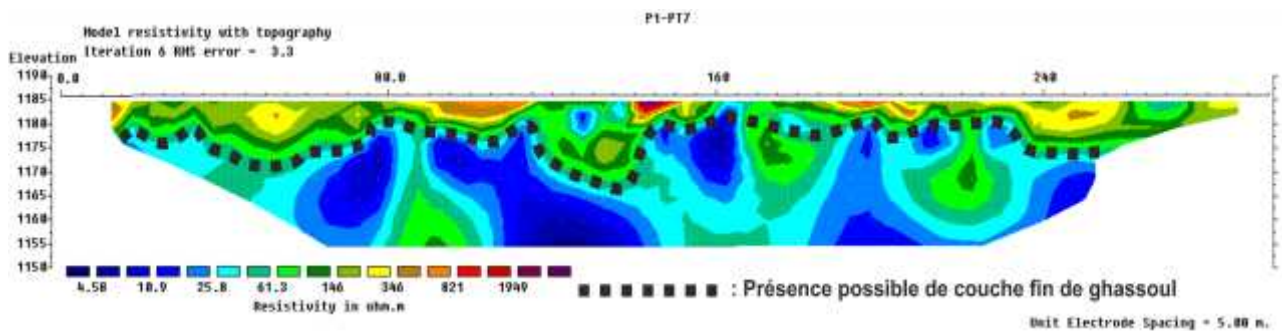
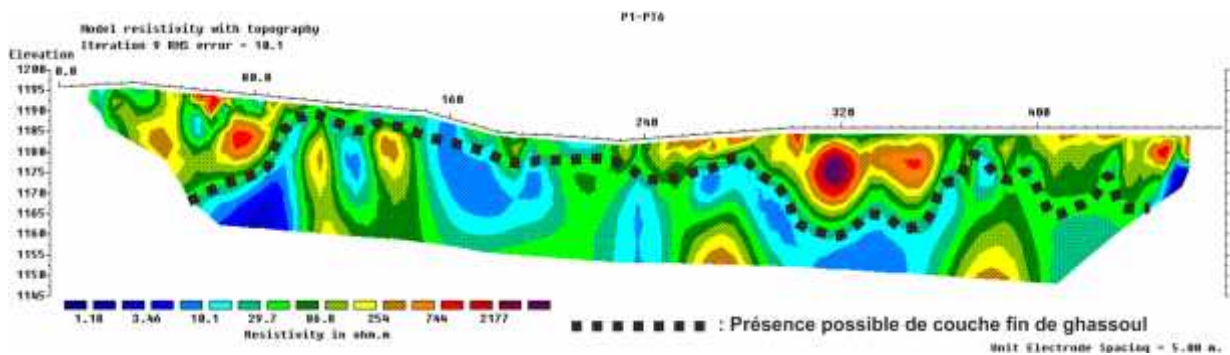
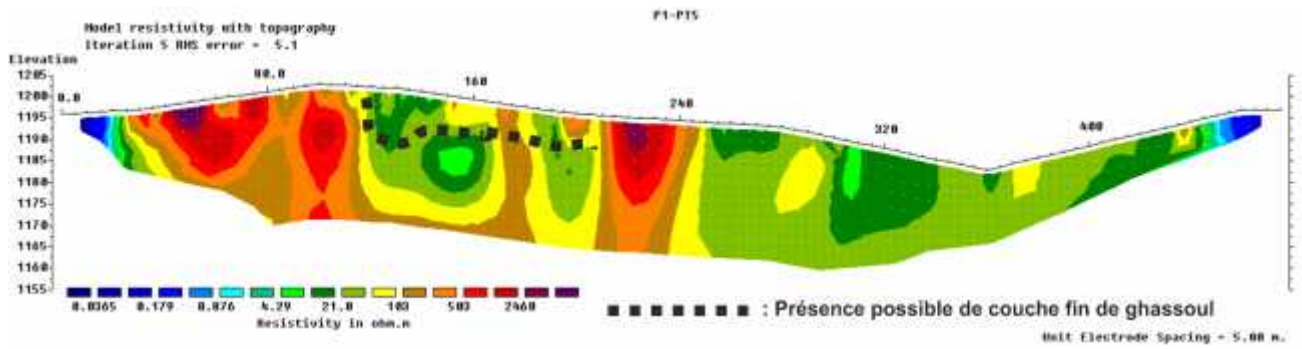
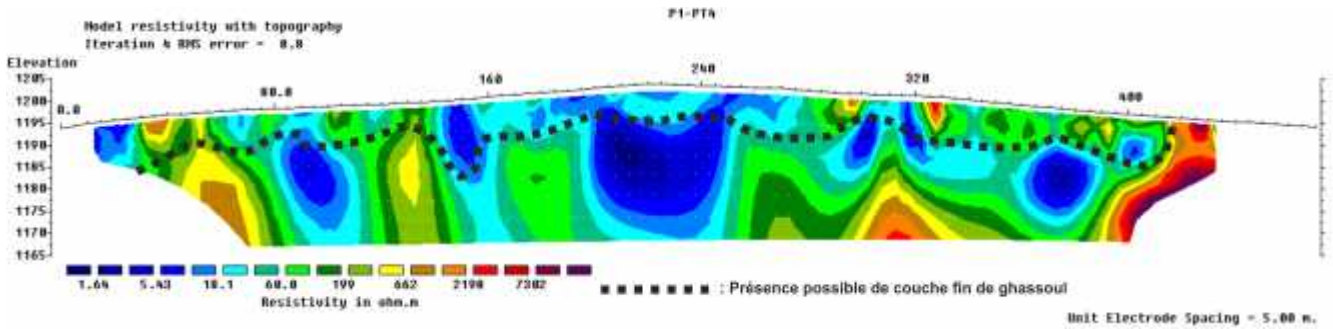
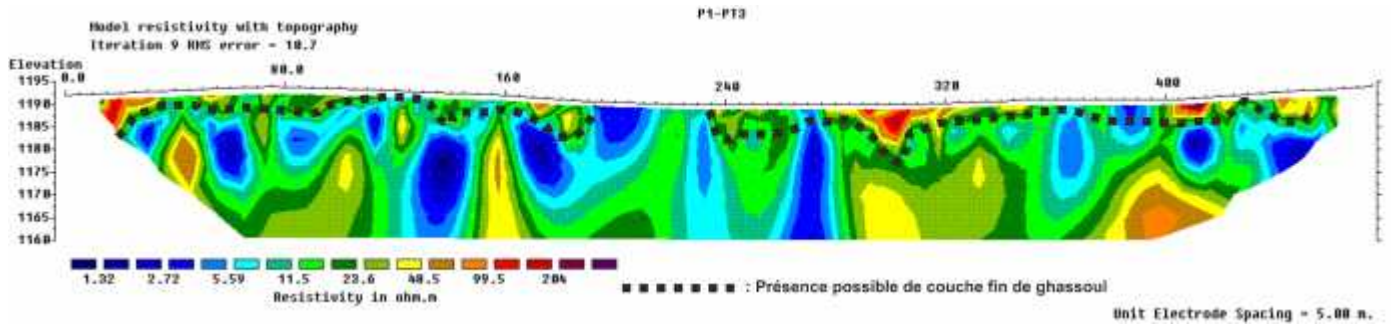
PT5	602196,00	264637,00	602463,00	265006,00	475
PT6	602422,00	264947,00	602684,00	265321,00	475
				Total	3480

Les profils tomographiques réalisés sur la zone à ghassoul ne permettent pas de suivre les niveaux à ghassoul présents à l'échelle de la zone d'étude, ceci est lié à :

- La nature argileuses et marneuse de l'encaissant des niveaux à ghassoul, ce qui implique des résistivités généralement similaires ne permettant pas de différencier les argiles et les marnes vertes des couches à ghassoulite ;
- La faible puissance de ces niveaux à ghassoul et leur forme lenticulaire compliquent davantage le traitement de ces profils tomographiques ;
- Quand l'encaissant des niveaux à ghassoul est carbonaté (marno-calcaires, dolomie, calcaire), le nombre et l'épaisseur des niveaux à ghassoul diminuent de manière significative de telle sorte que le contraste entre les niveaux à ghassoul et l'encaissant ne peut pas être détecté.

La combinaison de ces éléments ne permet pas de suivre les variations latérales et verticales des couches de ghassoulite à l'échelle de la surface d'étude.





C) RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES ET MINERALOGIQUES

Afin de qualifier les échantillons de ghassoul brut ou associés aux autres unités de la série détritique à ghassoul, il a été procédé à la réalisation d'une série d'analyses chimiques et minéralogique.

**** * Résultats des analyses chimiques :***

- L'analyse chimique de l'échantillon de ghassoul brut prélevé à partir d'une galerie d'exploitation du ghassoul, montre des valeurs en SiO₂, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ et CaO conformes aux spécifications du décret N°2-73-370 (1974) ;
- L'analyse chimique de l'échantillon de ghassoul brut (SC9 : 5.40 et 5.80 m) montre des valeurs en MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃ et CaO conformes aux spécifications du décret N°2-73-370 (1974). Alors que la teneur en SiO₂ (63,5 %), demeure relativement élevé par rapport aux spécifications du décret 1974 (55 < SiO₂ < 61%) ;

Déterminations	Ghassoul brut d'une galerie (153/764/7)	Ghassoul brut Sondage N°9 (5.40-5.80m)
Al ₂ O ₃	2,64	1.09
CaO	0,75	1.96
Fe ₂ O ₃	0,07	0.39
K ₂ O	0,82	0.16
MgO	25,57	21.21
Na ₂ O	1,44	0.06
P ₂ O ₅	0,04	0.02
SO ₃	/	0.55
SiO ₂	55,57	63.56
TiO ₂	0,15	0.03
Perte au feu à 1000°C	11,91	10.08

- L'analyse chimique de l'échantillon de marne à trace de ghassoul prélevé à partir du relief montagneux situé au Nord de la parcelle P1-1 (une altitude de 1423 m) ne correspond pas à une ghassoulite. Bien entendu, ces résultats confirment la cartographie établie précédemment ;

Résultats de l'analyse chimique (%)	
Déterminations	<i>Marne à trace de ghassoul des montagnes au Nord de la P1-1 (P1Z = 1423 m)</i>
Al ₂ O ₃	12.78
CaO	17.56
Fe ₂ O ₃	4.08
K ₂ O	0.72
MgO	5.96
Na ₂ O	1.58
P ₂ O ₅	0.23
SO ₃	0.45
SiO ₂	33.56
TiO ₂	0.52
Perte au feu à 1000°C	21.59

- Les échantillons de ghassoul associés aux marnes, gypse, calcaire, marno-calcaire... ne répondent pas aux spécifications du décret 1974. On note de valeurs élevées en CaO suite à la prédominance de calcaire et marno-calcaire au niveau des sondages carottés N°1 & 2 et de faibles valeurs en SiO₂ en raison de la prédominance du gypse dans toute la série à ghassoul. En effet, cette analyse devra être réalisée sur le résidu du lavage et séparation par flottation de ces échantillons. Le gypse qui prédomine toute la série à ghassoul conduit à une baisse du taux de SiO₂. Bien entendu, afin d'avoir un ghassoul de bonne qualité, il faut faire une extraction très sélective afin de ne pas contaminer les niveaux à ghassoul par le gypse ou les autres composantes de la série détritiques à ghssoul.

Déterminations	Résultats du ghashoul mixte (%)			
	Sondage N°9 (13-13.30 m)	Sondage N°2 (36 – 36.50 m)	Sondage N°1 (18.10 – 18.40m)	Sondage N°2 (10 – 10.90 m)
Al ₂ O ₃	0.96	7.79	1.21	1.99
CaO	8.41	14.23	13.98	15.78
Fe ₂ O ₃	0.45	2.92	0.65	0.78
K ₂ O	0.17	1.48	0.24	0.44
MgO	21.31	13.12	14.63	25.79
Na ₂ O	0.05	0.35	0.10	0.29
P ₂ O ₅	0.02	0.09	0.02	0.03
SO ₃	5.31	0.38	20.94	0.88
SiO ₂	49.31	35.77	16.54	22.86
TiO ₂	0.04	0.34	0.06	0.12
SrO	-	-	15.59	-
Perte au feu à 1000°C	19.25	22.87	15.31	29.73

▪ **Résultats des analyses minéralogiques :**

Référence de l'échantillon	Réflexion dominante mesurée sur les diffractogrammes (en Angströms)		
	Sur échantillon brut	Sur échantillon traité à l'éthylène glycol	Sur échantillon traité à l'éthylène glycol puis séché
Sondage N°9 5.40- 5.80m Réf. CEMGI : 153/764/1	15.15	17.71	9.98
Sondage N°9 13.00-13.30 Réf. CEMGI : 153/764/2	15.51	17.2	9.88
Sondage N°2 35.00- 36.50m Réf. CEMGI : 153/764/3	15.47	18.32	10.15
Sondage N°1 18.10 – 18.40m Réf. CEMGI : 153/764/4	13.56	17.67	9.93
Sondage n°2 10.00 – 10.90m Réf. CEMGI : 153/764/5	14.34	17.7	10.07
P12 – 1423 Réf. CEMGI : 153/764/6	12.11	16.90	9.95

Les résultats minéralogiques des échantillons testés ne répondent pas aux spécifications techniques du marché.

