

MÉTHODES D'ÉTUDE DES SÉRIES SÉDIMENTAIRES

I. METHODES DIRECTES

➤ RECONNAISSANCE ET PROSPECTION DIRECTE

- **Faciès :**

Catégorie dans laquelle on peut ranger une roche ou un terrain, et qui est déterminée par un ou plusieurs caractères lithologiques (**Lithofaciès**) ou paléontologiques (**Biofaciès**).

Exemple : faciès gréseux, faciès calcaire nummulitique, faciès de marnes à ammonites.



Grès

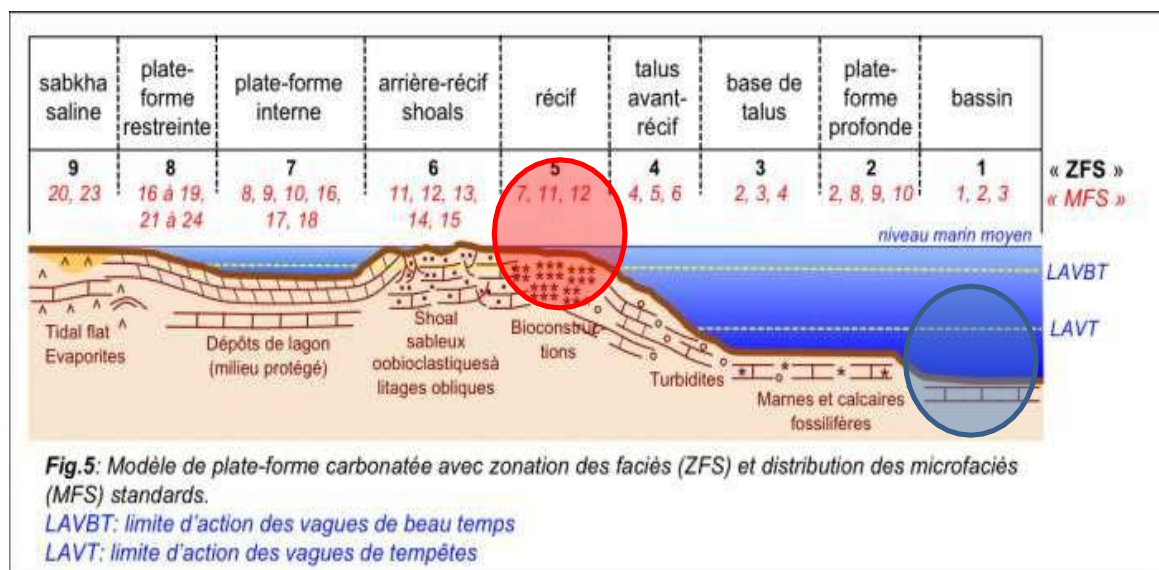


Calcaire nummulitique



Marnes à ammonites

- Ce terme est également employé pour désigner une catégorie correspondant à un milieu ou à un domaine de sédimentation : exemple : faciès récifal, faciès profond...



- Lorsqu'un faciès ne peut être déterminé qu'au microscope optique, on l'appelle microfaciès, et nannofaciès lorsque son étude nécessite l'emploi du microscope électronique.

