



Département des Sciences de la Terre

Licence des Sciences et Techniques
GARM

**Etude de l'évolution minéralogique et
caractérisation des paléoenvironnements
au passage Infracambrien-Cambrien
Inferieur**

Réalisé par: OUAHMANE Hanane&AMDJAR Latifa

Soutenu : Le 29 Juin 2017

Membre de jury :

EL HARIRI Khadija : FST – Marrakech, Encadrante

DAOUDI Lachen : FST – Marrakech, Examineur

Année Universitaire : 2016-2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Géosciences et Environnement à la Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad Marrakech.

*Nos sincères remerciements à notre encadrante **Pr. Khadija EL HARIRI** pour ses conseils avisés, pour son encadrement fortifiant durant toute la période de préparation de cette étude.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements à **M. Abdelfattah AZIZ** pour son encouragement et orientation afin d'accomplir ce travail.*

Nos vifs remerciements sont exprimés à tous les enseignants de la filière Géologie Appliquée aux Ressources Minières pour leur pédagogie et la formation qu'on a pu acquérir grâce à eux.

*Merci à **M. DAUDI**. Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques qui nous fait l'honneur d'évaluer ce travail.*

Enfin, nos sincères remerciements s'adressent à toutes les personnes qui nous ont aidé, encouragé à établir ce mémoire.

Hanane OUAHMANE

Latifa ANDJAR

TABLE DE MATIERE

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	09
Objectif	09
Chapitre I : Etude bibliographique.....	10
I.Zone d'étude	11
1. Cadre géographique	11
2. Cadre géologique	11
2.1.Groupe de Taroudant :	12
a. Formation Adoudou	12
b. Série Lie-De-Vin	12
2.2.Groupe de Tata :	12
a. Formation Igoudine	13
b. Formation d'Amouslek et Issafène	13
3. Evolution géodynamique	14
II. Succession stratigraphique étudiée.....	14
Chapitre II : Méthodologie de l'étude	19
I.Échantillonnage et préparation	20
II.Les Techniques de mesure des taux de carbonate	20
1. Le taux des carbonates total	20
1.1. Technique de la calcimétrie	20
a. Principe	20
b. Mode opératoire	21
2. Le taux de la calcite	23
2.1 Technique de la calcimétrie	23
a. Principe	23
b. Mode opératoire	23
III.La Technique de mesure de la Matière organique	23
1. Le taux de la Matière organique	23
1.1 Technique de perte en feu	23
a. Principe	23
b. Mode opératoire	23
Chapitre III : Analyse des résultats	26
I. Présentation et description.....	27
1. localisation des échantillons.....	27
2. Description des résultats	28
1.1. La calcimétrie	28
a. Le taux des carbonates total	28
b. Le taux de calcite	28
1.2. La perte en feu	29
a. Le pourcentage de la matière organique	29

3. Rapprochement des résultats.....	30
II. Interprétation des résultats et discussion.....	31
Conclusion	36

Liste des figures

Figures	Titres
Figure 1	Carte géologique détaillée de la zone d'étude (<i>la carte géologique du Maroc au 1000000ème</i> (A. Azizi, 2017))
Figure 2	Les différentes formations du cambrien inférieur de l'Est vers l'Ouest (extrait de la note de G. Choubert, 1955)
Figure 3	La succession stratigraphique du Groupe de Taroudante et de Tata qui forment le Cambrien inférieur de l'Anti-Atlas occidental.
Figure 4	Différents faciès sédimentaires observés dans la zone d'étude
Figure 5	Calcimétrie de Bernard
Figure 6	Echantillon pesé par la balance analytique
Figure 7	Erlenmeyer contenant le tube d'HCl et l'échantillon
Figure 8	Creusets numérotés
Figure 9	Echantillons préparés
Figure 10	Echantillons placés dans le four
Figure 11	Log stratigraphique de la zone étudiée
Figure 12	Les lames minces de la section étudiée

Liste des abréviations

ADAR : Adoudounien formation

LV : Série Lie-De-Vin

Cs : Calcaires supérieurs

CaCO₃ : formule chimique de carbonate de calcium

CO₃²⁻ : ion de carbonate

Fm : Formation

Hcl : acide chlorhydrique

M.O : la matière organique

PAF : Perte au feu

Pc : Le poids des creusets

P₁ : Le poids d'échantillon après une température 105°C

P₂ : Le poids d'échantillon après une température 550°C

Vm : volume moyen

V₁ : volume initial

V₂ : volume final

INTRODUCTION

Il est fondamental de savoir qu'une roche est un agrégat naturel, généralement solide, composée de minéraux ; de fossiles et/ou d'éléments d'autres roches. Nous sommes dès lors amenés à poser des questions concernant la manière de la formation de celle-ci, dans quelles conditions cette roche a été formée, en plus quelles sont les variations de la composition chimique qu'elle a subies ? Dans le cadre de l'analyse des roches, notre sujet d'étude est basé sur la reconnaissance de l'évolution, en fonction de l'âge, de deux éléments importants entrant dans la composition chimique d'une roche quelconque: les carbonates (CO_3) et la matière organique. Les méthodes d'analyse utilisées au laboratoire avaient pour objectif le calcul du taux des carbonates en totalité, celui de la calcite et le pourcentage de la matière organique. Les résultats obtenus vont devoir nous aider à appréhender les paléoenvironnements et à mieux connaître les conditions de dépôt qui ont impacté ces trois composants dans ces roches étudiées. Afin de dévoiler l'ensemble des informations et mieux comprendre, il est impératif de connaître la provenance des échantillons ainsi que leur histoire.

Nos échantillons sont de provenance de l'Anti-Atlas. Ces roches ont été récoltées de la série rapportée au Cambrien inférieur et représentée par les groupes de Taroudant et de Tata.

Objectif

Ce travail a pour objectif de déduire les caractéristiques des paléoenvironnements ; identification des conditions de dépôt des échantillons par la mesure des taux de carbonates et de matière organique.

CHAPITRE I :
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Zone d'étude :

1. Le cadre géographique :

Le domaine Anti atlasique est situé au sud de Maroc. Il constitue la marge Nord du craton Ouest-Africain. Il est limité au Nord par l'accident sud-atlasique et au Sud par le bassin de Tindouf. Géographiquement, l'Anti Atlas est subdivisé en trois parties (Choubert 1963 ; Michard 1976):

- L'Anti Atlas occidental : boutonnière de Kerdous, Ifni, Igherm, Bas Draa
- L'Anti Atlas central : Zenaga, Bou Azzer, Sirwa
- L'Anti Atlas oriental: Saghro, ougnate.

Le secteur étudié se situe dans l'Anti-Atlas Occidental au sud de la ville d'Agadir entre la boutonnière d'Igherm à l'EST et la boutonnière de Kerdous à l'OUEST. Le cambrien inférieur de cette zone est bien développé essentiellement au niveau des synclinaux, notamment le synclinale d'Issafen orienté NE-SW et le synclinal d'Azrarnomé aussi le synclinale de Fouanou orienté N-S.

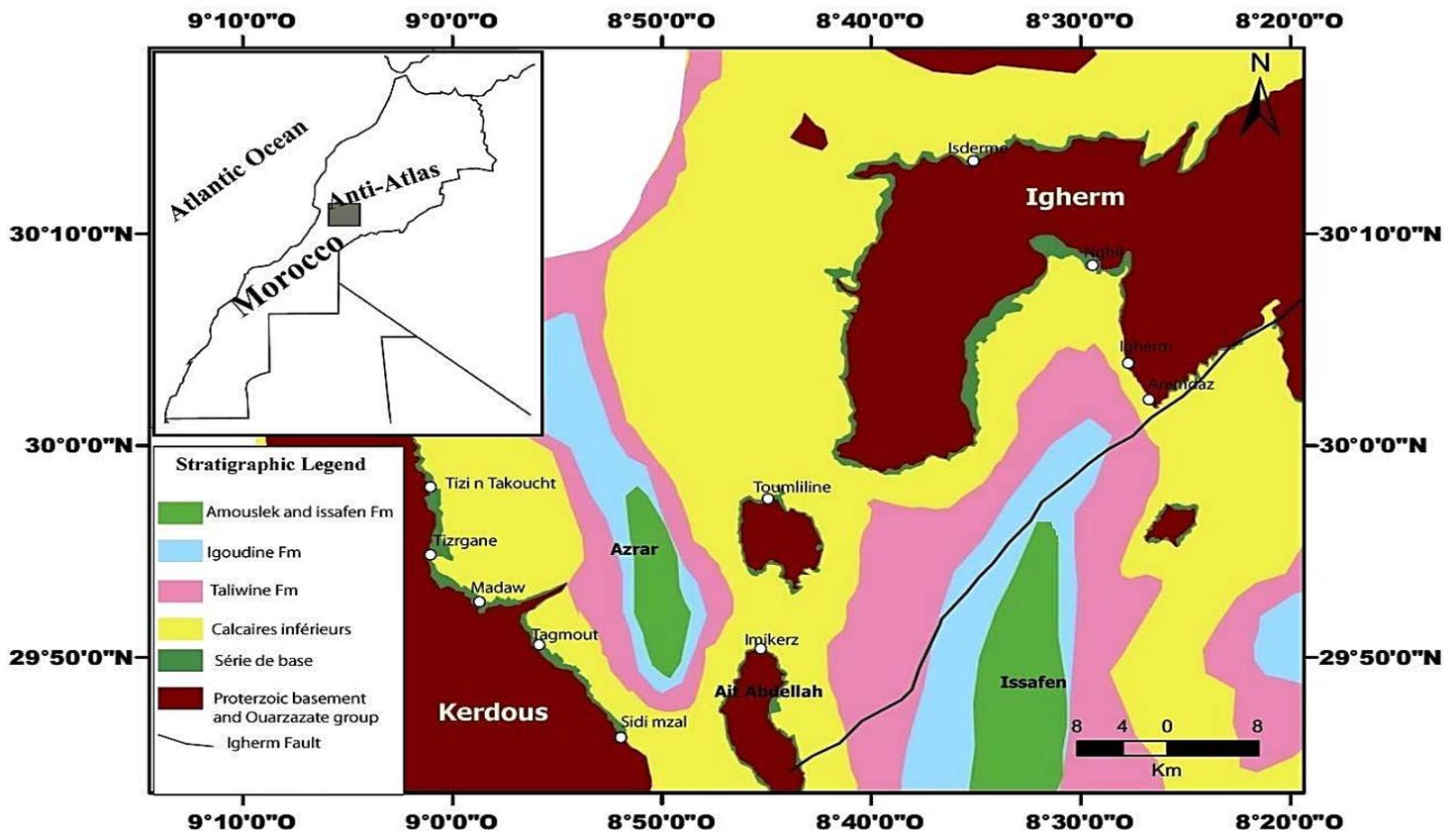


Figure 1 : Carte géologique détaillée de la zone d'étude (la carte géologique du Maroc au 1:1000000ème (A. Azizi, 2017))

2. Le Cadre géologique :

L'Anti Atlas marocain est une chaîne de montagne d'orientation WSW-NNE, correspondant à une vaste structure anticlinale globalement orientée E-W, formée par un ensemble de boutonnières précambriennes et une couverture paléozoïque principalement sédimentaire. Cette couverture se

dépose dans un environnement de plate-forme marine peu profonde située à la marge Nord du craton ouest-africain, son épaisseur total dépasse 10000m.

La nature géologique des roches étudiées est variable, elles proviennent de différentes formations attribuées au Précambrien terminal-Cambrien inférieure.

Du point de vue stratigraphique, les premières synthèses lithostratigraphiques du cambrien de l'Anti-Atlas et du flanc Sud du Haut Atlas ont été effectuées par ; Choubert (1952), Choubert et Faure-Muret (1970, 1983), Destombes et al. (1985), Geyer (1989, 1990a) et Geyer et Landing (1995, 2006).

Le cambrien inférieur de l'Anti-Atlas est subdivisé en deux groupes :

2.1. Groupe de Taroudant :

Le Groupe azoïque de Taroudant, facilement cartographiable dans l'Anti-Atlas, il comprend la Série de base, les Calcaires inférieurs (la formation d'Adoudou) et la Série Lie-De-Vin (la formation de Taliwine).

a. Formation d'Adoudou :

Formation d'Adoudou : subdivisée par Choubert (1952) en Série de base et calcaires inférieurs, nommé par Maloof et al. (2005) le membre de Tabia et celui de Tifnout. Le membre de Tabia peut atteindre 150m d'épaisseur, formé de trois unités ; l'unité basale se compose de conglomérats massifs qui affleurent à quelques endroits (conglomérats de base), une plate forme carbonatée a été mise en place sur cette unité avec une épaisseur qui peut atteindre 50m. Cette unité formée essentiellement de dolomies (d'où vient le nom de dolomies de base). L'unité sommitale de la série de base (les siltites de la série de base) dominée par les siltés et des sables fins, cette unité affleure uniquement entre les boutonnières de Kerdous et d'Igherm.

Le membre de Tifnout mesure 200-1000 m d'épaisseur riche en stromatolites (signalés à partir du membre de Tifnout par Buggisch et al. (1978) et Buggisch et Heinitz (1984)). Ce membre peut être subdivisé en deux termes. Le terme inférieur est reconnu par des dolomies à microbialites qui s'alternent avec des dolomies massives. Ces faciès sont sous forme de bancs amalgamés, caractérisées par la dominance des stromatolites. Le terme supérieur formé par l'alternance de faciès carbonatés et silicoclastiques. Les faciès silicoclastiques s'expriment par des niveaux gréseux à lithage oblique et des rides de vagues symétriques et asymétriques.

b. Formation Série Lie-De-Vin :

Formation Lie-De-Vin : (Choubert, 1952) c'est une formation à dominance carbonatée et d'une épaisseur varie entre 25 et 950 m, elle est caractérisée par l'apparition des thrombolites. Les faciès carbonatés sont constitués de thrombolites, stromatolites et des dépôts silicoclastiques.