CHAPITRE II : ESTIMATION DU POTENTIEL EN GHASSOUL D ES PARCELLE P1 ET P2

I- METHODOLOGIE ET PARAMETRES DE CALCUL

L'estimation du potentiel en ghassoul par simple extrapolation des coupes des sondages carottés, tranchées et galeries, ne peut en aucun cas être représentative du potentiel en ghassoul au niveau des parcelles P1 et P2, en raison de :

- La configuration lithologique de la zone à ghassoul
- l'aspect lenticulaire des niveaux à ghassoul,
- la forte hétérogénéité dans la répartition verticale et latérale du ghassoul
- Le nombre et la puissance des niveaux à ghassoul qui varient en fonction de la nature lithologique de la série détritique à ghassoul. Bien entendu, la série à prédominance carbonatée se montre pauvre en ghassoul et en cas de présence, les niveaux sont de faible puissance. Alors qu'en cas de prédominance de marne verte, les niveaux à ghassoul sont plus fréquents et leur puissance est plus importante.
- le ghassoul est étroitement lié à la présence de marne verte sur des reliefs montagneux d'environ 1400
- Le nombre et la puissance des niveaux à ghassoul diminuent voire disparaissent vers les pieds des reliefs montagneux à ghassoul ;
- la présence de couches à ghassoulites verticales au niveau de la parcelle P2

Compte tenu de ces paramètres, il a été décidé d'estimer les ressources en ghassoul de la surface d'étude à partir des normes minières relatives aux ressources, en se basant sur :

- Les observations du terrain ;
- Les coupes lithologiques des sondages carottés, tranchées et galeries.
- Les zones d'influence des points de reconnaissance géologiques.
- Le zoning lithologique des zones à ghassoul

Ces ressources sont réparties en :

- **Ressources indiquées** : évaluées à partir des zones d'influence des sondages carottés, tranchées et galeries, définies à partir des indices de continuité latérale des niveaux à ghassoul, il s'agit :
-

- Des chaâbas ;
 - Des sondages carottés ;
 - Des galeries de prospection et d'exploration du ghassoul ;
 - Des tranchées d'exploration remises en état ;
 - Des coupes des voies d'accès préexistantes ou aménagées par LPEE.
- **Ressources inférées :** estimées à partir des constats géologiques faites lors des missions de terrain, du zonage lithologique établi ci-haut, et des puissances des niveaux en ghassoul estimées.

Le zoning de la zone à ghassoul permet de mieux comprendre les variations spatiales des niveaux à ghassoul et d'évaluer avec plus de précision le potentiel en place.

L'établissement d'un tel zonage nécessite un examen analytique fin et détaillé des éléments suivants :

- a. **Les constats des missions de géologie ;**
- b. **La cartographie géologique de chaque parcelle :** afin de situer les zones à ghassoul et celles stériles sans ghassoul ou à traces de ghassoul ;
- c. **Les coupes lithologiques des galeries :** afin de pouvoir énumérer les niveaux à ghassoul et déterminer leur puissance, ainsi que leur contexte géologique.
- d. **Les coupes lithologiques traversant chaque parcelle :** pour suivre les variations lithologiques, notamment les niveaux à ghassoul au niveau de cette parcelle ;
- e. **Les coupes des sondages carottés :** afin de vérifier le zonage géologique établi et déterminer pour les zones à ghassoul, le nombre des niveaux à ghassoul et leur puissance ;
- f. **Les coupes des tranchées manuelles ou remises en état :** permettant d'établir les coupes lithologiques de la série à ghassoul sur les endroits inaccessibles par les ateliers de sondage.

Pour chaque zone, il sera procédé à une analyse des composantes suivantes :

- i. Les observations soulevées lors des missions de terrain ;

- ii. Une analyse corrélative du nombre et de la puissance des niveaux à ghassoul au niveau des sondages carottés ;
- iii. Une analyse corrélative du nombre et de la puissance des niveaux à ghassoul au niveau des tranchées manuelles ;
- iv. Une analyse corrélative du nombre et de la puissance des niveaux à ghassoul au niveau des galeries d'exploitation ou d'exploration.

Les éléments obtenus vont permettre d'évaluer les variations de la répartition latérale et verticale du nombre et de la puissance des niveaux à ghassoul. Une telle analyse permettra d'attribuer à chaque zone une surface et une puissance moyenne du ghassoul y présent.

Il convient de rappeler que le nombre de sondages réalisé demeure insuffisant pour une estimation relativement réelle du potentiel en ghassoul. Mais, l'inaccessibilité des reliefs montagneux à ghassoul a limité le maillage de reconnaissance géologique. Bien entendu, le potentiel estimé peut être sous-estimé par rapport au potentiel réel vu qu'une grande surface n'a pas été prospectée.

II- ESTIMATION DU POTENTIEL EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-1

1. Les ressources indiquées en ghassoul :

Les ressources indiquées ont été calculées à partir des zones d'influence de chaque point de reconnaissance (sondages carottés, tranchées et galeries).

La figure ci-dessous illustre les zones d'influence de chaque point de reconnaissance géologique au niveau de la parcelle P1-1.

Le tableau ci-après récapitule les ressources indiquées en ghassoul brut ou mixte de la parcelle P1-1 calculés à partir des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologique (sondages carottés, galeries ou tranchées manuelles).

RESSOURCES INDIQUÉES DE LA PARCELLE P1-1		
	GHASSOUL BRUT	GHASSOUL MIXTE
Surface des zones d'influence	De 3555 et peuvent s'élever à 256 187 m²	De 3555 et peuvent s'élever à 256 187 m²
Puissances exploitables	0.1 à 3.9 m	0.1 m à 3.8 m
Profondeur totale de prospection	15 à 40 m	
Surface totale	518 858 m²	464 458 m²
Volume en ghassoul	805 382,8746 m³	568 037,7414 m³
Densités mesurées	1500 kg/m³	2100 kg/m³
Ressources indiquées	1 208 000 tonnes	1 192 880 tonnes

Tableau 1 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghassoul brut ou associé aux marnes vertes, silix ou gypse au niveau de la parcelle P1-1

Il est intéressant de signaler que ces ressources peuvent être revues à la hausse vu qu'une grande surface de la zone à ghassoul n'a pas été prospectée, en raison de l'inaccessibilité des reliefs montagneux à ghassoul.

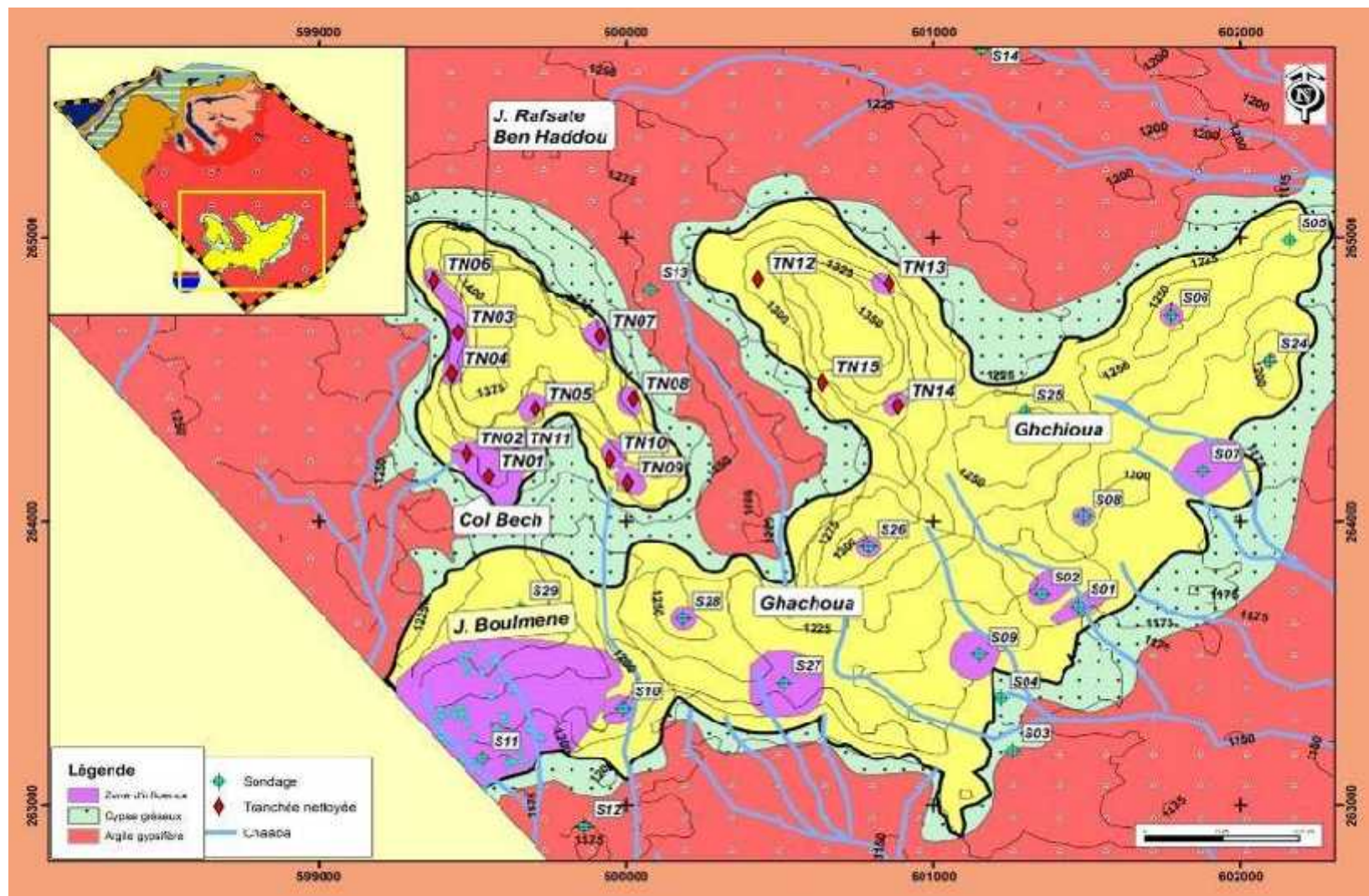


Figure 24 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques De a zone à ghassoul de la parcelle P1-1

2. Les ressources inférées en ghassoul :

- **Zonage de la parcelle P1-1**

Les ressources inférées ont été estimées à partir du zoning lithologique établi à partir de la cartographie géologique, des coupes de sondages, tranchées et galeries et des missions de terrain (figure).

L'analyse de cette carte de zonage a permis de ressortir 3 zones, dont les caractéristiques sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Parcelle P1-1			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Surface	959286,343	1040301,07	90345,7335
Série détritique	marnes vertes, gypses et silex	dolomie, marno-calcaire, calcaire, silex, gypse	gypses, marno-calcaire, marne verte, argile rouge
Puissance moyenne cumulée en ghassoul brut sur un horizon de 15 à 40 m de profondeur	1.5 m	1 m	0.4 m
Puissance moyenne en ghassoul mixte	1 m	1 m	0.6 m

Tableau 2: principales caractéristiques des zones cartographiées

2-2 Estimation des ressources inférées en ghassoul

Le tableau suivant regroupe les ressources inférées en ghassoul brut et mixte des trois zones de la parcelle P1-1.

Parcelle P1-1			
Ressources inférées en ghassoul (m3)		Ressources inférées en ghassoul (tonne)	
Brut	Mixte	Brut	Mixte

Zone 1	1 438 929	959 286	2 158 394	2 014 501
Zone 2	1 040 301	1 040 301	1 560 451	2 184 632
Zone 3	361 418	542 127	542 127	1 138 468
Total	2 840 648	2 541 714	4 260 973	5 337 601

Tableau 3 : tableau récapitulatif des ressources inférées du ghassoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées

***** Estimation des ressources indiquées et inférées en ghassoul de la parcelle P1-1 :***

Le tableau ci-dessous récapitule les ressources indiquées et inférées en ghassoul brut et mixte de la parcelle P1-1.