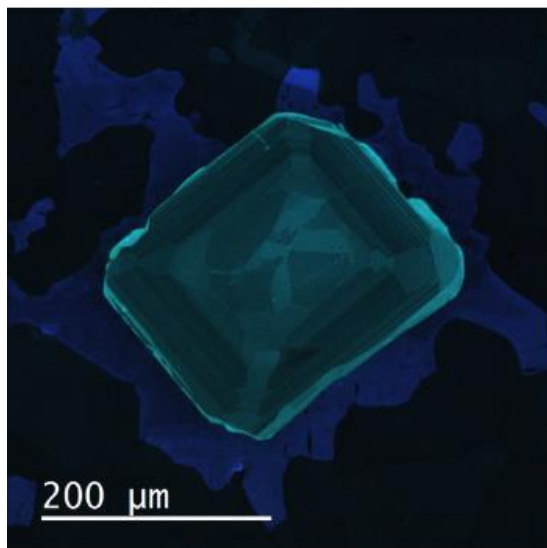


Image en cathodoluminescence d'un zircon

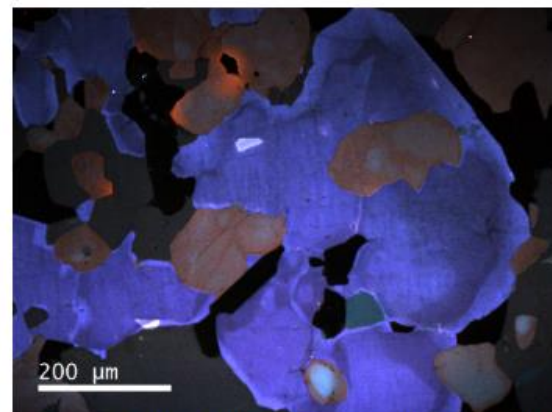


Image en cathodoluminescence d'une scapolite

- **Lithologie :**

C'est la nature visible d'une roche à toute échelle. Un faciès peut être déterminé en se basant seulement sur ce critère pour une analyse préliminaire.

- **Structure sédimentaire :**

C'est l'arrangement des éléments d'une roche sédimentaire à l'échelle macroscopique. (**FIGURES SEDIMENTAIRES**).