2.2. Group de tata :

Groupe fossilifère de Tata commence par les Calcaires supérieurs (la formation d'Igoudine), se poursuit par la série schisto-calcaire (contient les formations d'Amouslek et d'Issafène).

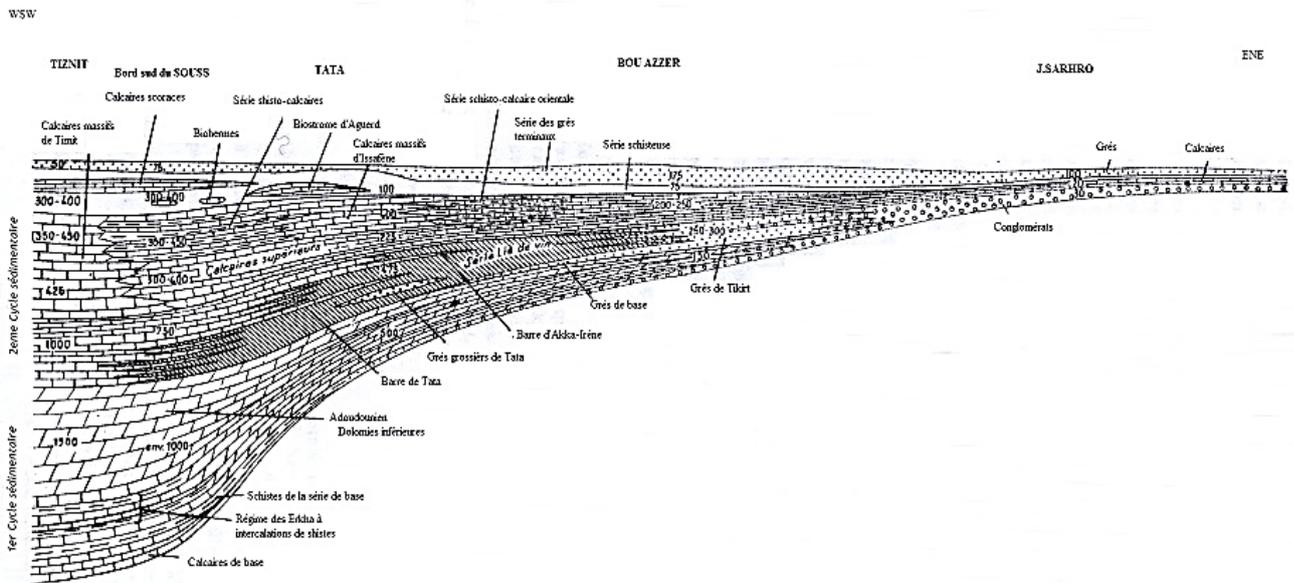


Figure2 : Les différentes formations du cambrien inférieur de l'Est vers l'Ouest (extrait de la note de G. Choubert, 1955, à la réunion de Nairobi de l'Association des services Géologique Africains ASGA, modifié).

Présence de différentes formations, indiquent un milieu probablement marin. Une transgression du Cambrien, devint effective par le dépôt des calcaires noirs « calcaires supérieurs », envahit l'Anti-Atlas occidental mais elle n'a pas atteint l'Anti-Atlas central qu'avec difficulté. L'évolution du Cambrien de la partie occidentale vers l'orientale est accompagnée d'un amincissement de l'épaisseur des couches avec présence de matériel détritiques continental venant de l'Est (ENE) et les transgressions marines, notamment les calcaires et les dolomies venant de l'Ouest (Figure 2).

a. Formation d'Igoudine

« calcaires supérieurs » (Choubert, 1952) connus sous le nom du membre de Tiout (Geyer et Landing, 1995). Cette formation est composée de trois catégories de faciès : les faciès récifaux correspondent à la masse édifiée par les bactéries et les Archéocyathes, de deux à quatre mètres d'épaisseur. Des faciès mixtes, rubanés caractérisée par l'alternance de niveaux carbonatés et argileux. Des faciès silicoclastiques correspondent à des paquets d'argiles noires à intercalations silteuses. Cette formation contient également de stromatolites et de thrombolites (Schmitt et Monninger, 1977; Schmitt, 1979), caractérisée par la présence des Archéocyathes (Sdzuy, 1978; Debrenne et Debrenne, 1995; Álvaro et al., 2006; Álvaro et Debrenne, 2010) et des trilobites (Hupé, 1953, 1960; Sdzuy, 1978, 1981).

b. Formation d'Amouslek et d'Issafène

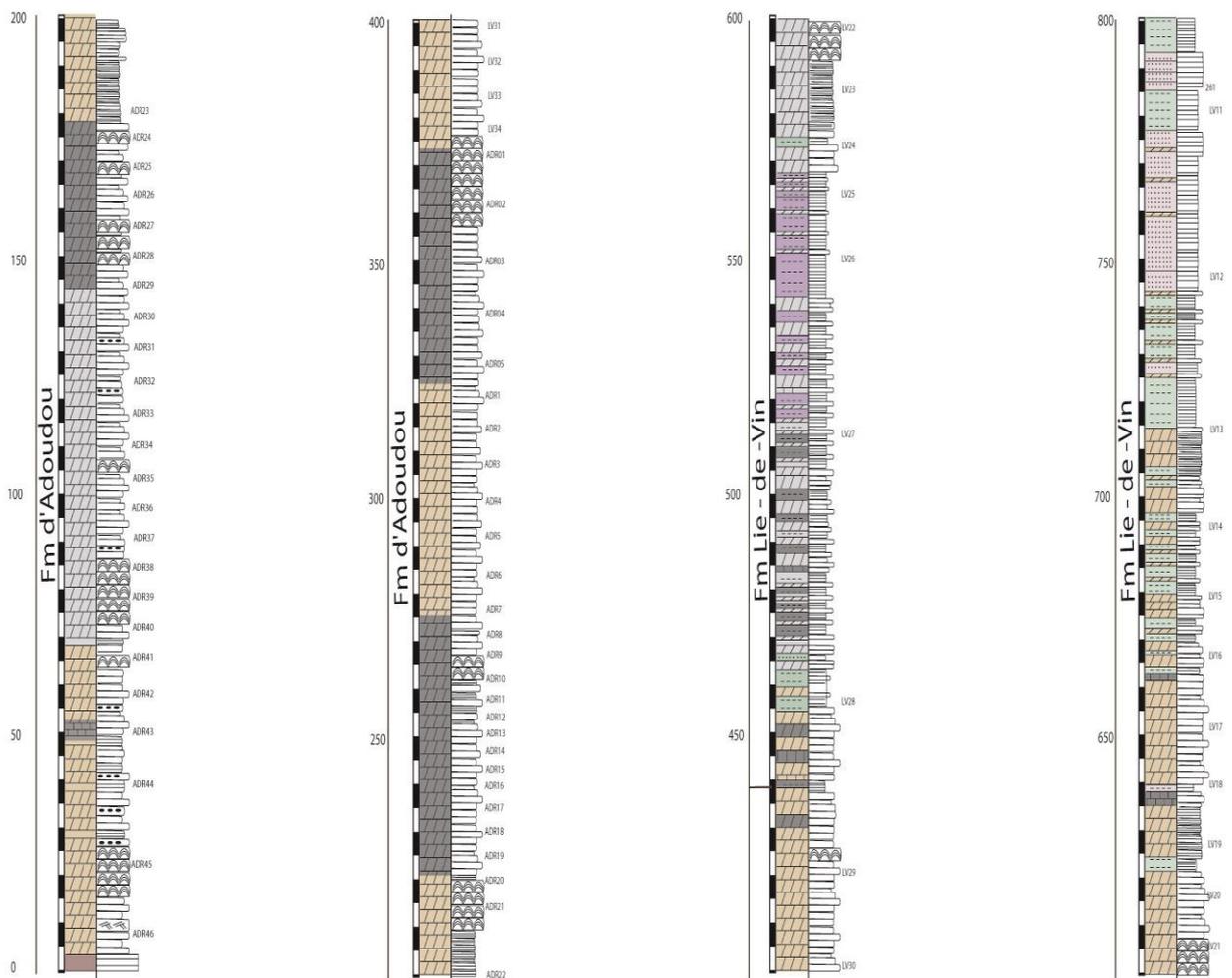
Formation d'Amouslek : (Geyer, 1989) caractérisée aussi par la présence de faciès récifaux (Álvaro et al. 2006; Álvaro et Debrenne, 2010), c'est une masse carbonatée construit par des bioherms lenticulaires et de biostromes sous forme de bancs. L'épaisseur de la formation varie entre 40 et 220 m.

Formation d'Issafène : (Siegert, 1986) La faune supplémentaire comprend Brachiopodes, hyolithes, chancellorites, archéocathies (Debrenne Et Debrenne, 1995), trilobites (Geyer et Landing, 1995). Généralisation de la sédimentation carbonatée calcaire (calcaire scoriacée) et dolomie.

3. Evolution géodynamique :

La déformation du socle précambrien est liée à l'orogénèse panafricaine –éburnéenne-(Choubert, 1962) reconnue dans l'Anti-Atlas. Ce dernier est caractérisé par une couverture d'âge paléozoïque, de relief plat et des formations tabulaires modérément déformées par une faible intensité de l'orogénèse hercynienne, qui affecte la partie sud de l'Anti-atlas.

II. La succession stratigraphique étudiée



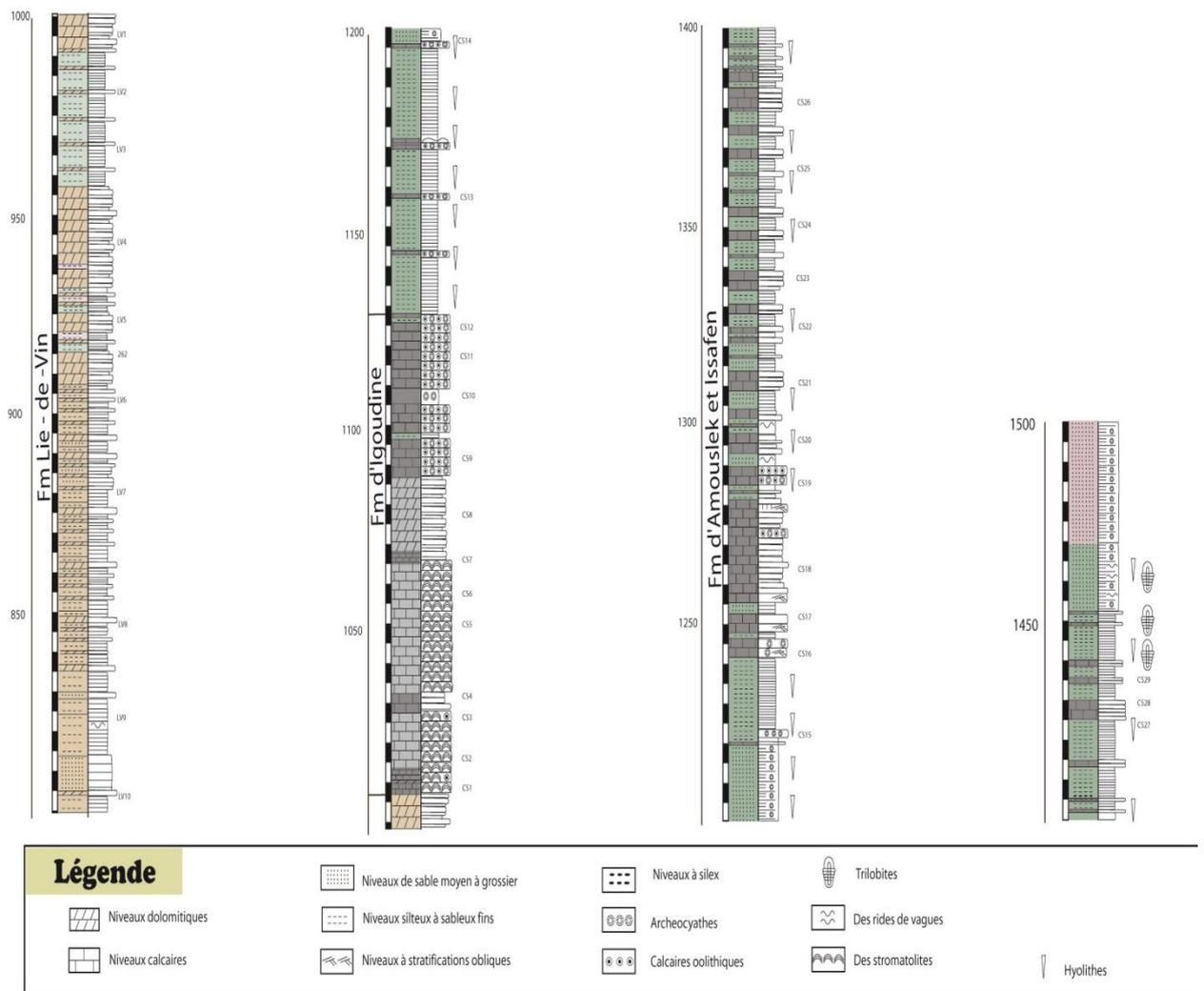


Figure 3: La succession stratigraphique du Groupe de Taroudante et de Tata qui forment le Cambrien inférieur de l’Anti-Atlas occidental.