	LA PARCELLE P1-1			
	Ressources indiquées		Ressources inférées	
	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte
Surface (m²)	518858	464458	2903133,153	
Puissance totale (m)	29,6	23,1	2.9	26
Potentiel en m³	805 383	568 038	2 840 649	2 541 715
Potentiel en tonne	1 208 000	1 192 880	4 261 000	5 337 600

Tableau 4 : : tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghassoul Brut et mixte de la parcelle P1-1

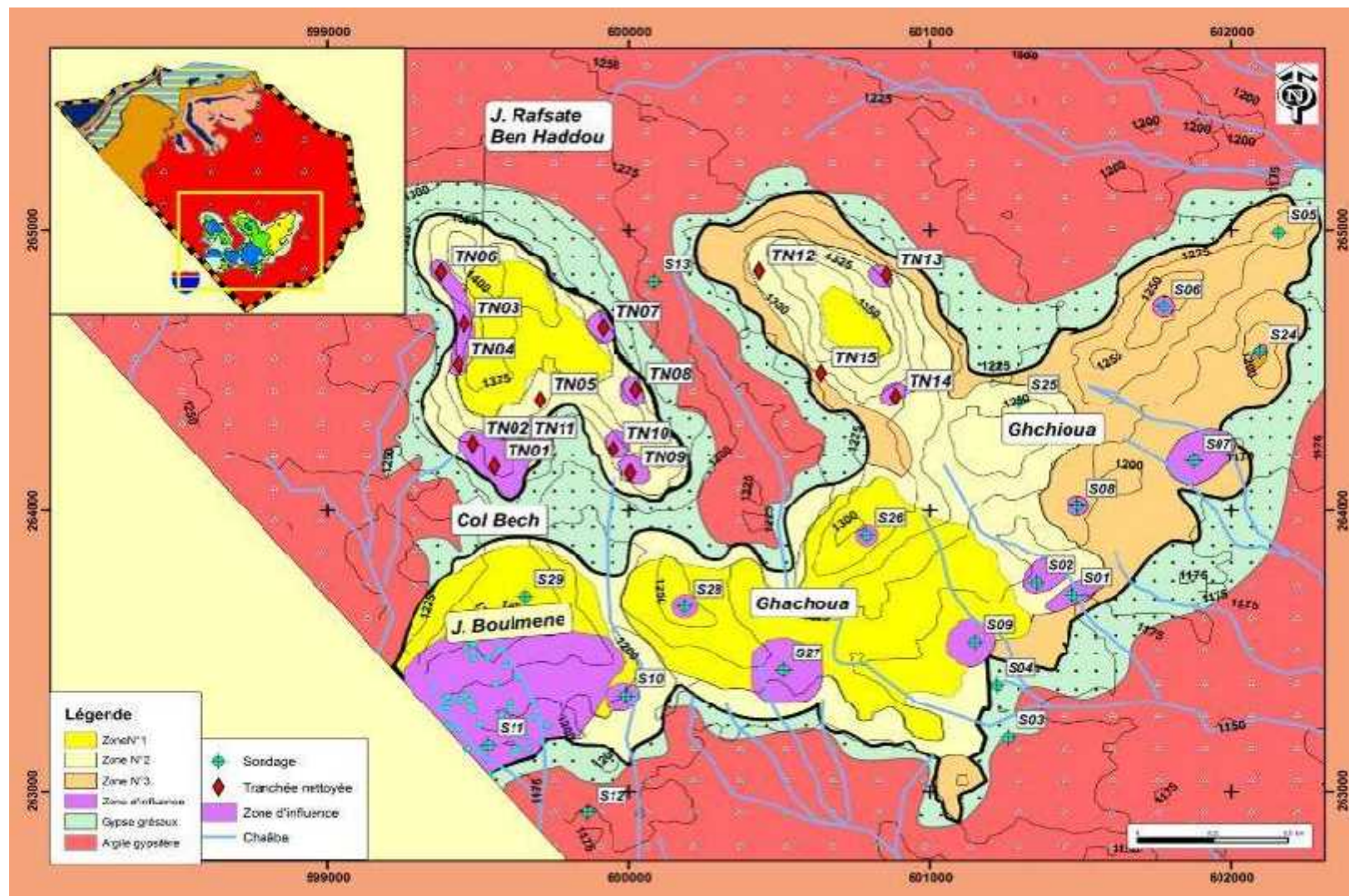


Figure 25 : délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques sur la carte de zonage lithologique de la parcelle P1-1

III- ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-2

1. Les ressources indiquées en ghassoul :

Les ressources indiquées ont été calculées à partir des zones d'influence de chaque point de reconnaissance (sondages carottés et galeries). L'établissement de telles zones a été basé sur les indices de continuité latérale des niveaux à ghassoul repérés au niveau des points de reconnaissance géologique, à partir des coupes levées au droit des chaâbas, du grand nombre de galeries de prospection et d'exploration du ghassoul et leur étendu relativement important qui varie entre 10 et 150 m et les observations du terrain.

La figure ci-dessous illustre les zones d'influence de chaque point de reconnaissance géologique au niveau de la parcelle P1-2.

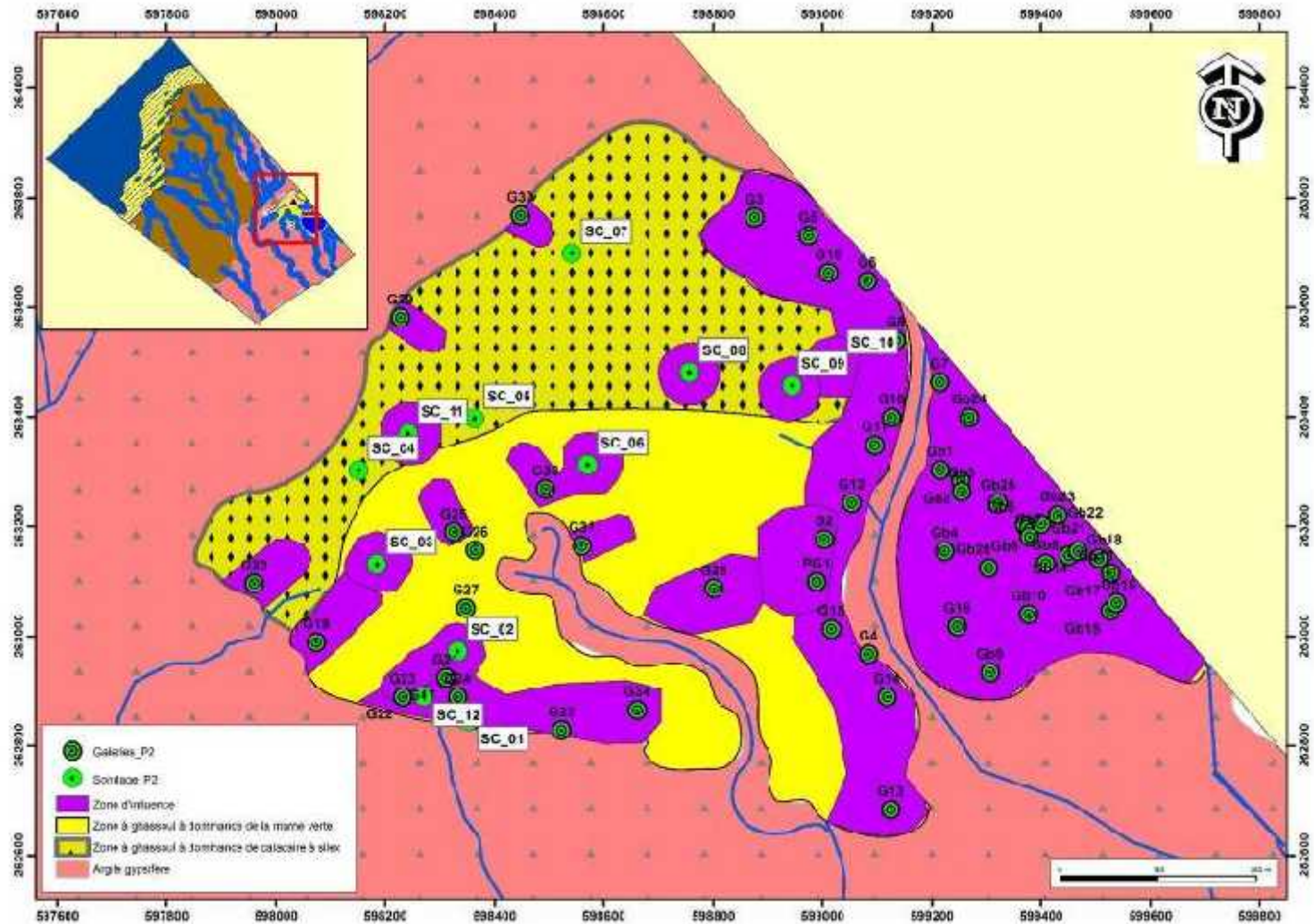


Figure 26: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de a zone à ghaissoul de la parcelle P1-2

Le tableau ci-après récapitule les ressources indiquées en ghassoul brut ou mixte de la parcelle P1-2 calculés à partir des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologique.

Ces ressources peuvent être revues à la hausse vu qu'une grande surface de la zone à ghassoul n'a pas été prospectée, en raison de l'inaccessibilité des reliefs montagneux à ghassoul et la multitude des vides et galeries résiduelles aux travaux d'extraction du ghassoulite.

RESSOURCES INDIQUÉES DE LA PARCELLE P1-2		
	GHASSOUL BRUT	GHASSOUL MIXTE
Surface des zones d'influence	De 5778 m² et parfois s'élève à 177 375 m²	
Puissance moyenne cumulée en ghassoul sur un horizon de 19 à 60 m	0.15 à 0.9 m	0.05 à 0.8 m
Surface totale	531802 m²	
Volume en ghassoul	314332 m³	221578 m³
Densités mesurées	1500 kg/m³	2100 kg/m³
Ressources indiquées	471497,8598 tonnes	465314 tonnes

Tableau 5 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghassoul brut ou associé aux marnes vertes, silice ou gypse au niveau de la parcelle P1-2

2. Les ressources inférées en ghassoul :

2-1 Zonage de la parcelle P1-2

Les ressources inférées ont été estimés à partir du zoning lithologique établi à partir de la cartographie géologique, des coupes de sondages, tranchées et galeries et des missions de terrain.

L'analyse de cette carte de zonage a permis de ressortir 3 zones, dont les caractéristiques sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

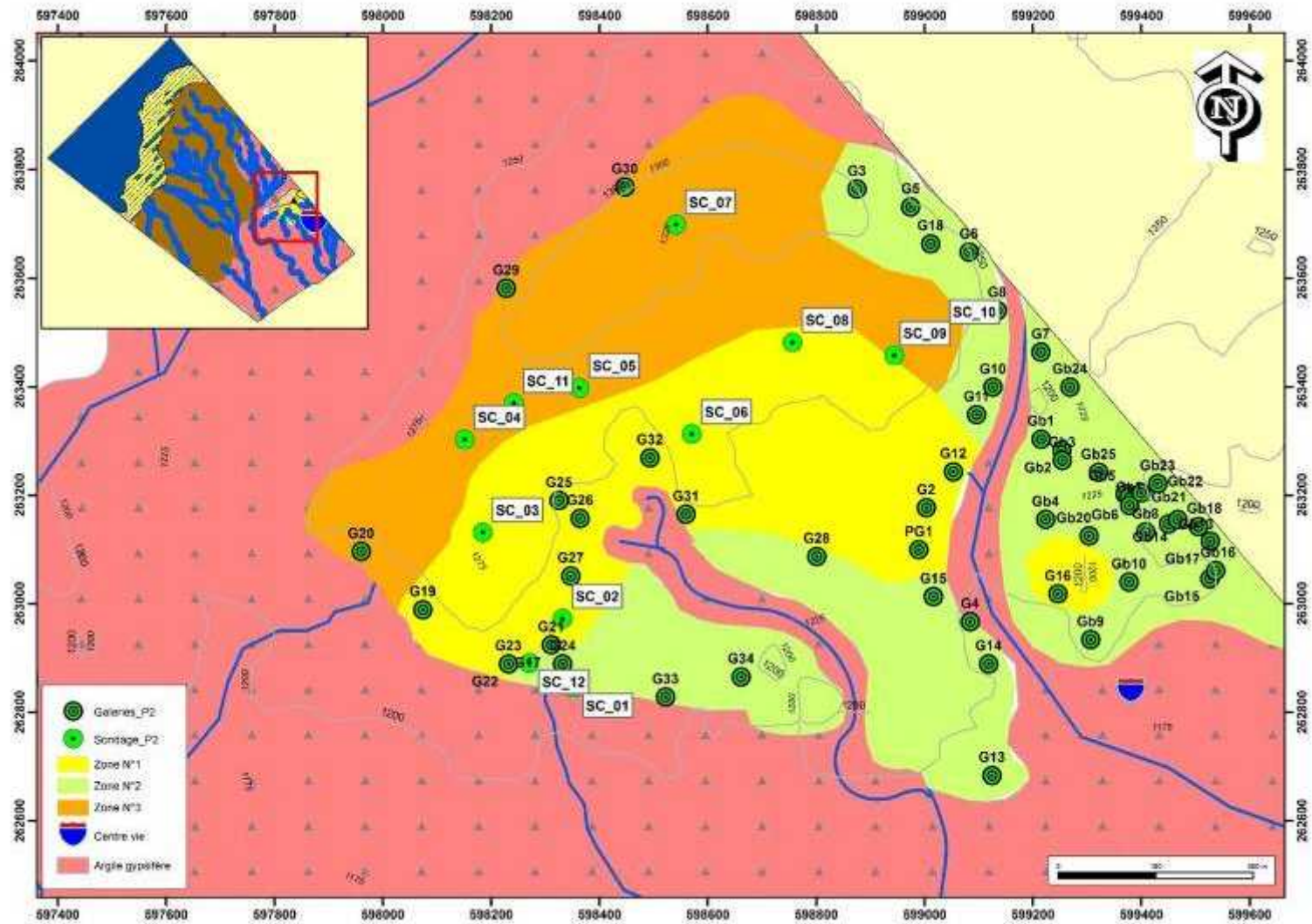


Figure 27: zonage des jilettes à gasoul en fonction de la lithologie et l'abondance des niveaux à ghasoul

2-2 Estimation des ressources inférées en ghassoul brut et mixte de la parcelle P1-2

Les ressources en ghassoul brut de la parcelle P1-2 sont estimées à 265137 tonne, et celles en ghassoul mixte s'élèvent à 690 900 tonne.