Faciès sédimentaires et environnement de dépôt :

La formation d’Adoudou :

La formation d’Adoudou est bien développée dans la zone d’étude, avec 450 m de dépôt carbonatés monotones, dominée par les dolomies avec des intercalations de niveaux calcaires, l’importance de ces intercalations augmente vers la partie supérieure de cette formation. La formation d’Adoudou montre une alternance de plages sombres et des plages claires ; les niveaux sombres formés de carbonates massifs plus ou moins riches en calcite, et les niveaux claires riches en stromatolithes, on peut distinguer notamment deux formes ; on trouve des stromatolithes stratiformes et des stromatolithes en dômes de type *Collenia*. Ces dernières sont plus abondantes et sont souvent partiellement silicifiées.

Les zones à stromatolithes montrent parfois des concrétions de silex, avec une forme généralement allongée dont la longueur varie entre 2cm et 15 cm (voir Fig 4), et d’autre niveaux s’organisent en

strates discontinues, les strates à stromatolithes sont fréquemment affectés par des slumps, des microfailles synsédimentaires. Les moitiés supérieures de cette formation montrent un niveau de siltite rougeâtre à la base, on peut noter aussi l'apparition des niveaux avec des structures dendritiques qui peuvent avoir une origine microbiale. Des niveaux évaporitiques sont également identifiés par Bensaou (2003) en association avec des faciès stromatolitiques dans cette partie.

Les faciès à stromatolithes se développent sous un climat chaud et humide dans le domaine intertidal, les niveaux siliceux peuvent être expliqués par des arrivées intenses des eaux douces riches en silice, les niveaux évaporitiques se traduit d'une précipitation chimique dans les Sebkhass côtiers sous un climat chaud.

La série « Lie-De-Vin » :

Le cycle sédimentaire adoudounien prend fin avec la régression de « la Série Lie-De-Vin » nommé aussi la formation de Taliwine. Cette régression s'exprime par la mise en place des faciès purement continentaux. Vers le village d'Ait Abdellah cette unité est formée de 450 m de dépôts. La base de cette formation marquée par des dépôts silteux à sableux fins de couleur rouge violacée, et d'autre faciès montre une couleur vert olive avec des intercalations dolomitiques et calcaires, l'importance de cette dernière augmente dans la partie sommitale de la série. Les faciès silicoclastique de cette série montre des fentes de dessiccation, qui témoigne l'émission épisodique de milieu de sédimentation, des rides de vague (Fig.4), on peut observer localement la présence des grès grossier riche en silices, de feldspaths et on oxyde de fer.

« La Série Lie-De-Vin » comporte plusieurs niveaux avec des structures dendritiques d'origine microbiale et de rares niveaux réduits à stromatolithes.

Pendant tout le dépôt de cette formation on observe en générale deux influences contraires qui s'opposent ; l'arrivée de matériel détritique continental d'origine fluviale et des dépôts carbonatés transgressifs, mais le milieu de dépôt reste toujours marin.



Figure 4 : A,B Un facies de sables fins à Archæocyathes qui coiffe la série du Cambrien inférieur dans le synclinale d’Azrar .C, des rides de vague. D, des nodules de silex. E, des stromatolithes en dôme, de type collonia. F, des stratifications obliques

La Formation d’Igoudine :

La formation d’Igoudine « calcaires supérieures » est organisée en deux grandes barres de calcaire récifale. Ce niveau est caractérisé par l’apparition des premières radiations d’une faune pluricellulaires formée essentiellement d’archæocyathes de petite taille et de forme diverse. Les roches récoltées de cet endroit montre une richesse en oolithes de forme généralement allongée.

Les oolithes se forment dans un milieu marin peu profond mais agité, leur association avec des archaeocyathes et de rares niveaux à stromatolithes, caractérise une mise en place dans un domaine tidal.

Les formations d'Amouslek et d'Issafen

Les formations d'Amouslek et d'Issafen forment le reste de la série du Cambrien inférieur dans la zone d'étude. Le passage entre ces deux formations qui forment « la série schisto-calcaire » n'est pas identifié dans cette zone, comme son nom l'indique cette unité se caractérise par des alternances de niveaux silteux et de sables fins carbonatés et des intercalations de calcaire oolithique riche archaeocyathes, de rares bioturbation et montrant parfois des stratifications obliques, des rides de vagues.

La série schisto-calcaire contiennent une faune à trilobite des hyolithes et les archaeocyathes qui prédominent dans toute la série et forment une barre de 45m vers la partie sommitale.

CHAPITRE II :
METHODOLOGIE DE L'ETUDE

I. Échantillonnage et préparation :

La préparation des échantillons nécessite, après un prélèvement représentatif, un concassage des roches, un broyage, puis on finit par un tamisage pour produire des poudres prêtes pour l'analyse. Les poudres produites sont emballées dans des petits sachets de plastique. Sur chaque sachet d'échantillon est marqué, le point GPS et le numéro d'échantillon.

On divise les échantillons de poudre en deux dans d'autres sachets, contenant le même numéro et le point GPS, un pour les analyses et autre qui représentera l'échantillon témoin.

Les formations	Nombre d'échantillons	Les codes utilisés
Fm d'Adoudou	50	[ADAR1-ADAR28] ;[ADAR30-ADAR38];[ADAR40-ADAR47] ;[ADAR01-ADAR05]
Fm Série Lie-De-Vin	32	[LV1-LV28] ; [LV30 –LV33]
Fm d'Igoudine	29	[Cs1- Cs29]
Fm d'Amouslek et Issafene		

Tableau 1 : tableau présente le nombre des échantillons prélevés de chaque formation

II. Techniques de mesure des carbonates :

1. La mesure du taux des carbonates total :

1.1. Techniques de la calcimétrie :

a. Principe :

On utilise la propriété du carbonate à se décomposer sous l'action d'un acide en H₂O et CO₂. Le volume de CO₂ dégagé est mesuré dans un tube gradué, par la variation de niveau d'une colonne d'eau. La réaction est la suivante :



Ensuite, on a 100g de CO₃ qui donne 22,4l de CO₂ à pression normale et 0°C. On déduit que 100 ml de CO₂ sont fournis par 0,45 g de CO₃, ce qui permet de calculer toutes les teneurs en CO₃ par rapport au volume de gaz.

Pour cette raison on utilise cette formule: **%de carbonate** = $m(\text{CO}_3) * 100 / \text{masse}$

masse : masse de l'échantillon 0,25g.

$$m(\text{CO}_3) = Vm - 100 / 22400.$$

V_m : le volume moyen (V1-V2).

22400 : le volume de CO₂ donné par 100g de CO₃ en ml.

b. Mode opératoire :

Matériel :-Un Calcimètre de Bernard rempli d'eau salée.

- Un Erlenmeyer.
- Un petit tube environ deux fois moins haut que l'erenmeyer.
- Hcl concentré 25%.
- Echantillons.
- Une balance analytique.
- Une pince.

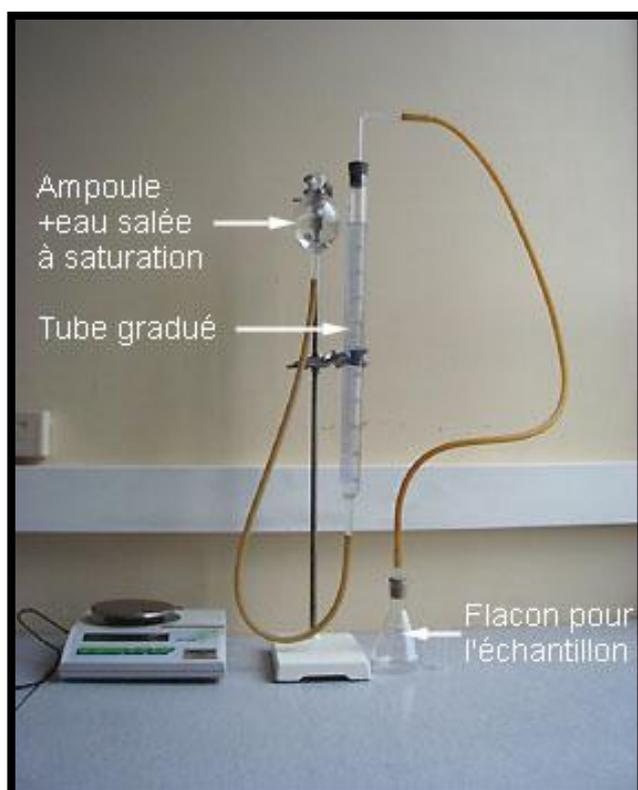


Figure 4 : Calcimétrie de Bernard

Procédure :

- Tarer la balance puis peser 0,25g d'échantillon et noter la masse m.

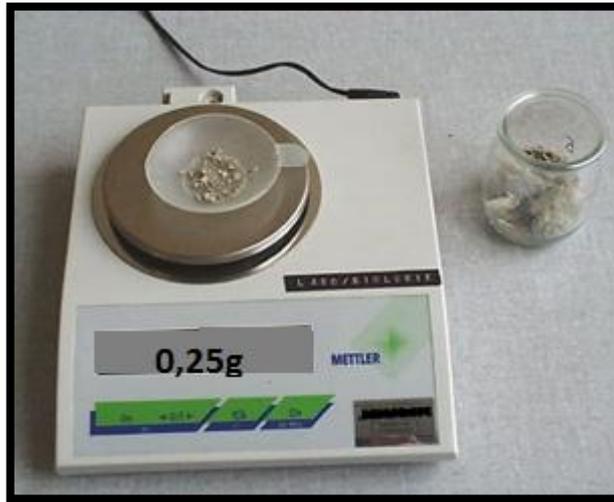


Figure 5 : Échantillon pesé par la balance analytique

- Remplir le tube à l'aide d'une pipette par l'HCl.
- Rincer l'Erlenmeyer par l'eau distillée.
- Induire l'échantillon pesé dans l'Erlenmeyer.
- Insérer le tube à l'aide d'une pince.
- Faire très attention à ne pas faire couler d'HCl sur l'échantillon.

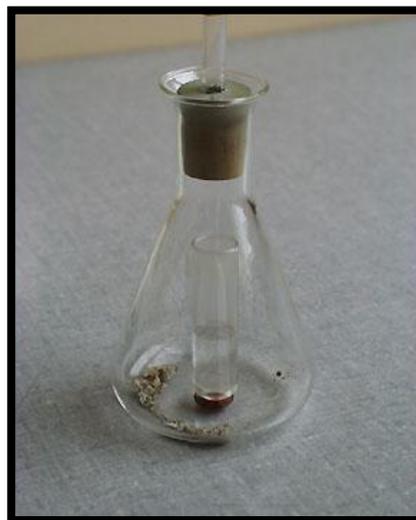


Figure 6 : Erlenmeyer contenant le tube d'HCL et l'échantillon

- Fermer l'erlenmeyer en le raccordant au tuyau souple du calcimétrie.
- Ajuster le niveau d'eau dans l'ampoule et dans le tube gradué

-lire et noter le volume V_1 .

- Verser lentement l'HCl sur l'échantillon.

-Ajuster le niveau d'eau dans l'ampoule et dans le tube gradué

-Lire et noter le volume V_2 .

Remarque: pour trouver le pourcentage de carbonates total , il faut attendre jusqu'à la fin de la réaction (V_2 reste constant).

2. La mesure du taux de la calcite :

2.1.La technique de la calcimétrie :

a. Principe :

La calcimétrie a toujours le même principe, mais la calcite réagit rapidement avec l'acide chlorhydrique donc la variance de volume d'eau aussi doit être rapide.

b. Mode opératoire :

On utilise le même matériel et même procédure, sauf que pour la calcite l' HCl doit être moins concentré 5%, et il faut noter le V_2 qui correspondant une chute de volume de l'eau. Car la calcite réagit plus rapidement avec l'HCl que la dolomie.

III. La Technique de mesure de la matière organique

1. Le taux de la matière organique :

1.1.La technique de perte au feu (PAF) :

a. Principe :

Cette méthode est utilisée pour calculer la teneur en matière organique. On place les échantillons pendant 16 heures dans un four. La perte de poids nous donne le pourcentage de la matière organique, selon cette formule :

$$\% \text{de la matière organique} = ((P_1 - P_2) / P_1) * 100$$

P_1 : Le poids d'échantillon après une température 105°C

P_2 : Le poids d'échantillon après une température 550°C

b. Mode opératoire :

Matériels : -Echantillons

-Four

- Creusets
- Balance analytique

Procédure :

- Trier les creusets d'après leur numéro



Figure 7 : Creusets numérotés

- Sécher les creusets pendant 1h dans le four à 550°C
- Peser les creusets vides, Mettre 15 g d'échantillons dans les creusets.



Figure 8 : Echantillons préparés

-Mettre les creusets dans le four à 105°, durant une nuit pour éliminer l'eau contenu dans les échantillons.

-Peser les échantillons secs on note P_1 .

-Mettre les creusets pendant 4 heures dans le four à 550 degrés.

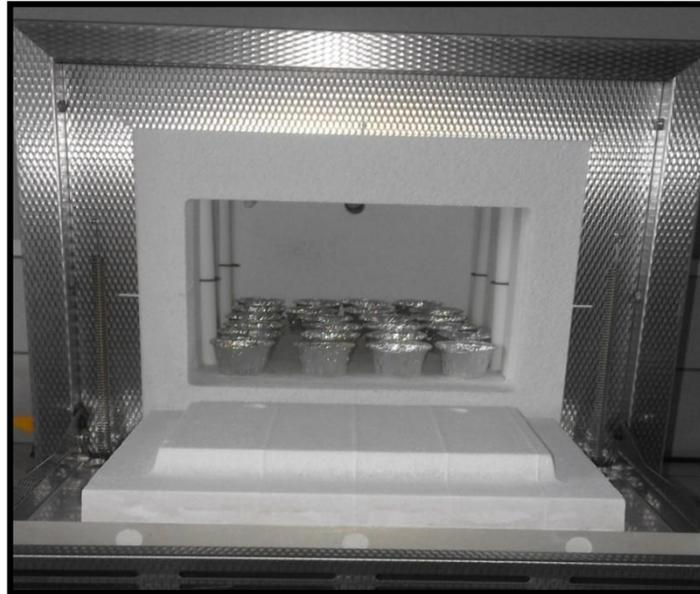


Figure 9 : Echantillons placés dans le four

-Peser les creusets avec les échantillons secs après 550 °C, et note P_2 .

CHAPITRE III :
ANALYSE DES RESULTATS ET DISCUSSION

III. Présentation et description :

1. localisation des échantillons

log au-dessous présente la succession des faciès lithologiques de la zone d'étude. Indiquant précisément la provenance de chaque échantillon analysé, chacun portant un code :

- ✓ La formation de l'Adoudou : ADAR47-...- ADAR1/ ADAR05-...- ADAR01.
- ✓ La formation Série Lie-De-Vin : LV33-.....- LV1
- ✓ Les formations d'Igoudine, Amouslek et Issafène (Calcaires supérieurs) : Cs1-...- Cs29.

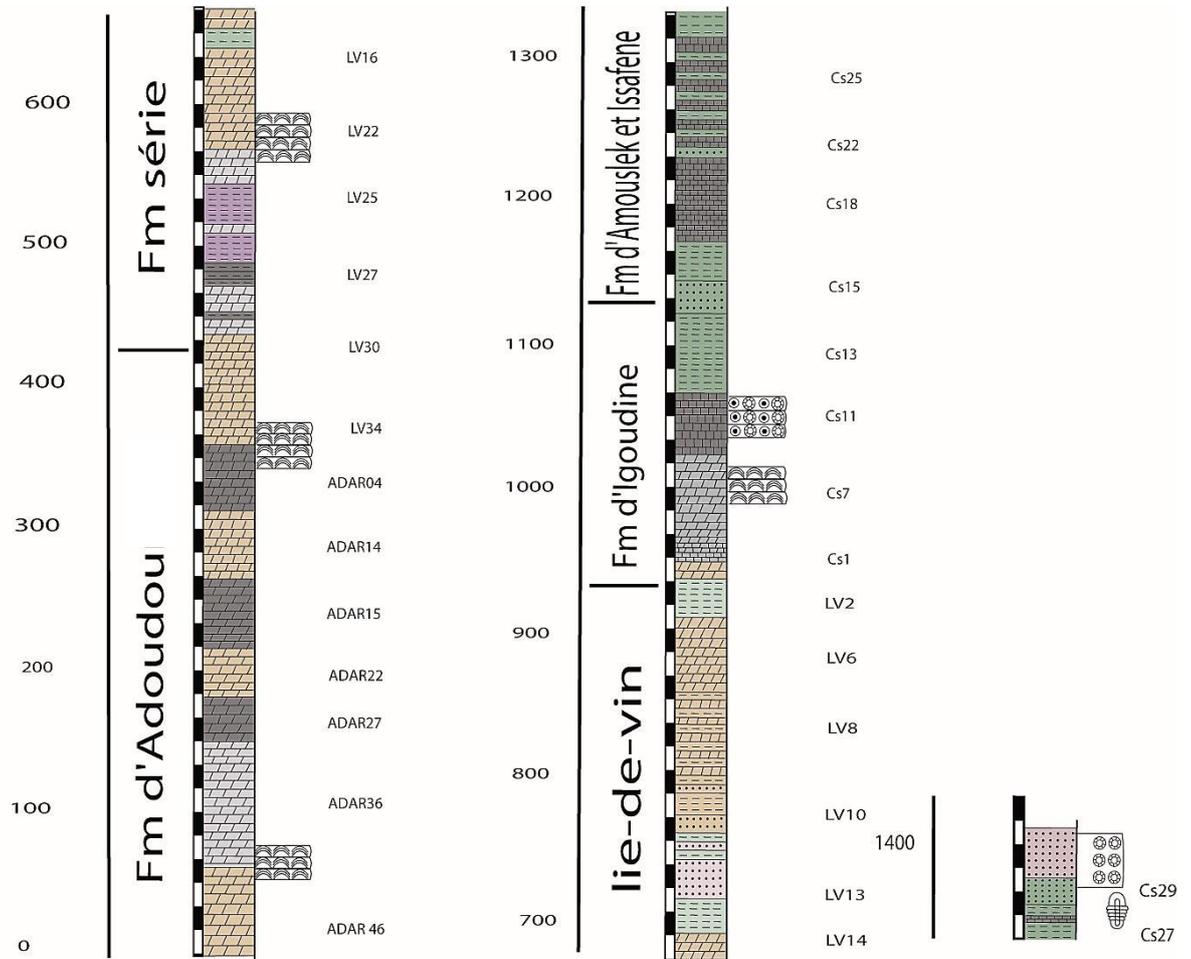


Figure 11 : Log stratigraphique de la zone d'étude

2. Description des résultats :

2.1. La calcimétrie :

a. Le taux des carbonates total :

Tableau (voir Annexe I)

Diagramme :

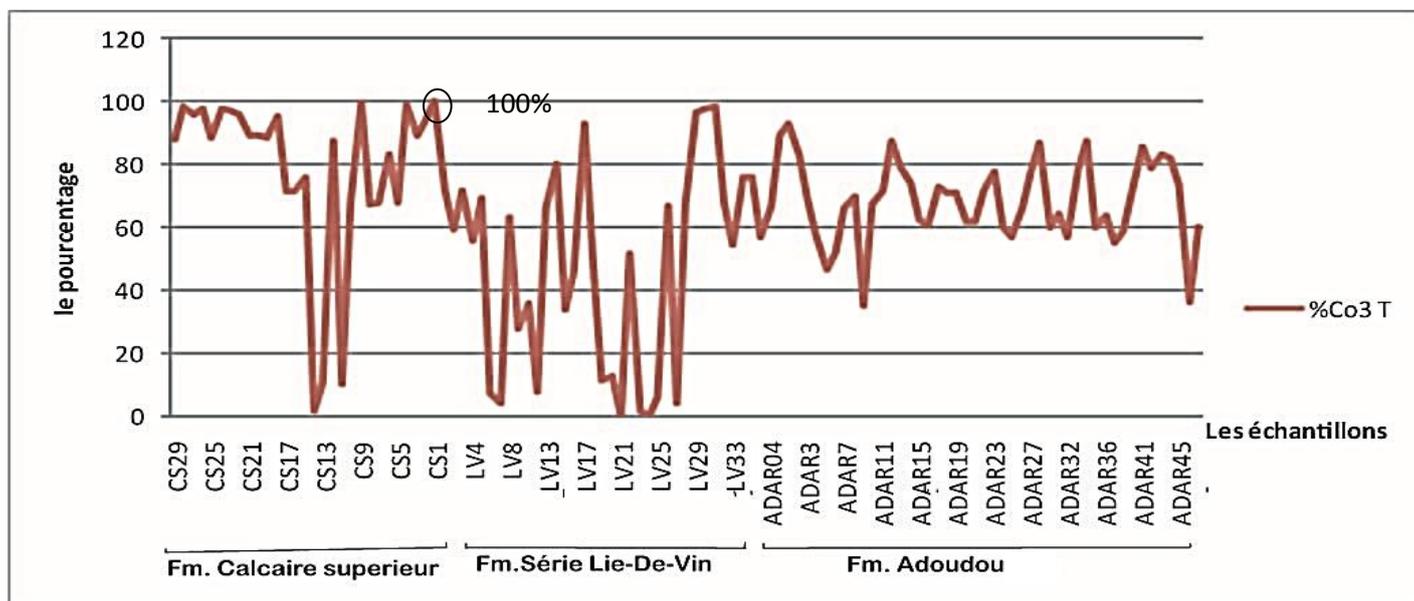


Diagramme de variation des carbonates total

L'analyse du taux des carbonates pour 113 échantillons étudiés varie entre une valeur maximale de 100% et une valeur minimale de 0%.

Les changements des teneurs de la formation d'Adoudou, présentent des variations entre 35% et 92%. Concernant les échantillons LV, en provenance majoritairement de la formation lie-de-vin, le pourcentage des carbonates peut atteindre 98% comme une valeur maximale. Les échantillons de la formation du Calcaires supérieurs (Cs) présentent en totalité les valeurs les plus élevées des carbonates à l'exception de certains échantillons qui montrent de très faibles valeurs qui peuvent atteindre 1%.

b. Le taux de la calcite :

Tableau (voir Annexe II)

Diagramme :

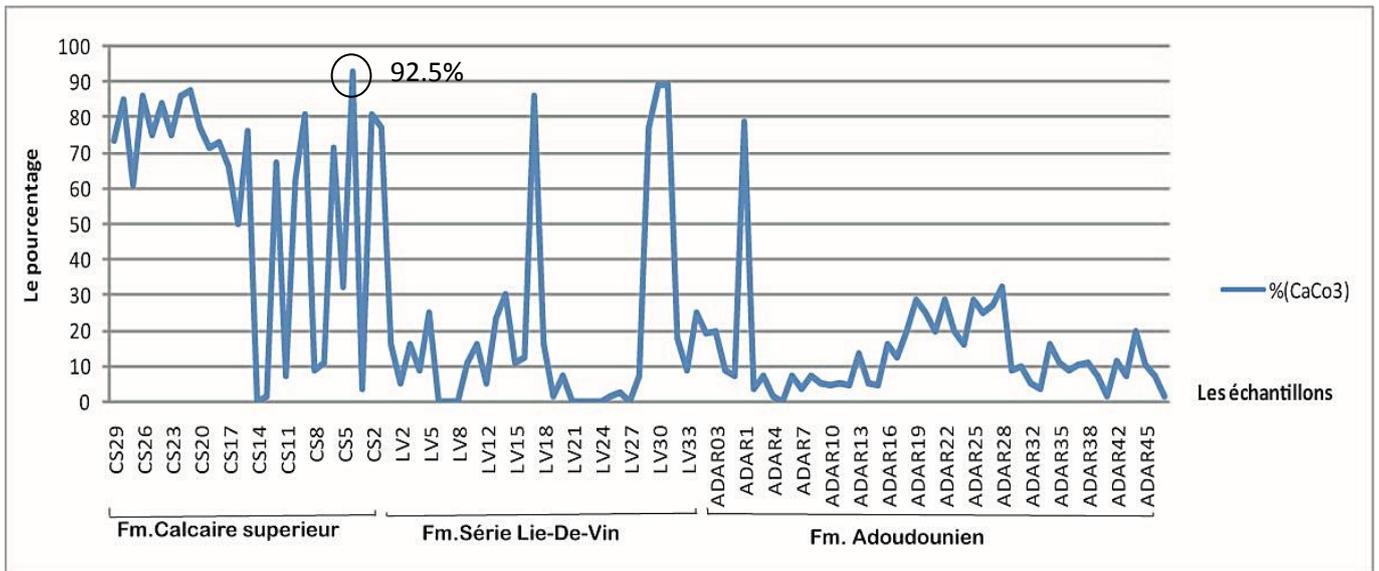


Diagramme de pourcentage de la calcite

Le pourcentage de la calcite varie dans une marge de 0% jusqu'aux 92%.

La formation d'Adoudou présente les valeurs les plus faibles de la calcite (de 0% à 32%).

Un seul échantillon marque une valeur de 78% pour cette formation.

On note une grande variation des valeurs pour les deux formations du Calcaires supérieurs et de la Série Lie-De-Vin. Celles-ci fluctuent entre une valeur minimale de 0% et une valeur maximale de 92% pour le calcaire supérieur. Pour la série-lie-de-vin entre 0% et 88%.