LA PARCELLE P1-2								
	Série détritique	Surface (m ²)	Puissance en ghassoul		Ressources inférées en ghassoul (m ³)		Ressources inférées en ghassoul (tonne)	
			Brut	Mixte	Brut	Mixte	Brut	Mixte
Zone 1	marnes vertes, gypses et quelques lits de calcaire à silex épaisse de 19 à 60 m	205914	0.4 m	0.7 m	82366	144140	123549	302694
Zone 2	Marnes vertes et gypse épais de 19 à 60 m	252917	0.2 m	0.5 m	50583	126457	75875	265563
Zone 3	Calcaire à silex épais de 19 à 60 m	292057	0.15 m	0.2 m	43809	58411	65713	122664
Total		750889	0.75 m	1.4 m	176758	329010	265137	690921

Tableau 6: tableau récapitulatif des ressources inférées du ghassoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P1-2

3. Les ressources indiquées et inférées en ghassoul

Le tableau ci-dessous regroupe les ressources indiquées et inférées en ghassoul Brut et associé aux autres composantes lithologiques de la série détritique à ghassoul de la parcelle P1-2.

	Ressources indiquées P1-2		Ressources inférées P1-2	
	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte
Ressources en m³	176758	329010	314332	221578
Ressources en tonne	265137	690921	471498	505011

Tableau 7: tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghassoul brut et mixte de la parcelle P1-2

IV- ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-3

1. Les ressources indiquées en ghassoul :

Les ressources indiquées ont été calculées à partir des zones d'influence de chaque point de reconnaissance (galeries et tranchées). L'établissement de telles zones a été basé sur les indices de continuité latérale des niveaux à ghassoul et les observations du terrain.

La figure ci-dessous illustre les zones d'influence de chaque point de reconnaissance géologique au niveau de la parcelle P1-3.

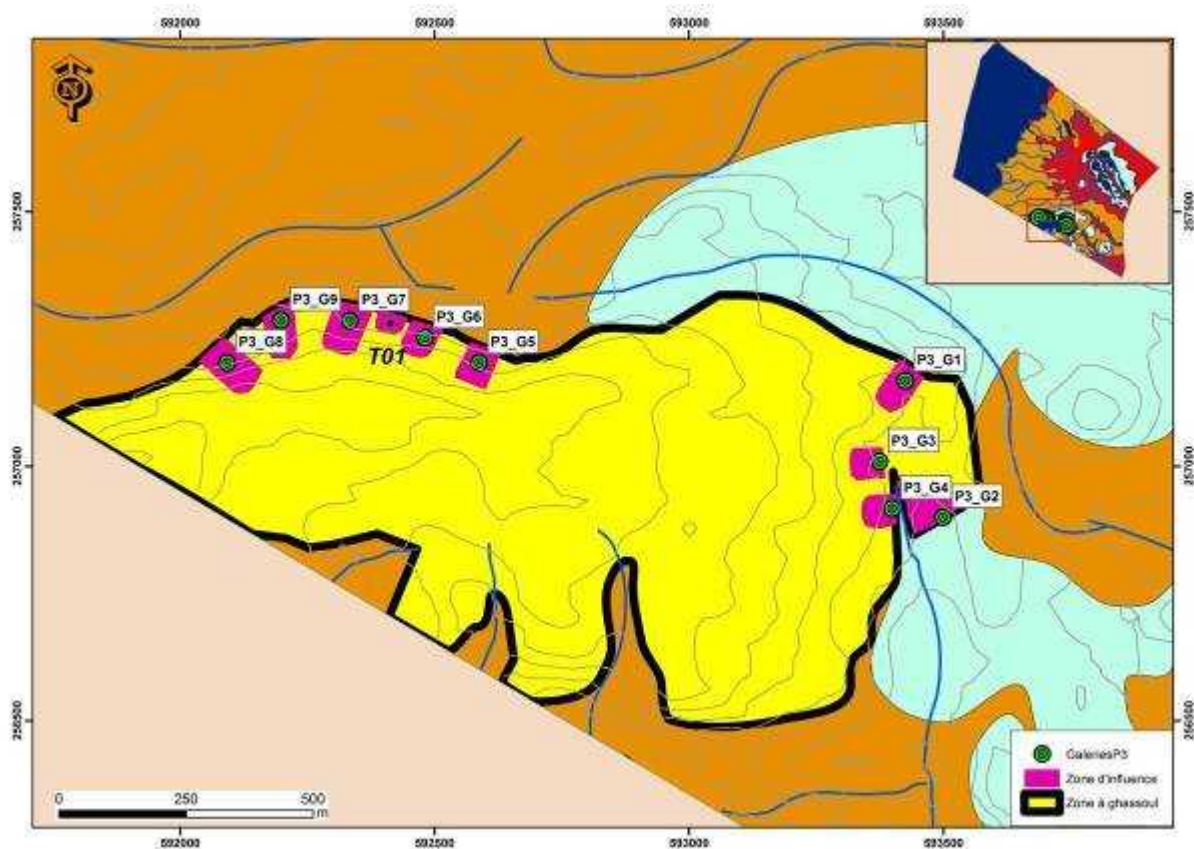


Figure 28: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghassoul de la parcelle P1-3

Le tableau ci-après récapitule les ressources indiquées en ghassoul brut ou mixte de la parcelle P1-3. Ces ressources peuvent être revues à la baisse vu la très faible puissance de ces lits de ghassoul et la forte difficulté de son extraction sans contamination par l'encaissant.

RESSOURCES INDIQUÉES LA PARCELLE P1-3		
	GHASSOUL BRUT	GHASSOUL MIXTE
Surface des zones d'influence	De 2192 et parfois s'élève à 8558 m ²	
Puissance exploitable cumulée en ghassoul sur une hauteur de 2 m	0.02 à 0.12 m	0.05 à 0.15 m
Surface totale	54416 m ²	
Volume en ghassoul	1612 m ³	3264 m ³
Densités mesurées	1500 kg/m ³	2100 kg/m ³
Ressources indiquées	2418 tonnes	6855 tonnes

Tableau 8 : tableau récapitulatif des volumes calculés en ghassoul brut ou associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P1-3

2. Les ressources inférées en ghassoul :

L'analyse de la carte de zonage permet de ressortir 2 zones, dont les principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Parcelle P1-3		
	ZONE 1	ZONE 2
Surface	1855 m ²	799578 m ²
Série détritique	Marnes vertes et gypse	Marnes vertes et gypse
Puissance moyenne cumulée en ghassoul brut sur un horizon de 2 m	0.04 m	0.02 m
Puissance moyenne cumulée en	0.068 m	0.1 m



ghassoul mixte		
Exploitation du ghassoul	- Généralement 1 seul niveau de ghassoul brut épais de 0.02 à 0.04 m - Généralement 1 seul niveau de ghassoul mixte épais de 0.06 à 0.1 m	

Tableau 9 : principales caractéristiques des zones cartographiées

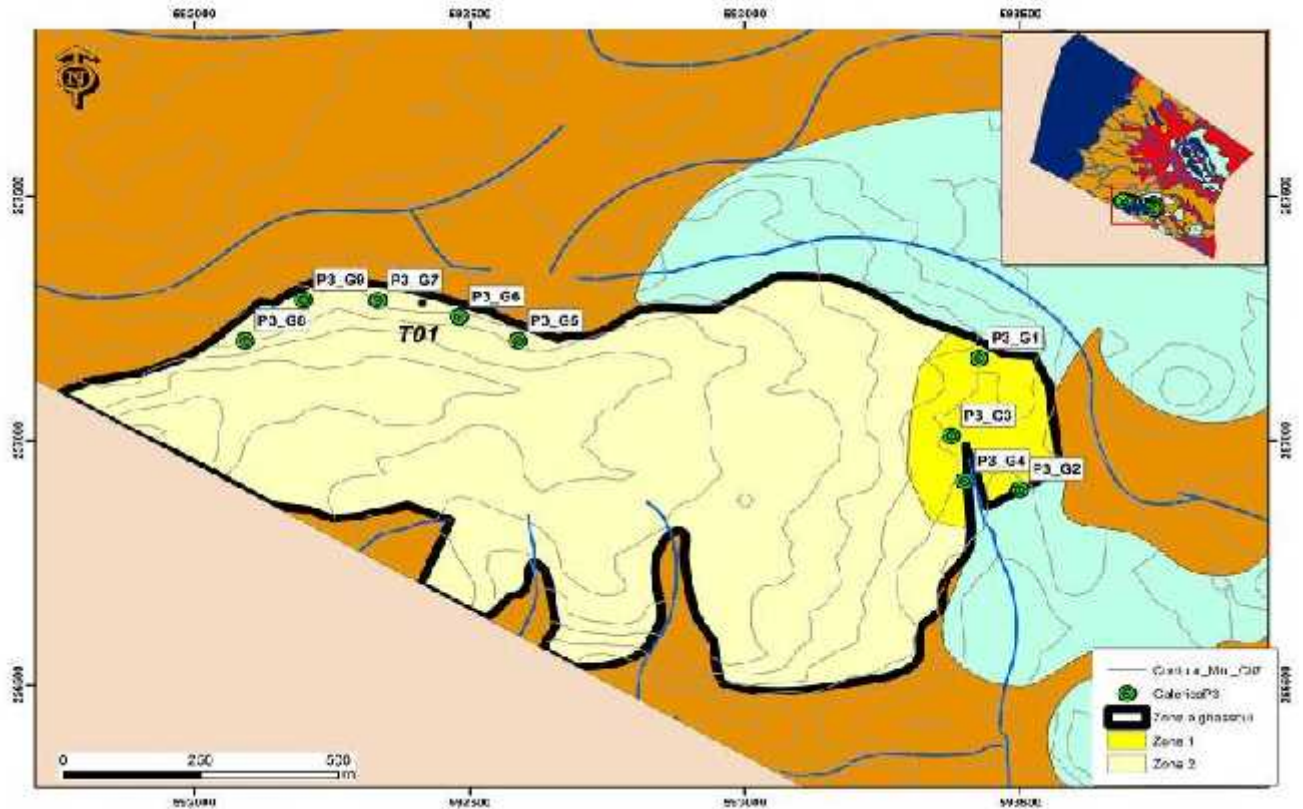


Figure 29: zonage du jbel Choumarhia de la parcelle P1-3 en fonction de la lithologie et l'abondance des niveaux à gassoul

- Estimation des ressources inférées en gassoul

Le tableau ci-après synthétise les ressources inférées en gassoul brut et mixte de la parcelle P1-3.

LA PARCELLE P1-3							
	Surface (m ²)	Puissance en gassoul (m)		Ressources inférées en m ³		Ressources inférées en tonne	
		Ghassoul brut	Ghassoul mixte	Ghassoul brut	Ghassoul mixte	Ghassoul brut	Ghassoul mixte
Zone 1	1855	0.04	0.068	74	126	111	265
Zone 2	799577	0.02	0.1	15992	79958	23987	167911
Total	801432	0.06	0.168	16066	80084	24099	168176

Tableau 10: tableau récapitulatif des ressources inférées du gassoul Brut et mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P1-3

3. Les ressources indiquées et inférées en ghassoul :

Le tableau ci-dessous regroupe les ressources indiquées et inférées en ghassoul Brut et associé aux autres composantes lithologiques de la série détritique à ghassoul de la parcelle P1-3.