2.2. La perte en feu :

a. Le pourcentage de la matière organique:

Tableau (voir Annexe III)

Diagramme :

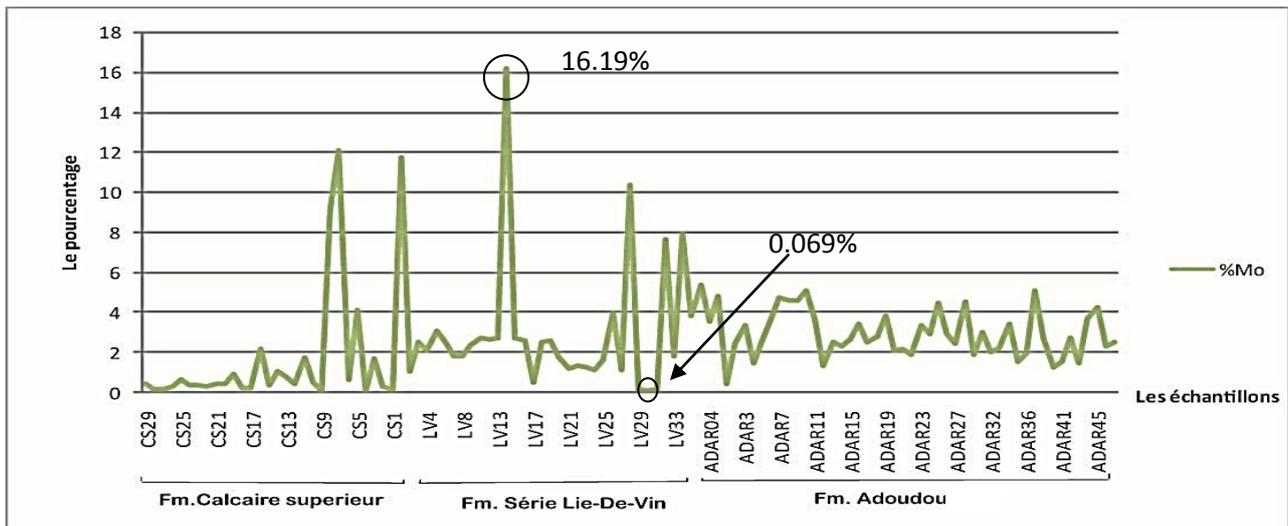


Diagramme de variation de la matière organique

En général, la plupart des échantillons présentent des valeurs faibles pour le taux de la matière organique, variant entre 0% à 16%.

La formation du Calcaires supérieurs indique une grande diminution de la matière organique (de 0% à un maximum de 2%), à l'exception d'un pic au Cs10.

Concernant la formation de la série Lie-De-Vin, elle montre plusieurs pics, dont la valeur maximale correspond à 16%.

Les échantillons ADAR de la formation d'Adoudou présentent des valeurs de la matière organique comprises entre le 0% et 7%. Il s'agit d'un intervalle où la variation est de faible intensité.

3. Rapprochement des résultats :

Diagramme :

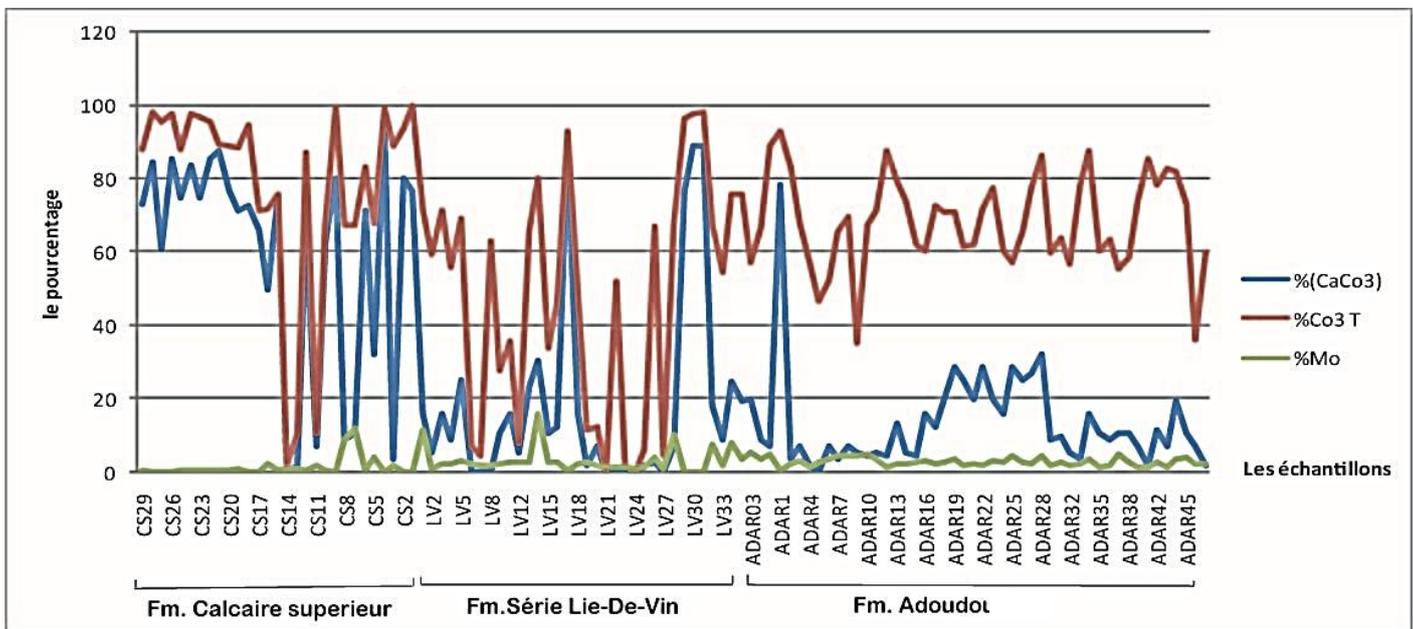


Diagramme de variation de carbonates, la calcite et la matière organique

Majoritairement on constate que les valeurs obtenues pour le taux de carbonates et celles de la calcite sont corrélables, à l'exception de certains échantillons Cs22 et ADAR47 qui présente une corrélation négative.

Les échantillons en question ont été de nouveau traités pour vérifier que cette corrélation négative ne résulte pas d'une erreur de manipulation, les résultats obtenus sont toujours les mêmes.

Pour les teneurs de la calcite de la formation d'Adoudou, présentent des valeurs faibles par rapport à celles de la dolomite, ceci étant illustré par l'intervalle entre la courbe de calcite et la courbe de carbonates.

« LaSérie Lie-De-Vin » montre des taux de calcite et de dolomite variables selon la nature lithologique de chaque échantillon étudié.

Généralement on observe un intervalle court entre la courbe de carbonates et celle de la calcite pour la formation du Calcaires supérieurs. Ce qui indique la forte présence du carbonate de calcium dans cette formation.

La matière organique varie d'une manière aléatoire dans ces trois formations. Elle présente des pics dans des zones différentes. Cette variation peut être influencée par les conditions de dépôt de chaque échantillon.

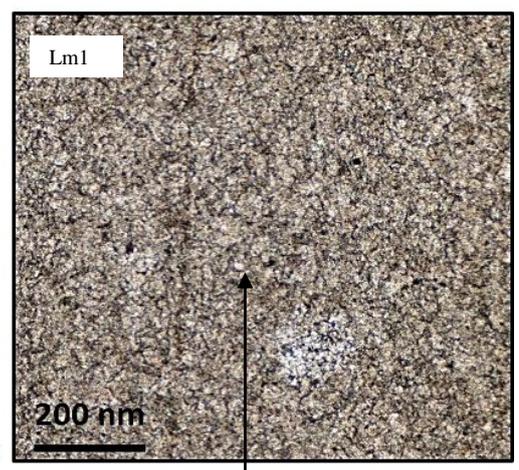
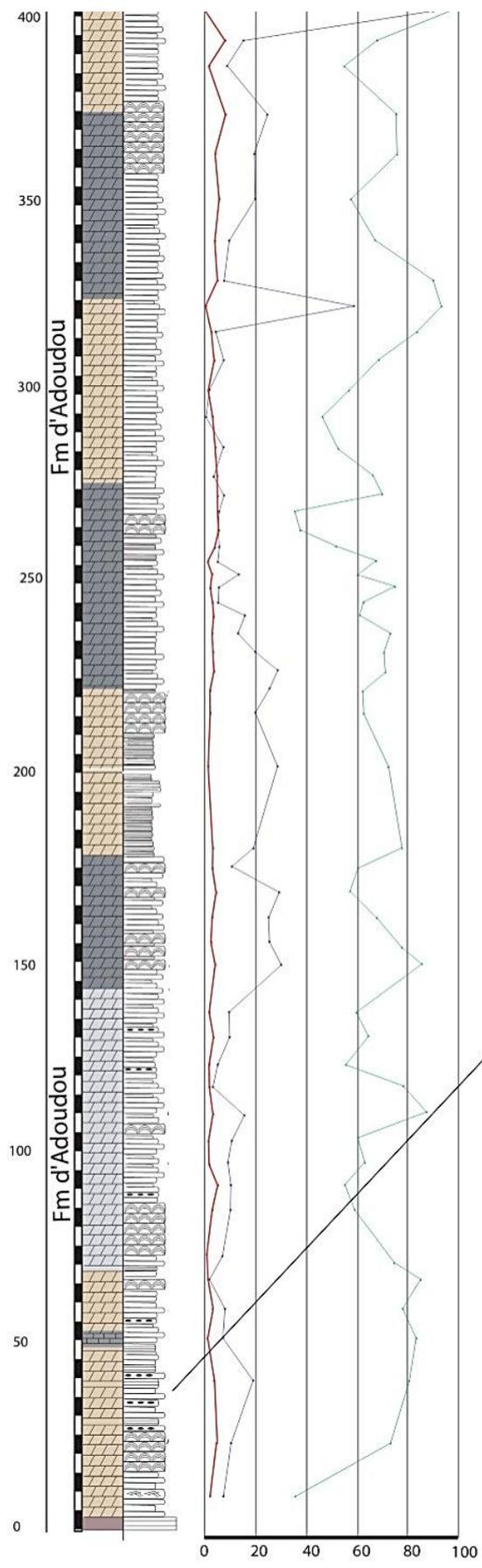
III. Interprétation des résultats et discussion

Afin de vérifier les résultats obtenus de l'application des techniques de mesure du taux de carbonates et le taux de la matière organique, une série de lames minces a été préparée dans le laboratoire des lames minces. Les microfaciès provenant de différentes unités ont été analysés et photographiés par un microscope polariseur.

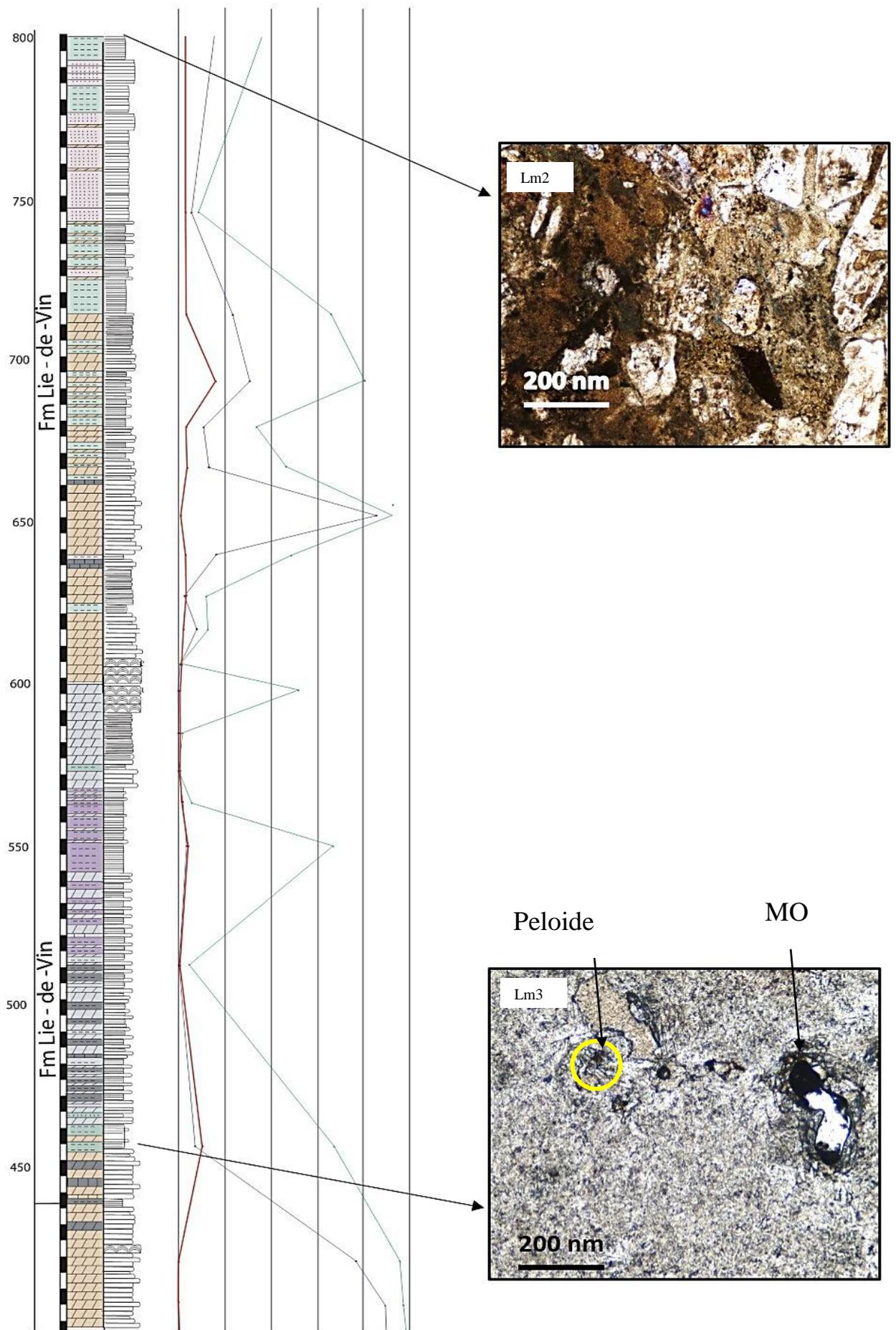
Les microfaciès de la formation d'Adoudou sont généralement formés de dolosparite avec des cristaux de dolomites xénomorphes bien cristallisés, et qui couvrent presque la totalité de la lame, les contacts entre les éléments figurés sont tracés par les oxydes de fer et par la matière organique (**Fig12 ;Lm1**) qui peut se trouver sous forme de petites granules dans les roches qui montrent des valeurs importantes de la matière organique, ces remarques peuvent expliquer la richesse en dolomite de cette unité et sa déficience en calcite.

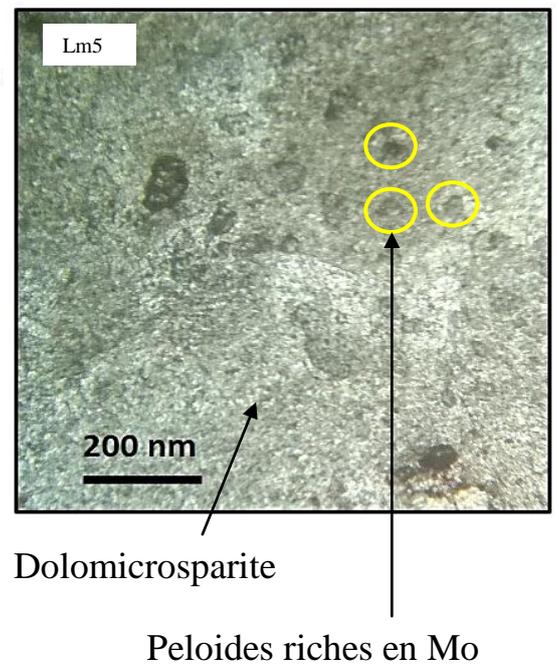
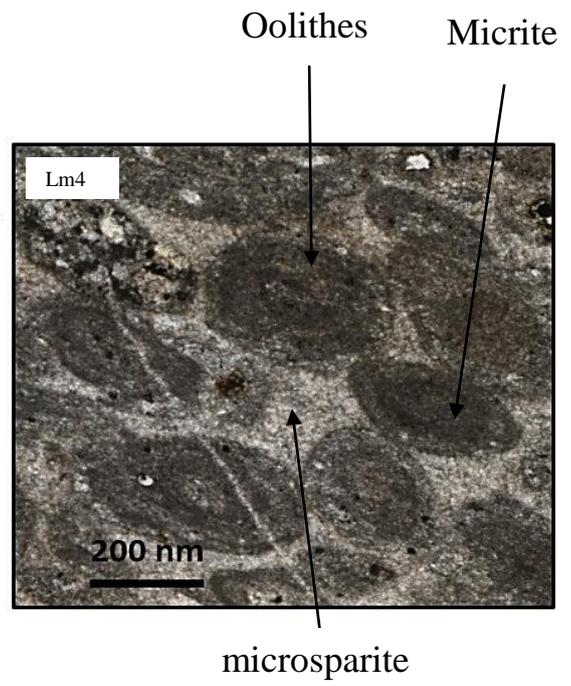
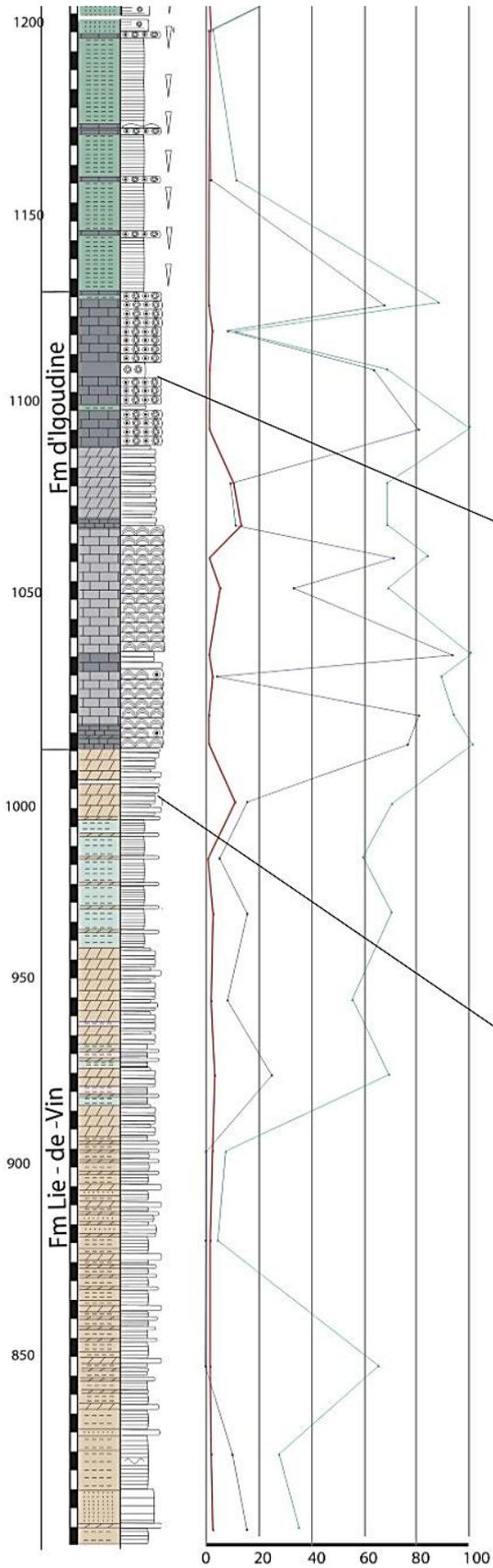
La Série Lie-De-Vin est formée aussi de dépôts dolomitiques avec des intercalations de niveaux calcaires ce qui explique les pics de calcite de grande amplitude. Les microfaciès de cette unité montrent des peloides (**Fig12 ;Lm3**) de petite taille riche en matière organique, qui peuvent s'organiser sous forme de feuillets qui entourent cette dernière. Ces éléments sont reliés par un ciment dolomicrosparitique, la partie médiane de cette série montre des éléments grossiers sous forme de Feldspath, Quartz avec des oxydes de fer, reliés par un ciment micritique.

L'amplitude des pics de la calcite augmente parallèlement à la formation d'Igoudine et la série schisto-calcaire. Les microfaciès de cette série montrent des oolithes de différentes tailles avec des laminations corticales micritiques, reliés par un ciment micrisparitique (**Fig12 ;Lm4**). On trouve parfois des oolithes plus ou moins altérés, avec des cristaux de dolomite automorphes à subautomorphes (**Fig12 ;Lm7**).



Dolosparite Xénomorphe





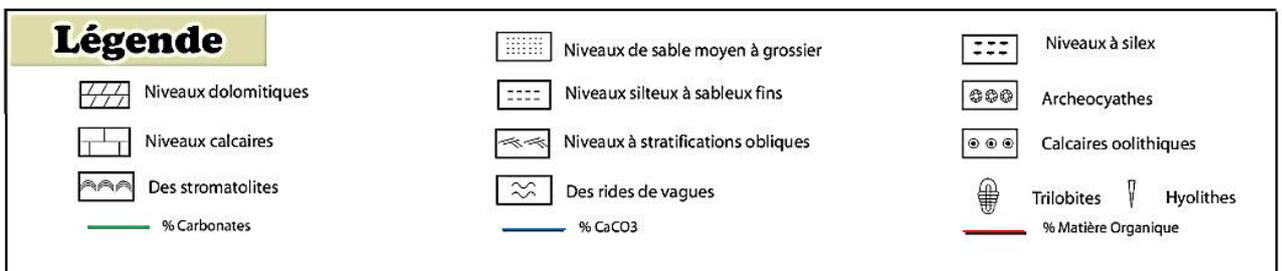
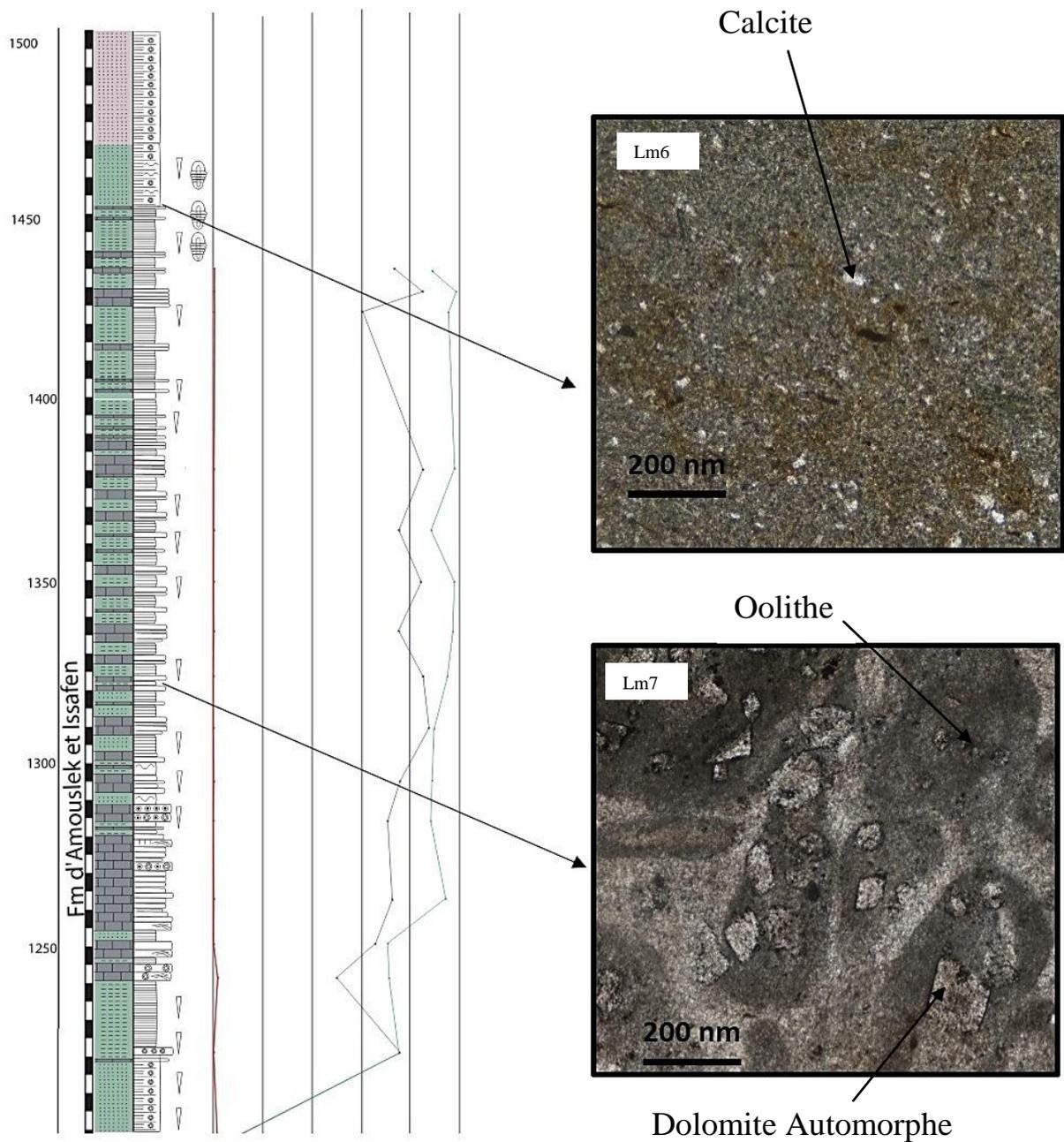
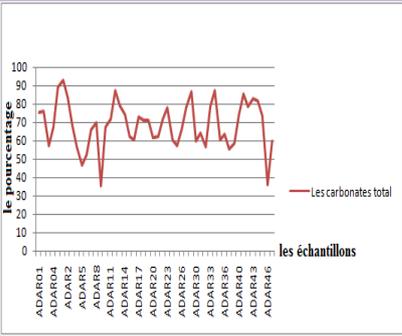
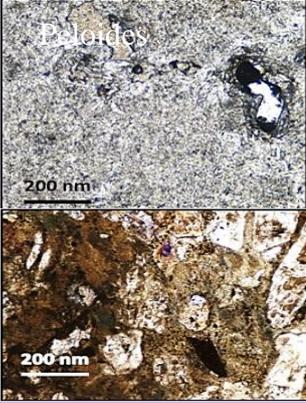
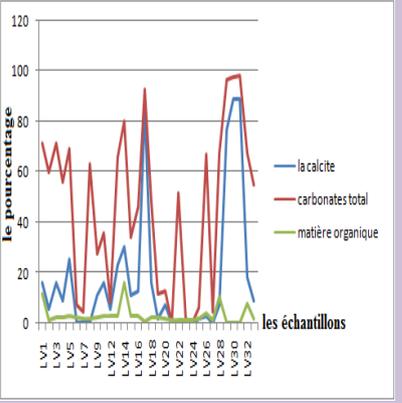
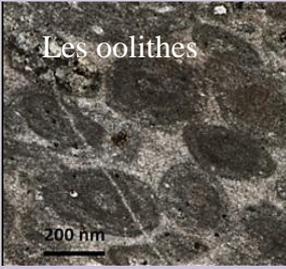
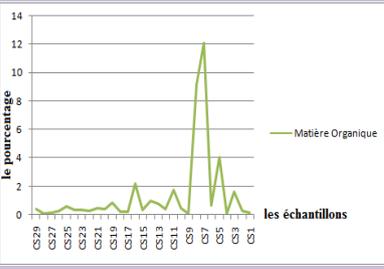
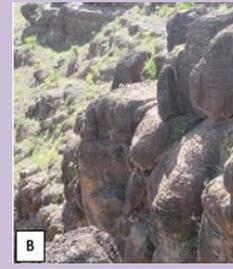
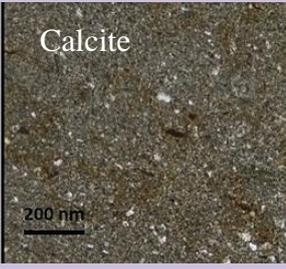
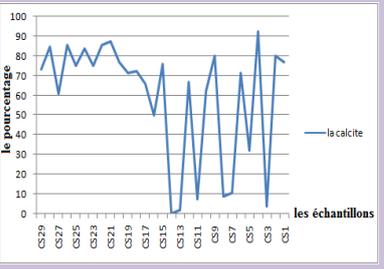