	Ressources indiquées P1-3		Ressources inférées P1-3	
	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte	Ghassoul Brut	Ghassoul mixte
Ressources en m ³	1612	3264	16066	80084
Ressources en tonne	2418	6855	24099	168176

Tableau 11 : tableau récapitulatif des ressources indiquées et inférées du ghassoul brut et mixte de la parcelle P1-3

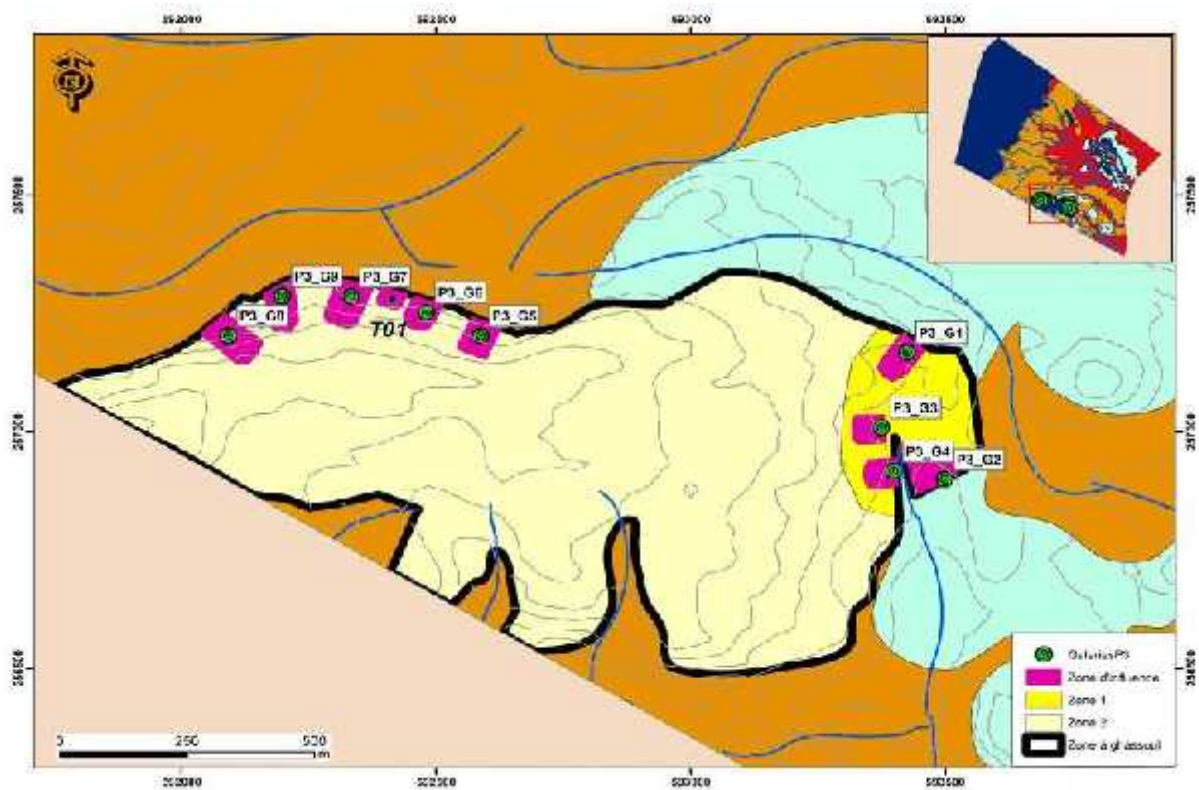


Figure 30 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques Sur la carte de zonage à ghassoul de la parcelle P1-3

V- ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P1-4

La cartographie de cette parcelle et les coupes lithologiques des sondages carottés réalisés, révèlent la présence de :

- formations gypseuses
- corniches calcaires Les horizons à conglomérats
- Les alternances de marnes et calcaires
- Les dolomies du moyen Atlas
- Les argiles gypsifères rouges.

Bien entendu, au niveau de la parcelle P1-4, aucun niveau à ghassoul n'a été cartographié. Et même les alternances de marnes et calcaires situées vers l'extrémité nordique de la parcelle P1-4 sont dépourvues de niveaux à ghassoul.

De ce qui précède, on conclut que la parcelle P1-4 sera considérée comme parcelle sans ghassoul.

Compte tenu de l'absence de toute trace de ghassoul brut ou associé aux autres éléments constitutifs de la série détritique à ghassoul, les ressources indiquées et inférées en ghassoul de la parcelle P1-4 seront considérées nulles.

VI- ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL DE LA PARCELLE P2

Compte tenu de la cartographie de la parcelle P2, la subdivision de cette parcelle en 10 sous-parcelles (P2-05 ; P2- 06; P2- 07; P2-08 ; P2-09 ; P2-10 ; P2- 11; P2- 12 ; P2-13 ; P2-14), ainsi que l'analyse des galeries d'exploration et d'exploitation du ghassoul mixte de cette parcelle, on peut conclure que :

- A l'échelle de cette parcelle, le ghassoul n'existe qu'à son état mixte, associé aux marnes vertes ;
- le ghassoul mixte se présente sous forme de couches verticales, dont la puissance s'élève à 15 m ;
- Le ghassoul mixte est faiblement présent à l'Est des parcelles P2-08 et P2-09 ;
- Le ghassoul mixte est très faiblement présent au SSW de la parcelle P2-05 et au NNW de la parcelle P2-12
- Alors que dans le reste de la parcelle P2, nous n'avons observé aucun niveau à ghassoul brut ou associé.

A. ESTIMATION DES RESSOURCES INDIQUEES ET INFEREES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-09

A l'échelle de la parcelle P2-09, le ghassoul mixte se situe vers la limite Ouest de cette la parcelle.

5 niveaux épais de 5 à 10cm ont été cartographiés. Ceci est bien illustré par la coupe géologique de cette parcelle.

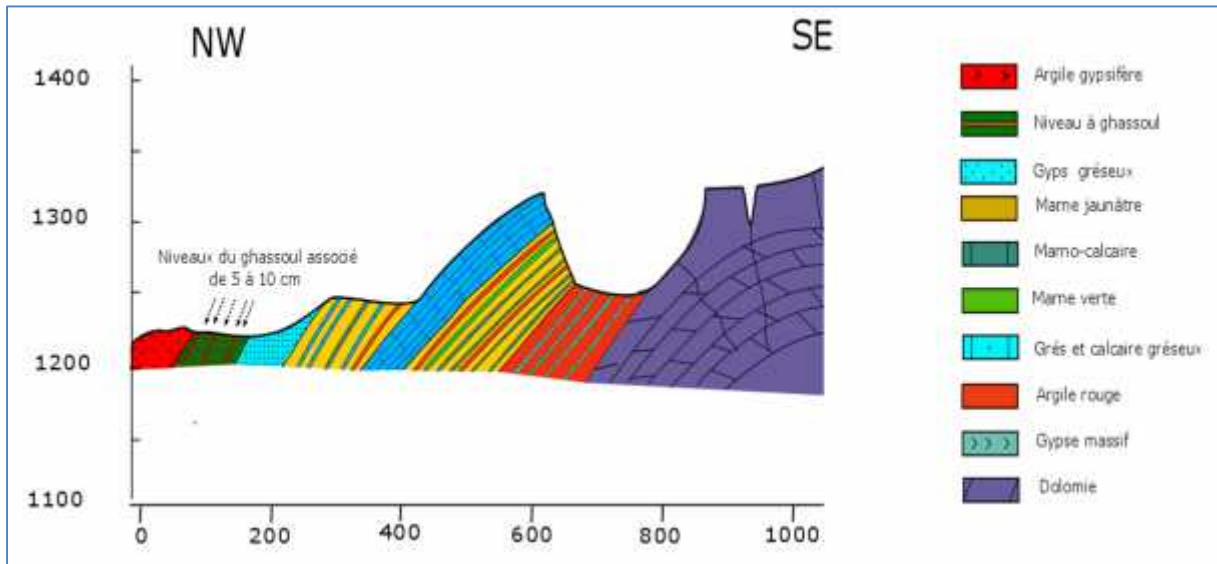


Figure 31 : coupe lithologique traversant la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-09

1- Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-09:

Compte tenu d'une puissance cumulée de 15 m, des surfaces des zones d'influence des galeries et des chaâbas, les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-09 sont estimées à 659 tonnes.

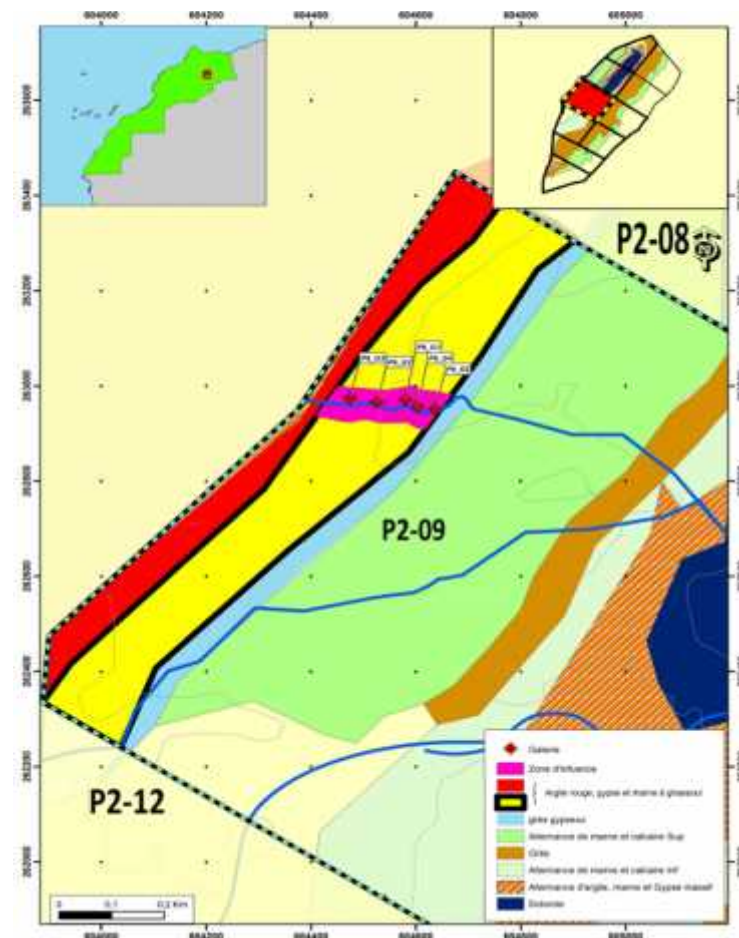


Figure 32: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghasoul de la parcelle P2-09

	GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-09
Puissance exploitable	15 m
Volume en ghasoul	314 m ³
Densités mesurées	2100 kg/m ³
Ressources indiquées	659 tonnes

Tableau 12 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghasoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-09

2- Les ressources inférées en ghassoul :

Pour le calcul des ressources inférées de cette zone à ghassoul, on a pris en considération, le nombre des niveaux à ghassoul mixte, la puissance moyenne, la longueur de la zone et la profondeur de continuité de ces niveaux à ghassoul mixte.

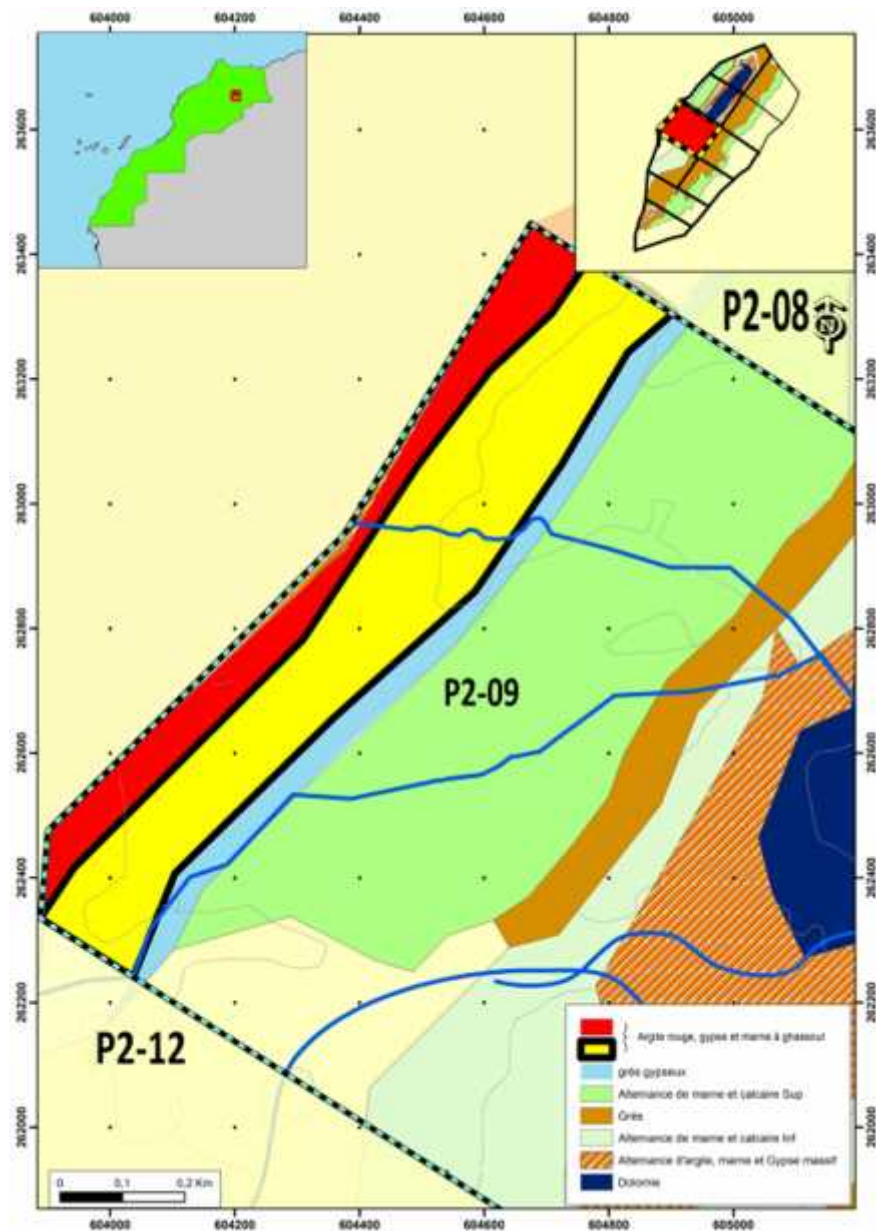


Figure 33 : cartographie de la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-09

LA PARCELLE P2-09	
	Zone à ghassoul mixte
Série détritique	Marnes vertes
Puissance en ghassoul mixte	15 m
Exploitation du ghassoul	Puissance moyenne de 0.075 m
Volume en ghassoul	7094 m ³
Densités mesurées	2100 kg/m ³
Ressources inférées	14 897 tonnes

Tableau 13 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-09

B. ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-08

A l'échelle de la parcelle P2-08, le ghassoul mixte se situe vers la limite Ouest de cette la parcelle. 2 niveaux à ghassoul mixte, de moins de 5 cm de puissance, ont été cartographiés.