Figure12: Les lames minces étudiées

Conclusion

Le tableau suivant résume les différents faciès déjà observés dans les formations étudiées, les microfaciès des lames minces et les études minéralogiques faites. Pour déduire à la fin les caractérisations des milieux de dépôt de chaque formation :

FORMATION	MACROFACIÈS	MICROFACIÈS	ETUDE MINÉRALOGIQUE	INTERPRÉTATION
Formation Adoudou				Dépôts carbonatés monotones, dominés par les dolomies avec des intercalations calcaires – présence de faciès stromatholitiques -> Climat chaud et humide dans le domaine intertidal
Formation Série Lie-De-Vin				Formation à dominance carbonatée caractérisée par l'apparition des thrombolites. Les faciès silicoclastiques de cette série montre des rides de vagues -> Phénomène de Régression

<p>Formation d'Igoudine « calcaires supérieurs »</p>		<p>Les oolites</p> 		<p>3 catégories de faciès : 1.faciès récifaux ; 2. faciès mixtes, alternant niveaux carbonatés et argileux ; 3.faciès silicoclastiques</p> <p>Une richesse en oolites -> milieu marin peu profond, agité.</p>
<p>Formation d'Amouslek et d'Issafène</p>		<p>Calcite</p> 		<p>Faciès récifaux : généralisation de la sédimentation carbonatée</p> <p>Série schisto-calcaire contenant une faune à trilobite et des archaeocyathes</p>

Les différents faciès observés varient au fur et à mesure du changement du niveau marin. L'Infracambrien prend sa fin avec une régression, elle est caractérisée par des dépôts silicoclastiques de la formation Série Lie-De-Vin. La formation d'Igoudine d'âge Cambrien Inférieur est caractérisée par la mise en place de calcaires oolithiques, suivie par une série schisto-calcaire contenant une faune à trilobites.

Références

- Álvaro, J.J., Debrenne, F., 2010. The Great Atlasian Reef Complex: an early Cambrian subtropical fringing belt that bordered West Gondwana. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 294, 120–132.
- Álvaro, J.J., Clausen, S., 2006. Microbial crusts as indicators of stratigraphic diastems in the Cambrian Micmacca Breccia, Moroccan Atlas. *Sediment. Geol.* 185, 255–265.
- Benssaou, M., Hamoumi, N., 2001. L'Anti-Atlas occidental du Maroc: étude sédimentologique et reconstitutions paléogéographiques au Cambrien inférieur. *J. Afr. Earth Sci.* 32, 351–372.
- Benssaou, M., Hamoumi, N., 2003. Le graben de l'Anti-Atlas occidental (Maroc) : contrôle tectonique de la paléogéographie et des séquences au Cambrien inférieur. *C. R. Geosci.* 335, 297–305.
- Benssaou, M., Hamoumi, N., 2004. Les microbialites de l'Anti-Atlas occidental (Maroc): marqueurs stratigraphiques et témoins des changements environnementaux au Cambrien inférieur. *C. R. Geosci.* 336, 109–116.
- Buggisch, W., Heinitz, W., 1984. Slumpfolds and other early deformations in the early Cambrian of the Western and Central Anti-Atlas (Morocco). *Geol. Rundsch.* 73, 809–818.
- Choubert, G., 1952. Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas. In: Choubert, G., Marçais, J. (Eds.), *Géologie du Maroc*. 19th Int. Geol. Congr., Alger 1952. Monogr. Rég. Sér. 3 (Maroc) 6, pp. 77–194.
- Choubert, G., Faure-Muret, A., 1970. Livret-guide de l'excursion Anti-Atlas occidental et central. *Not. Mém. Serv. Géol. Maroc.* 299, 1–259.
- Choubert, G., Faure-Muret, A., 1983. Anti-Atlas. In: Fabre, J. (Ed.), *Afrique de l'Ouest. Introduction géologique et termes stratigraphiques*. Pergamon, Oxford, pp. 80–95.
- Debrenne, F., Debrenne, M., 1995. Archaeocyaths of the Lower Cambrian of Morocco. *Beringeria. Spec. Iss.* 2, 121–145.
- Destombes, J., Hollard, H., Willefert, S., 1985. Lower Palaeozoic rocks of Morocco. In: Holland, C.H. (Ed.), *Lower Palaeozoic Rocks of the World. Lower Palaeozoic of North-Western and West Central Africa*, vol. 4. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 57–184.
- Gentil, L., 1912. *Le Maroc Physique*. Félix Alcan, Paris.
- Geyer, G., 1989. Late Precambrian to early Middle Cambrian lithostratigraphy of southern Morocco. *Beringeria* 1, 115–143.
- Geyer, G., 1990a. Proposal of formal lithostratigraphical units for the Terminal Proterozoic to early Middle Cambrian of southern Morocco. *Newsl. Stratigr.* 22, 87–109.

- Geyer, G., Landing, E. (Eds.) 1995. Morocco'95. The Lower–Middle Cambrian standard of Gondwana. *Beringeria*, Spec. Iss. 2, pp. 1–171.
- Geyer, G., Landing, E., 2006. Ediacaran-Cambrian depositional environments and stratigraphy of the western Atlas regions. Explanatory description and field excursion guide. *Beringeria*. Spec. Iss. 6, 1–120.
- Hupé, P., 1953. Contribution à l'étude du Cambrien inférieur et du Précambrien III de l'Anti-Atlas marocain. *Not. Mém. Serv. Géol. Maroc* 103, 1–402 de l'Anti-Atlas marocain. *Not. Mém. Serv. Géol. Maroc* 103, 1–402.
- Hupé, P., 1960. Sur le Cambrien inférieur du Maroc. Rep. In: 21st Int. Geol. Congr., Norden (1960) 8, pp. 75–85.
- Maloof, A.C., Schrag, D.P., Crowley, J.L., Bowring, S.A., 2005. An expanded record of Early Cambrian carbon cycling for the Anti-Atlas margin, Morocco. *Can. J. Earth Sci.* 42, 2195–2216.
- Schmitt, M., Monninger, W., 1977. Stromatolites and thrombolites in Precambrian/Cambrian boundary beds of the Anti-Atlas, Morocco: preliminary results. In: Flügel, E. (Ed.), *Fossil Algae*. Springer, Berlin, pp. 80–85.
- Schmitt, M., 1979. The section of Tiout (Precambrian/Cambrian boundary beds, Anti-Atlas, Morocco): Stromatolites and their biostratigraphy. *Arb. Paläont. Inst. Würzburg* 2, 1–188.
- Sdzuy, K., 1978. The Precambrian–Cambrian boundary beds in Morocco (Preliminary Report). *Geol. Mag.* 115, 83–94.
- Siebert, R., 1986. Die klastischen Serien an der Wende vom Unter zum Mittelkambrium im Anti-Atlas (Marokko). PhD, Erlangen Univ.

Annexe I

Nombre d'échantillon	Masse	V₁	V₂	V_m	M(CO₃)	%CO₃ Total
ADR1	0,25	19	71	52	0,232	92,857
ADR2	0,252	18	65	47	0,209	83,262
ADR3	0,252	19	57,5	38,5	0,171	68,204
ADR4	0,252	16	48	32	0,142	56,689
ADR5	0,253	17,5	44	26,5	0,118	46,760
ADR6	0,252	18	47,5	29,5	0,131	52,260
ADR7	0,251	18	55	37	0,165	65,808
ADR8	0,25	20	59	39	0,174	69,642
ADR9	0,252	20	40	20	0,089	35,430
ADR10	0,252	21	59	38	0,169	67,318
ADR11	0,25	22,5	62,5	40	0,178	71,428
ADR12	0,25	19	68	49	0,218	87,500
ADR13	0,253	24	69	45	0,200	79,404
ADR14	0,253	25,5	67,5	42	0,187	74,110
ADR15	0,251	25	60	35	0,156	62,250
ADR16	0,251	25	59	34	0,151	60,472
ADR17	0,252	25	66	41	0,183	72,633
ADR18	0,252	25	65	40	0,178	70,861
ADR19	0,251	25	65	40	0,178	71,143
ADR20	0,253	25	60	35	0,156	61,758
ADR21	0,252	26	61	35	0,156	62,003
ADR22	0,255	25	66	41	0,183	71,778
ADR23	0,253	26	70	44	0,196	77,639
ADR24	0,252	26	60	34	0,151	60,232
ADR25	0,25	26	58	32	0,142	57,142
ADR26	0,251	26	63	37	0,165	65,808
ADR27	0,253	26	70	44	0,196	77,639
ADR28	0,253	26	75	49	0,218	86,462
ADR30	0,253	26	60	34	0,151	59,994
ADR31	0,251	26	62	36	0,160	64,029
ADR32	0,251	26	58	32	0,142	56,915
ADR33	0,251	26	70	44	0,196	78,258
ADR34	0,25	26	75	49	0,218	87,500
ADR35	0,252	26	60	34	0,151	60,232
ADR36	0,25	27,5	63	35,5	0,158	63,392
ADR37	0,25	27	58	31	0,138	55,357
ADR38	0,251	17	50	33	0,147	58,693
ADR40	0,253	18	60	42	0,187	74,110
ADR41	0,251	19	67	48	0,214	85,372
ADR42	0,25	21	65	44	0,196	78,571
ADR43	0,25	21	67,5	46,5	0,207	83,035

ADR44	0,251	21	67	46	0,205	81,815
ADR45	0,25	20	61	41	0,183	73,214
ADR46	0,252	22,5	43	20,5	0,091	36,316
ADR47	0,253	17	51	34	0,151	59,994
ADR01	0,251	17,5	60	42,5	0,189	75,590
ADR02	0,25	17,5	60	42,5	0,189	75,892
ADR03	0,254	17,5	50	32,5	0,145	57,121
ADR04	0,25	17,5	55	37,5	0,167	66,964
ADR05	0,253	17,5	68	50,5	0,225	89,109
LV1	0,25	25	65	40	0,178	71,428
LV2	0,251	19	52,5	33,5	0,149	59,583
LV3	0,25	20	60	40	0,178	71,428
LV4	0,251	21	52,5	31,5	0,140	56,025
LV5	0,252	21	60	39	0,174	69,090
LV6	0,251	22	26	4	0,017	7,114
LV7	0,25	22,5	25	2,5	0,011	4,464
LV8	0,251	22,5	58	35,5	0,158	63,140
LV9	0,25	77,5	93	15,5	0,069	27,678
LV10	0,25	22,5	42,5	20	0,089	35,714
LV12	0,252	23	27,5	4,5	0,020	7,971
LV13	0,251	23	60	37	0,165	65,808
LV14	0,251	23	68	45	0,200	80,036
LV15	0,25	23	42	19	0,084	33,928
LV16	0,251	24	50	26	0,116	46,243
LV17	0,25	16	68	52	0,232	92,857
LV18	0,25	16	43	27	0,120	48,214
LV19	0,252	17,5	24	6,5	0,029	11,515
LV20	0,251	18	25	7	0,031	12,450
LV21	0,251	19	19	0	0	0
LV22	0,25	19	48	29	0,129	51,785
LV23	0,251	20	21	1	0,004	1,778
LV24	0,251	20	20	0	0	0
LV25	0,25	19	22,5	3,5	0,015	6,250
LV26	0,25	20	57,5	37,5	0,167	66,964
LV27	0,251	20	22,5	2,5	0,011	4,446
LV28	0,252	20	58	38	0,169	67,318
LV29	0,25	25	79	54	0,241	96,428
LV30	0,251	20	75	55	0,245	97,822
LV31	0,25	25	80	55	0,245	98,214
LV32	0,251	20	58	38	0,169	67,586
LV33	0,253	20	51	31	0,138	54,700
Cs1	0,25	20	76	56	0,250	100
Cs2	0,25	25	77,5	52,5	0,234	93,750
Cs3	0,251	20	70	50	0,223	88,929
Cs4	0,205	22,5	68	45,5	0,203	99,085

Cs5	0,253	22,5	61	38,5	0,171	67,934
Cs6	0,252	20	67	47	0,209	83,262
Cs7	0,251	20	58	38	0,169	67,586
Cs8	0,252	20	58	38	0,169	67,318
Cs9	0,251	25	81	56	0,250	99,601
Cs10	0,251	20	58	38	0,169	67,586
Cs11	0,253	21	27	6	0,026	10,587
Cs12	0,251	22	71	49	0,218	87,151
Cs13	0,252	20	26	6	0,026	10,629
Cs14	0,252	22	23	1	0,004	1,771
Cs15	0,25	22,5	65	42,5	0,189	75,892
Cs16	0,252	22,5	63	40,5	0,180	71,747
Cs17	0,253	22,5	63	40,5	0,180	71,463
Cs18	0,2	22,5	65	42,5	0,189	94,866
Cs19	0,252	22,5	72,5	50	0,223	88,577
Cs20	0,251	22,5	72,5	50	0,223	88,929
Cs21	0,25	22	72	50	0,223	89,285
Cs22	0,25	22,5	76	53,5	0,238	95,535
Cs23	0,253	22,5	77,5	55	0,245	97,049
Cs24	0,251	22,5	77,5	55	0,245	97,822
Cs25	0,253	22,5	72,5	50	0,223	88,226
Cs26	0,251	22,5	77,5	55	0,245	97,822
Cs27	0,25	22,5	76	53,5	0,238	95,535
Cs28	0,252	22,5	78	55,5	0,247	98,320
Cs29	0,251	22,5	72	49,5	0,220	88,040

Annexe II

Nombre d'échantillons	Masse	V ₁	V ₂	V _m	M(CaCo ₃)	%(CaCo ₃)
ADAR1	0,25	13	57	44	0,196	78,571
ADAR2	0,25	15	17	2	0,008	3,571
ADAR3	0,25	16	20	4	0,017	7,142
ADAR4	0,25	16	17	1	0,004	1,785
ADAR5	0,25	17,5	17,5	0	0	0
ADAR6	0,25	16	20	4	0,017	7,142
ADAR7	0,25	18	20	2	0,008	3,571
ADAR8	0,25	19	23	4	0,017	7,142
ADAR9	0,25	24	27	3	0,013	5,357
ADAR10	0,25	27,5	30	2,5	0,011	4,464
ADAR11	0,25	29	32	3	0,013	5,357
ADAR12	0,25	17,5	20	2,5	0,011	4,464
ADAR13	0,25	12,5	20	7,5	0,033	13,392
ADAR14	0,25	17	20	3	0,013	5,357
ADAR15	0,25	17,5	20	2,5	0,011	4,464
ADAR16	0,25	11	20	9	0,040	16,071
ADAR17	0,25	11	18	7	0,031	12,5
ADAR18	0,25	11	22	11	0,049	19,642
ADAR19	0,25	11	27	16	0,071	28,571
ADAR20	0,25	11	25	14	0,062	25
ADAR21	0,25	11	22	11	0,049	19,642
ADAR22	0,25	11	27	16	0,071	28,571
ADAR23	0,25	11	22	11	0,049	19,642
ADAR24	0,25	11	20	9	0,040	16,071
ADAR25	0,25	11	27	16	0,071	28,571
ADAR26	0,25	11	25	14	0,062	25
ADAR27	0,25	11	26	15	0,066	26,785
ADAR28	0,25	11	29	18	0,080	32,142
ADAR29	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR30	0,25	11	20	9	0,040	16,071
ADAR31	0,25	11	25	14	0,062	25
ADAR32	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR33	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR34	0,25	11	21	10	0,044	17,857
ADAR35	0,25	11	16	5	0,022	8,928
ADAR36	0,25	11	17	6	0,026	10,714
ADAR37	0,25	11	22	11	0,049	19,642
ADAR38	0,25	11	15,5	4,5	0,020	8,035
ADAR40	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR41	0,25	11	20	9	0,040	16,071

ADAR42	0,25	11	30	19	0,084	33,928
ADAR43	0,25	11	22,5	11,5	0,051	20,535
ADAR44	0,25	11	25	14	0,062	25
ADAR45	0,25	11	27	16	0,071	28,571
ADAR46	0,25	22,5	24	1,5	0,006	2,678
ADAR47	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR01	0,25	11	17	6	0,026	10,714
ADAR02	0,25	11	20	9	0,040	16,071
ADAR03	0,25	11	15	4	0,017	7,142
ADAR04	0,25	11	17	6	0,026	10,714
ADAR05	0,25	11	17	6	0,026	10,714
LV1	0,25	11	20	9	0,040	16,071
LV2	0,25	11	14	3	0,013	5,357
LV3	0,25	11	20	9	0,040	16,071
LV4	0,25	11	16	5	0,022	8,928
LV5	0,25	11	25	14	0,062	25
LV6	0,25	11	11	0	0	0
LV7	0,25	11	11	0	0	0
LV8	0,25	11	11	0	0	0
LV9	0,25	11	17	6	0,026	10,714
LV10	0,25	11	20	9	0,040	16,071
LV12	0,25	11	14	3	0,013	5,357
LV13	0,25	11	24	13	0,058	23,214
LV14	0,25	10	27	17	0,075	30,357
LV15	0,25	15	21	6	0,026	10,714
LV16	0,25	20	27	7	0,031	12,5
LV17	0,25	11	59	48	0,214	85,714
LV18	0,25	11	20	9	0,040	16,071
LV19	0,25	11	12	1	0,004	1,785
LV20	0,25	11	15	4	0,017	7,142
LV21	0,25	22,5	22,5	0	0	0
LV22	0,25	22,5	22,5	0	0	0
LV23	0,25	20	20	0	0	0
LV24	0,25	21	21	0	0	0
LV25	0,25	21	22	1	0,004	1,785
LV26	0,25	22,5	24	1,5	0,006	2,678
LV27	0,25	11	11	0	0	0
LV28	0,25	11	15	4	0,017	7,142
LV29	0,25	22	57	35	0,156	62,5
LV30	0,25	11	74	63	0,281	112,5
LV31	0,2	22,5	62,5	40	0,178	89,285
LV32	0,25	20	30	10	0,044	17,857
LV33	0,25	20	25	5	0,022	8,928
CS1	0,25	13	68	55	0,245	98,214
CS2	0,25	11	50	39	0,174	69,642

CS3	0,25	20	22	2	0,008	3,571
CS4	0,205	22,5	65	42,5	0,189	92,552
CS5	0,25	12	30	18	0,080	32,142
CS6	0,25	12,5	66	53,5	0,238	95,535
CS7	0,25	12	18	6	0,026	10,714
CS8	0,25	13	18	5	0,022	8,928
CS9	0,205	22,5	65	42,5	0,189	92,552
CS10	0,25	13	55	42	0,187	75
CS11	0,25	13	17	4	0,017	7,142
CS12	0,25	13	60	47	0,209	83,928
CS13	0,25	13	14	1	0,004	1,785
CS14	0,25	14	14	0	0	0
CS15	0,25	14	67	53	0,236	94,642
CS16	0,25	14	42	28	0,125	50
CS17	0,25	14	51	37	0,165	66,071
CS18	0,2	22,5	55	32,5	0,145	72,544
CS19	0,25	15	55	40	0,178	71,428
CS20	0,25	17	60	43	0,191	76,785
CS21	0,25	16	65	49	0,218	87,5
CS22	0,25	17	65	48	0,214	85,714
CS23	0,25	18	60	42	0,187	75
CS24	0,25	18	65	47	0,209	83,928
CS25	0,25	18	60	42	0,187	75
CS26	0,25	19	67	48	0,214	85,714
CS27	0,25	21	55	34	0,151	60,714
CS28	0,25	22,5	70	47,5	0,212	84,821
CS29	0,25	24	65	41	0,183	73,214

Annexe III

Nombre d'échantillons	Masse	Pcreusets	P ₁	P ₂	%de MO
ADAR1	9,137	0,809	9,948	9,909	0,392
ADAR2	15,001	0,763	15,762	15,375	2,455
ADAR3	15	0,806	15,801	15,275	3,328
ADAR4	15,006	0,784	15,79	15,555	1,488
ADAR5	15,001	0,807	15,807	15,404	2,549
ADAR6	15	0,798	15,795	15,225	3,608
ADAR7	15,005	0,793	15,8	15,051	4,740
ADAR8	15,002	0,762	15,763	15,041	4,580
ADAR9	15,002	0,801	15,801	15,073	4,607
ADAR10	15	0,779	15,779	14,984	5,038
ADAR11	11,439	0,789	11,435	11,013	3,690
ADAR12	5,643	0,766	6,409	6,325	1,310
ADAR13	15,004	0,779	15,783	15,39	2,490
ADAR14	15,002	0,801	15,803	15,44	2,297
ADAR15	15,002	0,758	15,753	15,341	2,615
ADAR16	15,003	0,746	15,744	15,212	3,379
ADAR17	15,003	0,771	15,774	15,381	2,491
ADAR18	15,003	0,826	15,832	15,394	2,766
ADAR19	7,452	0,785	8,239	7,922	3,847
ADAR20	15,004	0,782	15,785	15,458	2,071
ADAR21	14,035	0,799	14,831	14,512	2,150
ADAR22	15,001	0,835	15,83	15,533	1,876
ADAR23	15,004	0,778	15,778	15,25	3,346
ADAR24	15,003	0,79	15,789	15,329	2,913
ADAR25	15,005	0,795	15,762	15,064	4,428
ADAR26	15,006	0,781	15,754	15,289	2,951
ADAR27	15	0,783	15,777	15,389	2,459
ADAR28	15,002	0,787	15,777	15,067	4,500
ADR30	15,006	0,782	15,788	15,493	1,868
ADR31	15,003	0,79	15,789	15,319	2,976
ADR32	15,008	0,794	15,809	15,487	2,036
ADR33	15,007	0,796	15,805	15,456	2,208
ADR34	15,004	0,787	15,788	15,245	3,439
ADR35	15,007	0,813	15,814	15,576	1,504
ADR36	15,004	0,815	15,821	15,51	1,965
ADR37	15,003	0,761	15,743	14,947	5,056
ADR38	15,001	0,781	15,784	15,355	2,717
ADR40	15,003	0,755	15,757	15,556	1,275
ADR41	15,007	0,804	15,808	15,569	1,511
ADR42	15,013	0,786	15,798	15,373	2,690

ADR43	15,003	0,795	15,797	15,566	1,462
ADR44	15,009	0,796	15,804	15,219	3,701
ADR45	15,006	0,778	15,784	15,114	4,244
ADR46	15	0,779	15,779	15,417	2,294
ADR47	15,008	0,822	15,822	15,424	2,515
ADAR01	15,002	0,819	15,812	14,558	7,930
ADAR02	15,004	0,78	15,775	15,17	3,835
ADAR03	15,002	0,819	15,816	14,971	5,342
ADAR04	15,007	0,792	15,796	15,235	3,551
ADAR05	15,004	0,798	15,801	15,039	4,822
LV1	15	0,795	15,779	13,931	11,711
LV2	15,004	0,721	15,721	15,559	1,030
LV3	15	0,795	15,778	15,383	2,503
LV4	15,007	0,769	15,775	15,441	2,117
LV5	15,006	0,793	15,794	15,315	3,032
LV6	15	0,77	15,746	15,356	2,476
LV7	15,001	0,79	15,791	15,509	1,785
LV8	15,005	0,769	15,766	15,478	1,826
LV9	15,004	0,786	15,774	15,397	2,390
LV10	15,001	0,797	15,794	15,368	2,697
LV12	15,002	0,786	15,781	15,368	2,617
LV13	15,002	0,791	15,791	15,358	2,742
LV14	15	0,798	15,768	13,215	16,191
LV15	15,004	0,774	15,764	15,335	2,721
LV16	15,001	0,82	15,818	15,407	2,598
LV17	15	0,78	15,78	15,708	0,456
LV18	15,001	0,759	15,757	15,365	2,487
LV19	15,001	0,782	15,767	15,363	2,562
LV20	15,002	0,764	15,758	15,481	1,757
LV21	15,004	0,798	15,731	15,54	1,214
LV22	15,003	0,765	15,758	15,553	1,300
LV23	15,002	0,783	15,729	15,531	1,258
LV24	15,003	0,778	15,73	15,55	1,144
LV25	15	0,774	15,757	15,501	1,624
LV26	15,002	0,772	15,776	15,15	3,968
LV27	15,007	0,804	15,805	15,628	1,119
LV28	15,001	0,786	15,756	14,123	10,364
LV29	15,004	0,793	15,795	15,768	0,170
LV30	15,001	0,789	15,79	15,779	0,069
LV31	15,001	0,778	15,778	15,753	0,158
LV32	15,002	0,789	15,775	14,568	7,651
LV33	15,002	0,784	15,785	15,502	1,792
Cs1	15,002	0,801	15,8	15,78	0,126
Cs2	15,003	0,755	15,762	15,72	0,266
Cs3	15,001	0,775	15,66	15,403	1,641

Cs4	15	0,78	15,779	15,765	0,088
Cs5	15,002	0,793	15,781	15,138	4,074
Cs6	15,001	0,782	15,778	15,676	0,646
Cs7	15,003	0,792	15,769	13,861	12,099
Cs8	15,001	0,775	15,745	14,307	9,133
Cs9	15,003	0,772	15,778	15,762	0,101
Cs10	15,002	0,789	14,999	14,928	0,473
Cs11	15	0,8	14,99	14,725	1,767
Cs12	15,001	0,833	15,827	15,758	0,435
Cs13	15,002	0,771	15,759	15,637	0,774
Cs14	15	0,819	15,819	15,659	1,011
Cs15	15,002	0,838	15,832	15,779	0,334
Cs16	15	0,806	15,792	15,448	2,178
Cs17	15,003	0,779	15,775	15,738	0,234
Cs18	15	0,797	15,791	15,757	0,215
Cs19	15,002	0,795	15,789	15,649	0,886
Cs20	15,001	0,773	15,771	15,71	0,386
Cs21	15,005	0,766	15,759	15,689	0,444
Cs22	15	0,773	15,764	15,717	0,298
Cs23	15,002	0,824	15,816	15,764	0,328
Cs24	15,003	0,817	15,815	15,762	0,335
Cs25	15,001	0,789	15,778	15,679	0,627
Cs26	15,002	0,799	15,8	15,759	0,259
Cs27	15,004	0,829	15,828	15,804	0,151
Cs28	15,001	0,8	15,8	15,781	0,120
Cs29	15,001	0,787	15,786	15,722	0,405