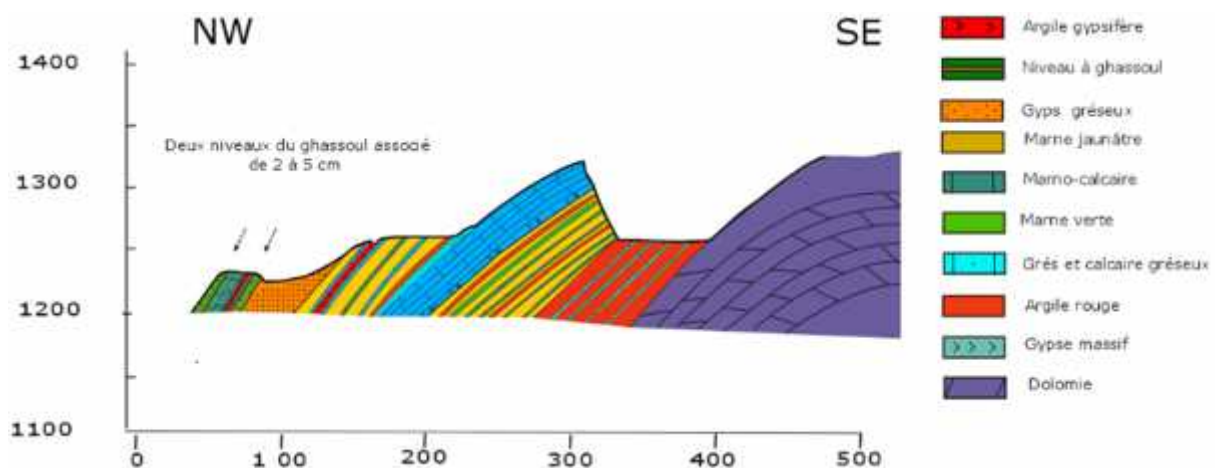


Figure 34 :: coupe lithologique traversant la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-08

1. Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-08:

Compte tenu d'une puissance cumulée de 20 m, des surfaces des zones d'influence des galeries et des chaâbas, les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-09 sont estimées à 176 tonnes.

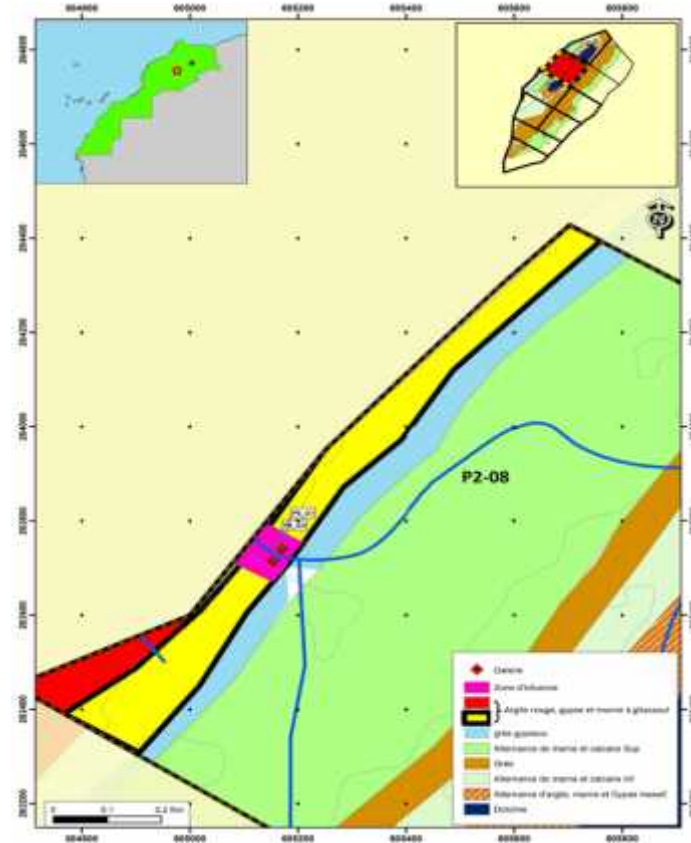


Figure 35: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghassoul de la parcelle P2-08

Le tableau ci-après récapitule les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-08.

GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-08	
Puissance du ghassoul	20 m
Volume en ghassoul	84 m³
Densités mesurées	2100 kg/m³
Ressources indiquées	176 tonnes

Tableau 14 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-08

2. Les ressources inférées en ghassoul :

Les ressources inférées estimées à partir de la présence de 2 niveaux à ghassoul mixte, une puissance moyenne de 0.035 m et 20 m de continuité de ces niveaux à ghassoul mixte en profondeur, sont de l'ordre de **3846 tonnes**.

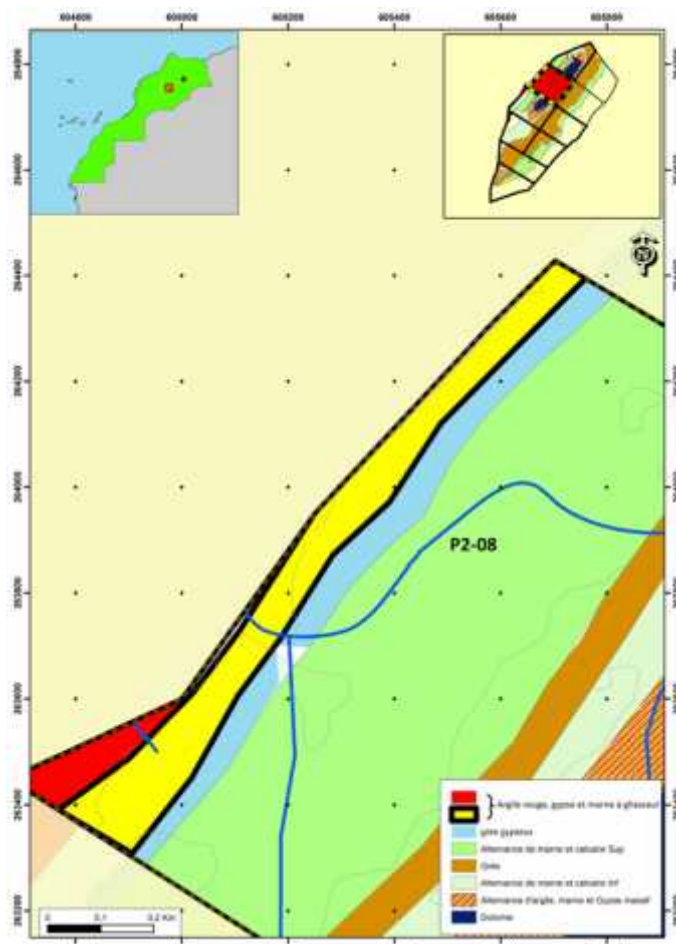


Figure 36 : cartographie de la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-08

LA PARCELLE P2-08	
	Zone à ghassoul mixte
Série déritique	Marnes vertes
Puissance en ghassoul mixte	20 m

Exploitation du ghassoul	- puissance moyenne cumulée de 0.035 m
Volume en ghassoul	1831 m³
Densités mesurées	2100 kg/m³
Ressources inférées	3846 tonnes

Tableau 15 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-08

C. ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-05

A l'échelle de la parcelle P2-05, le ghassoul mixte se présente sur une petite surface à l'extrémité Sud-Ouest de cette parcelle. 2 niveaux à ghassoul mixte, épais de 2 à 5 cm ont été observés.

Les niveaux à ghassoul repérés sur une petite surface de cette parcelle constituent la continuité des niveaux repérés à l'échelle de la parcelle P2-08.

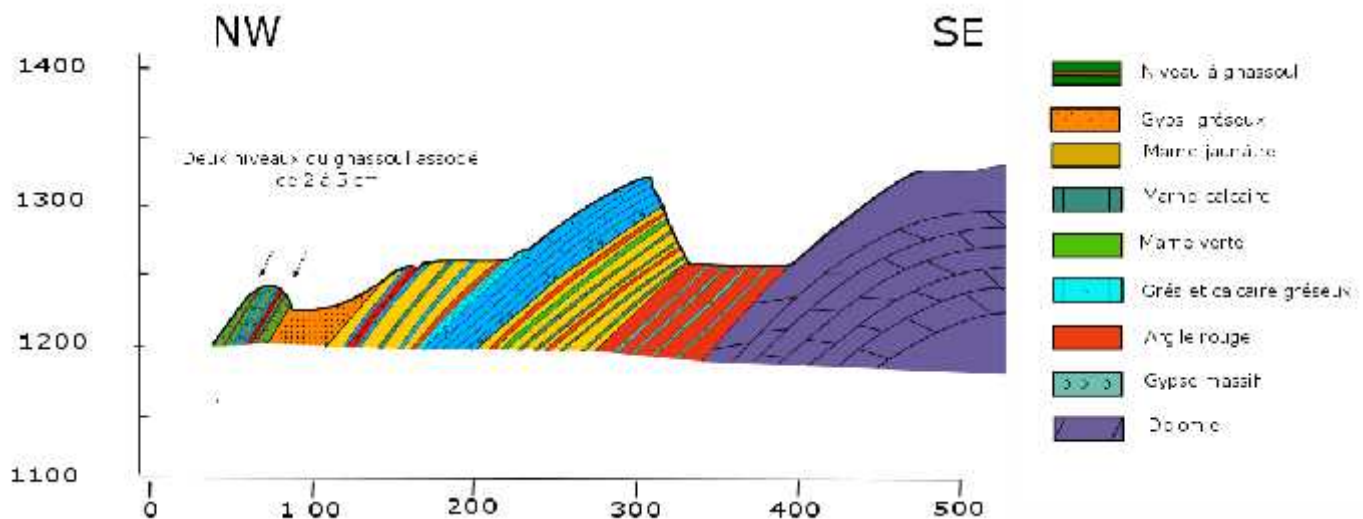


Figure 37: Coupe lithologique traversant la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-05

1. Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-05:

Compte tenu d'une puissance cumulée de 20 m, des surfaces des zones d'influence des galeries et des chaâbas, les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-05 sont estimées à 189 tonnes.

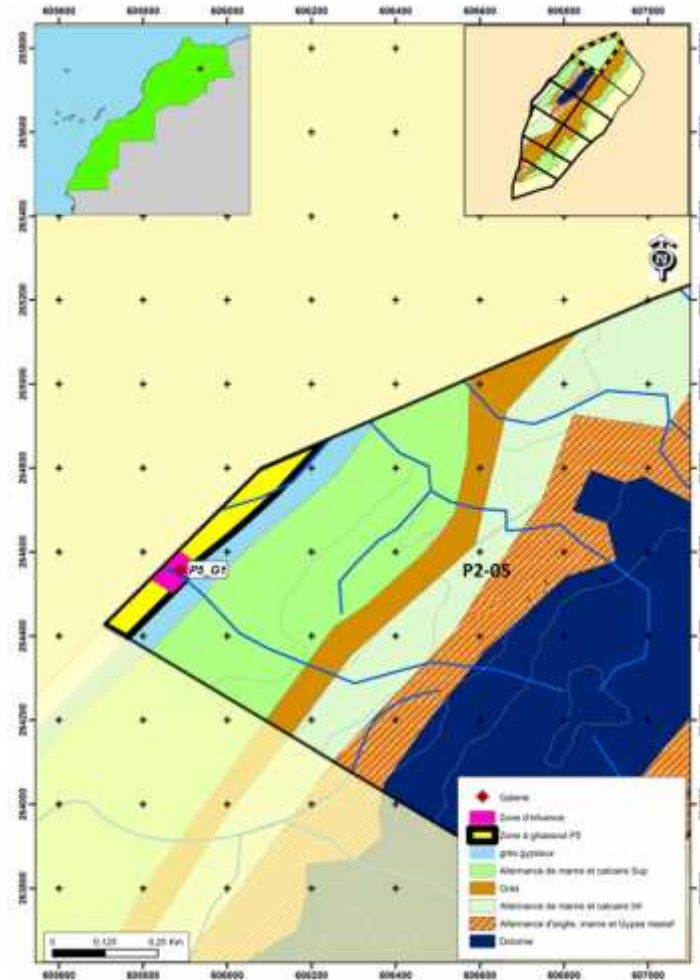


Figure 38: Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghassoul de la parcelle P2-05

Le tableau ci-après récapitule les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-05.

	GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-05
Puissance cumulée du ghassoul mixte	20 m
Volume en ghassoul	90 m³

Densités mesurées	2100 kg/m ³
Ressources indiquées	189 tonnes

Tableau 16 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-05

2. Les ressources inférées en ghassoul :

Les résultats de la cartographie géologique, des coupes des galeries et chaâbas et des missions de terrain réalisées, ont permis de calculer les ressources inférées en ghassoul le long de la zone considérée à dominance de ghassoul mixte.

Pour une puissance moyenne de 0.035 m sur une profondeur de 20 m, les ressources inférées en ghassoul mixte de la parcelle P2-05 sont estimées à 2160 tonnes.

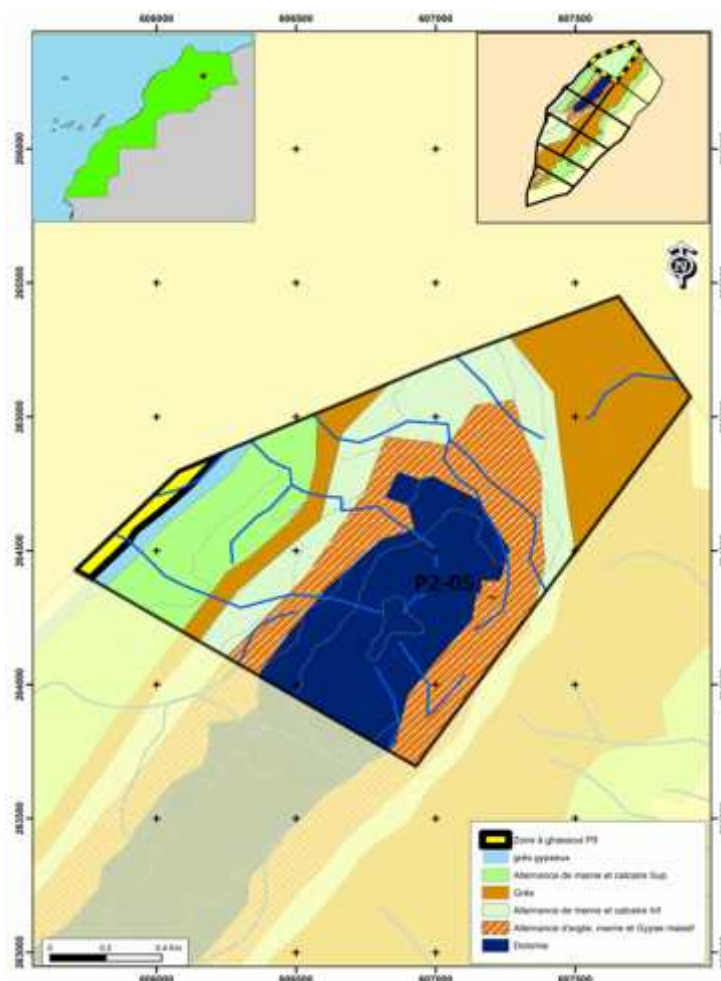


Figure 39: cartographie de la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-05

LA PARCELLE P2-05	
	Zone à ghassoul mixte
Série détritique	Marnes vertes
Puissance cumulée en ghassoul mixte	20 m
Exploitation du ghassoul	Puissance moyenne de 0.035 m
Volume en ghassoul	1029 m ³
Densités mesurées	2100 kg/m ³
Ressources inférées	2160 tonnes

Tableau 17 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-05

D. ESTIMATION DES RESSOURCES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-12

A l'échelle de la parcelle P2-12, le ghassoul mixte a été observés dans l'extrémité NNW de cette parcelle.

5 niveaux à ghassoul mixte, épais de 5 à 10 cm, ont été observés. En effet, les niveaux à ghassoul cartographiés sur une petite surface de cette parcelle ne sont que la continuité des niveaux repérés à l'échelle de la parcelle P2-09.

1. Les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-12:

Le calcul des ressources inférées a été basé sur le nombre des niveaux à ghassoul mixte, la puissance moyenne, la longueur de la zone et la profondeur de continuité de ces niveaux à ghassoul. Bien entendu, les ressources indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2-12 sont estimées à 248 tonnes.

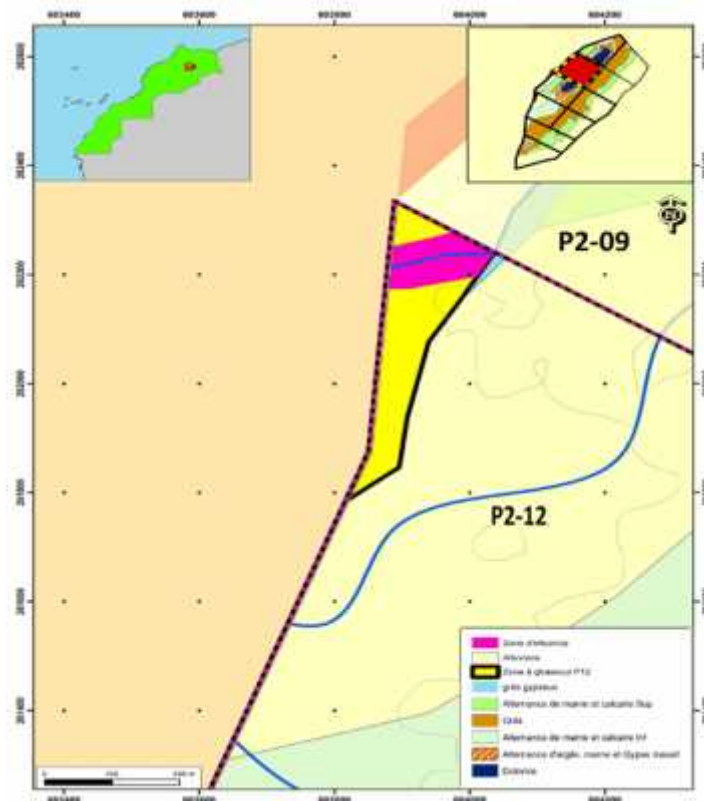


Figure 40 : Délimitation des zones d'influence des différents points de reconnaissance géologiques de la zone à ghassoul de la parcelle P2-12

	GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2-12
Puissance exploitable	15 m
Volume en ghassoul	118 m³
Densités mesurées	2100 kg/m³
Ressources indiquées	248 tonnes

Tableau 18 : tableau récapitulatif des ressources indiquées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-12

2. Les ressources inférées en ghassoul :

Les ressources inférées ont été estimés à partir du zoning lithologique établi à partir des constats des missions de géologie, de La cartographie géologique de la parcelle P2-12 et des coupes des galeries et des chaâbas.

Les résultats de la cartographie géologique, des coupes des galeries et chaâbas et des missions de terrain réalisées, ont permis de calculer les ressources inférées en ghassoul le long de la zone considérée.

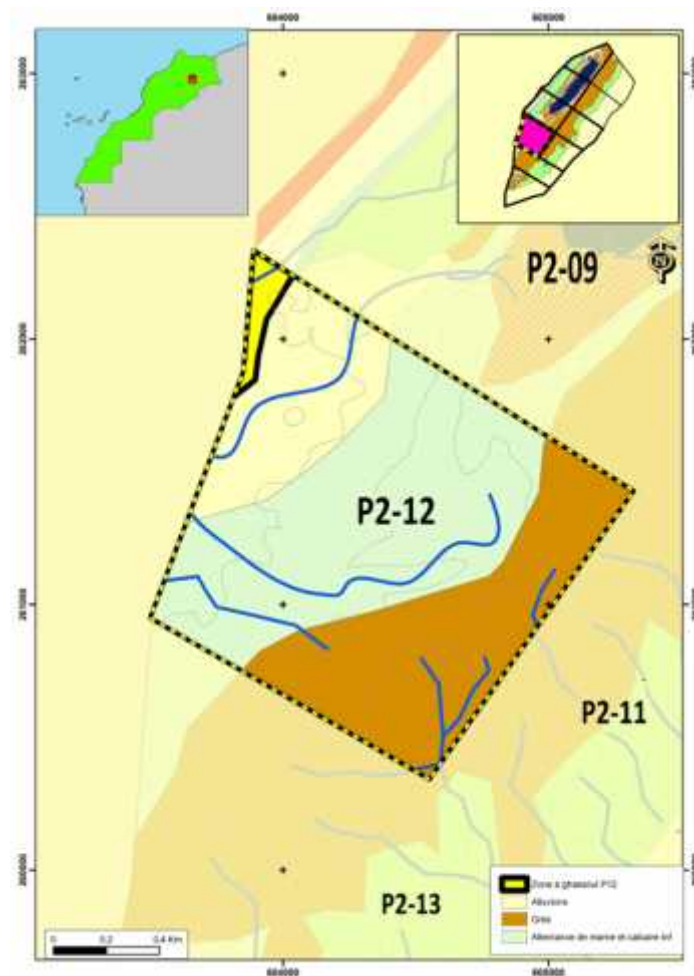


Figure 41 : cartographie de la zone à ghassoul mixte de la parcelle P2-12

LA PARCELLE P2-12	
	Zone à ghassoul mixte
Série détritique	Marnes vertes
Puissance exploitable en ghassoul mixte	15 m
Exploitation du ghassoul	Puissance moyenne de 0.035 m
Volume en ghassoul	2228 m ³
Densités mesurées	2100 kg/m ³
Ressources inférées	4688 tonnes

Tableau 19 : tableau récapitulatif des ressources inférées en ghassoul associé aux marnes vertes au niveau de la parcelle P2-12

E. CALCUL DES RESSOURCES INDIQUEE ET INFEREES EN GHASSOUL MIXTE DE LA PARCELLE P2

Le tableau ci-dessous regroupe les ressources inférées et indiquées en ghassoul mixte de la parcelle P2.

LA PARCELLE P2				
Ressources indiquées en Ghassoul mixte			Ressources inférées en Ghassoul mixte	
	Ressources indiquées en m3	Ressources indiquées en tonne	Ressources inférées en m3	Ressources inférées en tonne
P2-08	84	176	1831	3846

P2-09	314	659	7094	14897
P2-05	90	189	1029	2160
P2-12	118	248	2228	4688
Total	606	1272	12182	25591

Tableau 20 : tableau récapitulatif des ressources inférées du ghassoul mixte des différentes zones cartographiées de la parcelle P2

CONCLUSION

Afin de définir les zones à ghassoul et les zones sans ghassoul, il a été procédé à des investigations géologiques basées sur l'établissement des cartes cartographiques, des missions de terrain permettant de caractériser les principaux indices liés à la présence des niveaux à ghassoul, la réalisation de sondages carottés profonds de 6 à 60 m, des galeries et des tranchées de reconnaissance géologique.

Une telle campagne a permis de conclure que la présence du ghassoul est essentiellement liée aux marnes vertes associées aux gypses présentes à l'échelle des reliefs collinaires de 1200 à 1400 m d'altitude :

- **Au niveau de la parcelle P1-1** : le ghassoul se présente avec un fort potentiel. Cette parcelle est actuellement sous-exploitée, sous son état brut ou mixte, à Jbel Boulemane, j. Ghachoua, J. Ghchioua, J. Rafsat Ben Haddou et Col Bèche. A l'exception de quelques galeries d'exploration ou d'exploitation sises à jbel Boulemane, la majorité de ce relief à ghassoul n'a pas été exploitée par l'actuel exploitant. L'exploitation des niveaux à ghassoul demeure relativement facile dans la marne verte et difficile en cas de prédominance de formations carbonatées indurées.
- **Au niveau de la parcelle P1-2** : le ghassoul se présente à l'état brut ou associé aux marnes vertes ou au calcaire à silex au niveau de Jbel Boulemane et la moitié Sud de Jbel El Assla. Le ghassoul de cette parcelle a été intensément exploité. En outre, on note la présence d'un très grand nombre de galeries de 100 à plus 150 m de longueur, existants sur plus de 3 niveaux et adoptant une architecture complexe, ramifiée et interconnectées. Une telle configuration impose une étude de stabilité et une méthodologie d'exploitation s'adaptant à une telle situation pour extraire le ghassoul résiduaire.

- **Au niveau de la parcelle P1-3 :** seul le ghassoul associé aux marnes vertes a été reconnu dans l'extrémité Nord Est de Jbel Choumarhia, situé au Sud Est de la parcelle P1-3.
- **Au niveau de la parcelle P1-4 :** aucun niveau à ghassoul brut ou mixte n'a été reconnu ou intercepté par les sondages de reconnaissance géologique.
- **Au niveau de la parcelle P2 :** le ghassoul se présente uniquement à son état mixte, associé aux marnes vertes et au gypse. Il occupe une petite surface à l'Ouest de cette parcelle, et plus précisément au niveau des parcelles P2-08 et P2-09 et très faiblement présent au niveau des parcelles P2-05 et P2-12.

Le tableau ci-dessous synthétise les ressources indiquées et inférées en ghassoul brut et associé aux autres unités lithologiques constitutives de la série détritique en ghassoul.

LES PARCELLES P1 ET P2				
Ressources indiquées en tonne			Ressources inférées en tonne	
	Ghassoul brut	Ghassoul mixte	Ghassoul brut	Ghassoul mixte
P1-1	1 208 000	1 192 880	4 261 000	5 337 600
P1-2	471 498	465314	265137	690921
P1-3	2418	6855	24099	168176
P1-4	-	-	-	-
P2	-	1272	-	25591
Total	1681916	1666321	4550236	6222288

LES PARCELLES P1 ET P2				
Ressources indiquées			Ressources inférées en tonne	
	Ghassoul brut	Ghassoul mixte	Ghassoul brut	Ghassoul mixte
Total	1681916	1666321	4550236	6222288

RECOMMANDATIONS:

- **Reconnaitances géologiques et ressources :**

- Compte tenu de la présence du ghassoul sur des reliefs de 1300 à 1400 m, l'accès des ateliers de sondage aux points de reconnaissance géologique se montre souvent très difficile et nécessitant l'aménagement par des entreprises puissantes et spécialisées de voies d'accès. Bien entendu, le nombre de sondages réalisés demeure insuffisant pour une estimation réelle des ressources en ghassoul.

Ainsi, nous recommandons à l'exploitant d'élargir les reconnaissances dans les zones inaccessibles et de serrer le maillage des points de reconnaissance géologique (sondages carottés, tranchées, galeries) pour qu'une partie des ressources inférées se transformera en ressources indiquées et une partie des ressources indiquées deviendra des ressources mesurées.

- **Méthodologie d'extraction du ghassoul :**

- L'extraction du ghassoul est effectuée à l'aide de galeries creusées à flanc de montagne. Ces galeries, de forme sinueuse, ne suivent que les parties les plus épaisses des couches rencontrées. En effet, l'extraction du ghassoul demeure une opération délicate car il faut éviter sa contamination par les argiles stériles verdâtres et rougeâtres et autres types de matériau fin situés au contact ou près du ghassoul.

Il paraît donc indispensable d'améliorer les conditions d'extraction en utilisant une méthode d'exploitation plus rationnelle permettant d'enlever une plus grande partie de ghassoul et qui tienne compte à la fois de l'optimisation de la production et de la sécurité des personnes oeuvrant dans les chantiers souterrains.

- Étant donné l'épaisseur relativement mince des couches de ghassoul, la nature argileuse de l'encaissant et le fort risque de contamination par l'argile stérile des épontes ou les inclusions dans le ghassoul même, les méthodes d'exploitation à ciel ouvert ou utilisant des opérations mécanisées ont été écartées. Ainsi, l'extraction manuelle demeure la méthode la mieux adaptée pour cette situation. Malgré sa faible production et son recouvrement modéré, elle offre une sélectivité élevée, vu l'expérience des ouvriers et le faible coût de main-d'œuvre.

- Il y a lieu de signaler que les mélanges avec le stérile et la méthode d'exploitation rendent une bonne partie des réserves inexploitable et influencera amplement le tonnage estimé. Bien entendu, la production journalière ou annuelle peut être revue à la hausse si la méthodologie d'extraction est adaptée au contexte lithologique des gisements à ghassoul. L'utilisation des marteaux perforateurs peut doubler la production journalière
- Il est à noter que pour la parcelle P2, où seul le ghassoul associé aux marnes vertes a été cartographié au niveau des parcelles P2-08 ; P2-09 ; P2-05 et P2-12, la couche de ghassoul mixte verticale, peut être extraite à l'aide de petite draglines (pelle à benne traînante) au lieu de galeries verticales de petites dimensions.

- **Zones avec possibilité de présence du ghassoul :**

- D'après la carte géologique ci-dessous, le ghassoul peut exister à environ 37 Km de la parcelle P1 et 33 Km de la parcelle P2.

Cette zone, s'étalant sur une surface s'élevant à 4000 Ha, se situe à 15 Km à vol d'oiseau au Nord Est des parcelles P1 et P2 et à 8 Km de Missouri. L'accessibilité à cette zone est assurée par la route provinciale RP5108 (1.5 Km) et la route nationale RN 15 (25 Km).

Pour une estimation provisoire de l'ensemble des réserves, en cas de présence du ghassoul, un calcul analogue peut être tenté dans cette zone en procédant à la réalisation de travaux de recherche par tranchées et par puits, notamment dans les endroits où la série détritique à ghassoul est prédominée par les marnes vertes et n'est pas couverte par des couches de calcaire dolomitique de la série « corniche calcaire ».

L'estimation provisoire du potentiel en ghassoul peut être simplement basée sur la surface susceptible de renfermer du minerai et la puissance exploitable moyenne cumulée de ghassoul et le tonnage lié à la densité du ghassoul.

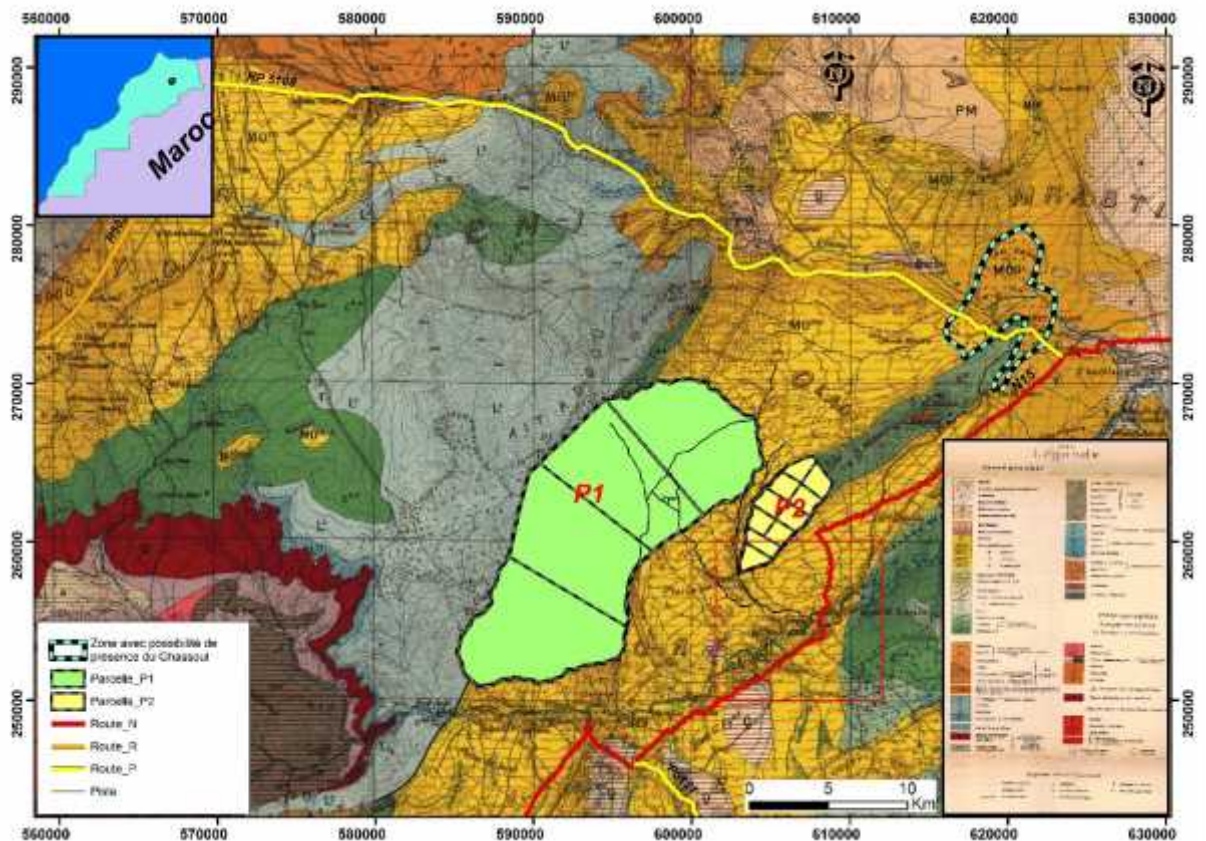


Figure : carte de situation de la zone avec possibilité de présence du ghasoul par rapports aux parcelles étudiées

- **Valorisation des différentes catégories du ghasoul :**

- D'une manière générale, le ghasoul existe soit à son état brut ou associé soit aux rognons de silex, qui se sépare et s'extrait facilement à la main, soit s'alterne avec les bancs calcaires et dolomitiques soit qu'il est mélangé avec des argiles et des marnes stériles, et dans ce cas il devient extrêmement difficile de les séparer physiquement.

D'après le décret n° 02-73-370 du 10 Safar 1394 (5 mars 1974), le ghasoul à usage cosmétique, pharmaceutiques ou thérapeutique, doit satisfaire aux tests minéralogiques et chimiques. Toutefois, rares sont les échantillons qui peuvent répondre à ces exigences. D'où la nécessité de créer plusieurs catégorie de ghasoul. Ceci permettra de valoriser aussi bien le ghasoul brut que le ghasoul associé aux autres éléments de la série détritique à ghasoul.

- Dans le même ordre d'idées, au lieu de se satisfaire de la commercialisation du ghassoul ensaché, il est possible de créer un laboratoire sur chantier et des usines de valorisation, production de produits à base de ghassoul et commercialisation des produits finaux.

- **Conditions de sécurité et d'hygiène :**

- Plusieurs galeries montrent des conditions de sécurité dangereuses avec des risques de chute de bloc, instabilités, déshydratation et effritement des murs au contact de l'air, glissements de formations argileuses plastiques et effondrement de toute la galerie. Ainsi, lors des travaux d'exploration ou d'exploitation, il faut faire très attention à la sécurité quant au soutènement pour éviter des éboulements et le boisage doit être utilisé de manière systématique ;
- La hauteur de certaines galeries est trop faible (0.6 m) il faut au moins respecter 1.80 à 2 m de hauteur et de largeur pour être pratiques lors de l'exploitation du ghassoul et du stérile.
- Il est recommandé d'identifier les galeries abandonnées ou en cours d'exploitation et mettre en place des écriteaux et panneaux de signalisation ;
- Il est intéressant d'établir une procédure de contrôle périodique des conditions d'aéragé dans les galeries ;
- Malgré l'expérience confirmée des personnes œuvrant sous terre, il est strictement indispensable d'élaborer un plan de suivi des travaux d'extraction et des programmes de surveillance des gisements en exploitation ;

- **Stabilité des galeries et stabilité globale :**

Plusieurs fissures majeures parcourent les montagnes au droit des vides souterrains liés aux galeries. Ces fissures peuvent causer des problèmes majeurs d'instabilité. En effet, des glissements de terrain peuvent être facilités par ces plans de rupture, plus particulièrement lorsqu'il y a infiltration d'eau de pluie dans ces plans.

En outre, la stabilité des galeries est généralement évaluée par l'expérience des mineurs qui tâtent le toit à l'aide de leur pic et estiment la tenue du toit.

Une telle situation nécessite les mesures préventives suivantes :

- les galeries devront être boisées adéquatement et systématiquement pour assurer la sécurité des mineurs. La surcharge créée par les ouvertures des galeries devra être reprise par le boisage et les piliers ;

- Une étude de stabilité s'avère indispensable, notamment au niveau des gisements en cours d'exploitation ;
- la présence de fissures majeures en surface du terrain, au droit de certains secteurs qui ont été dépilés ou des chantiers souterrains abandonnées, incite à la prudence et nécessitera qu'un ingénieur suive de près les travaux d'extraction et qu'il instaure des programmes de surveillance.
- Elaborer des programmes de surveillance du terrain (inclinomètres, suivi sur graphique du déplacement du toit, mouvement de terrain en surface, utilisation de peinture phosphorescente ...)
- Etablir les plans topographiques actualisés des parcelles à ghassoul ;
- Dresser des cartes et plans des galeries préexistantes, notamment celles à fort risque d'effondrement ;
- Réaliser une campagne géophysique permettant de localiser les vides souterrains et de reconstituer des cartes de vides des zones à risque ;
- Cartographier les fissures sur les montagnes et suivre leur déplacement éventuel en mesurant régulièrement la distance et la différence d'élévation entre des tiges d'acier ou barres graduées enfoncées de parts et d'autres des fissures. Si un mouvement d'accélération est détecté, il y a imminence de danger, et l'évacuation du chantier devra être faite le plus tôt possible.

Fin de texte