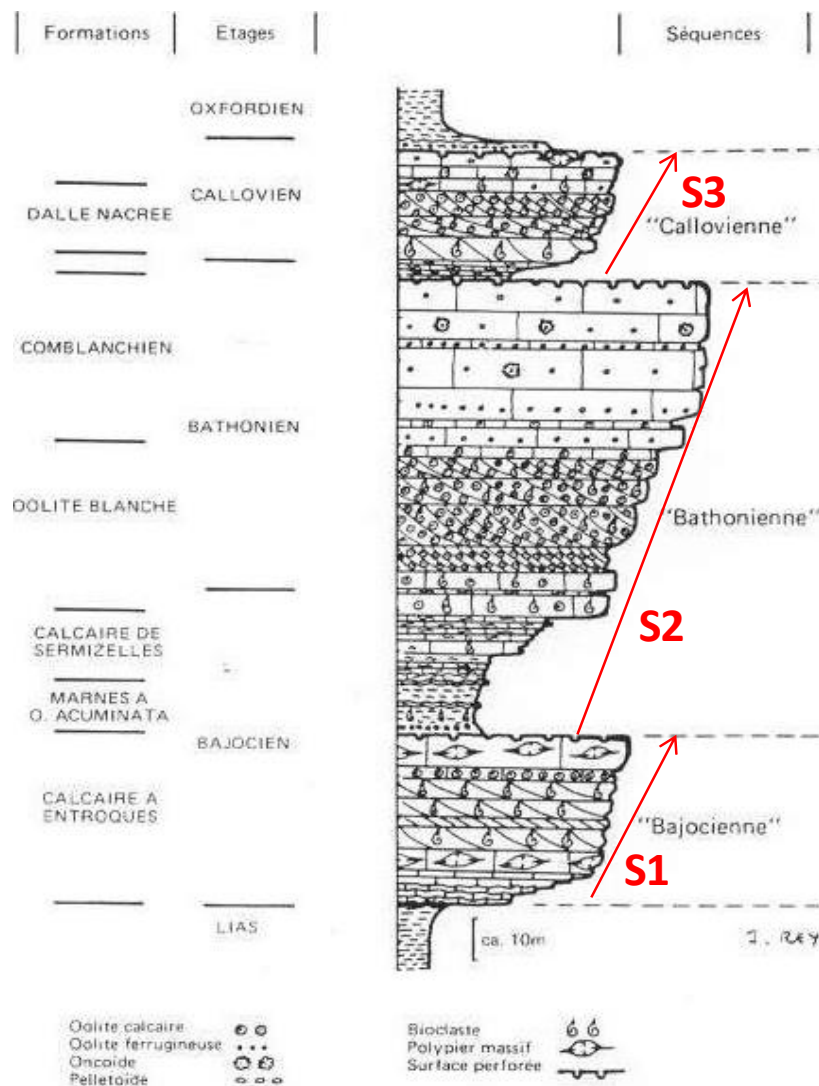
- **Contenu fossilifère :**

Fossile = Reste ou moulage naturel d'organisme conservé dans des sédiments.

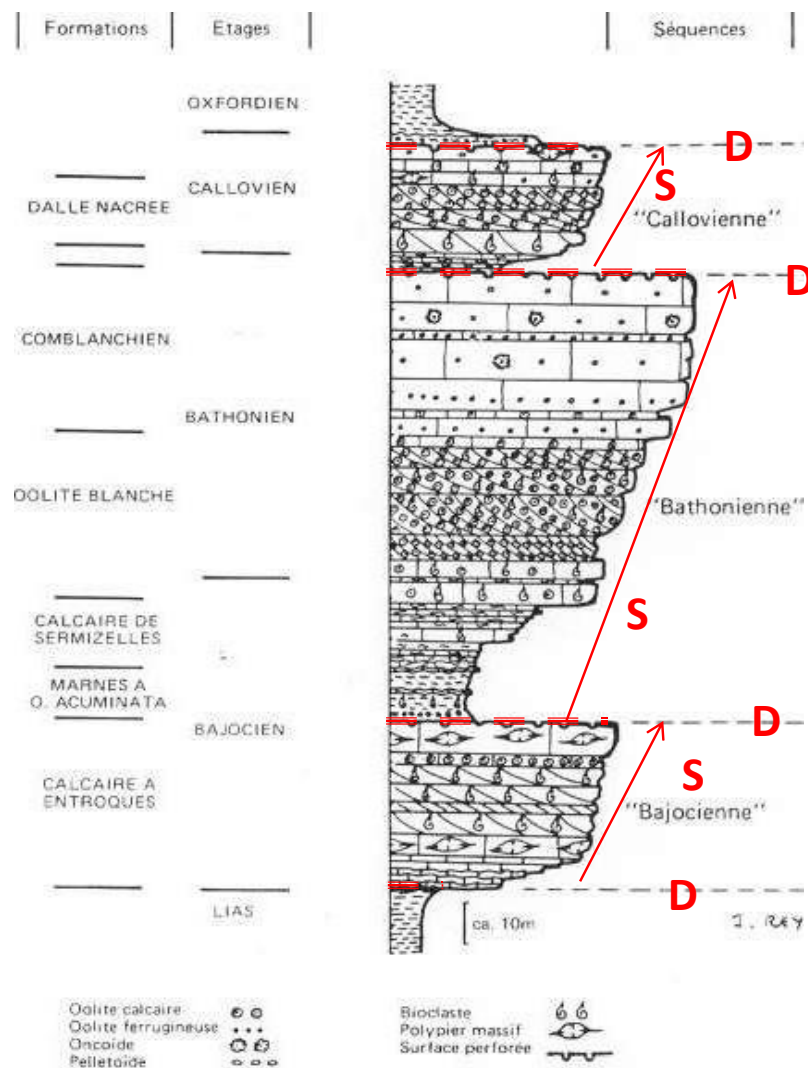
Fossile de faciès = Fossile lié à un milieu de sédimentation particulier (Conditions physico-chimiques de vie restreintes). Appelé aussi « Indicateurs de Paléoenvironnement ». Il peut indiquer la nature et la profondeur du milieu de sédimentation.

- **Une séquence (S) :**

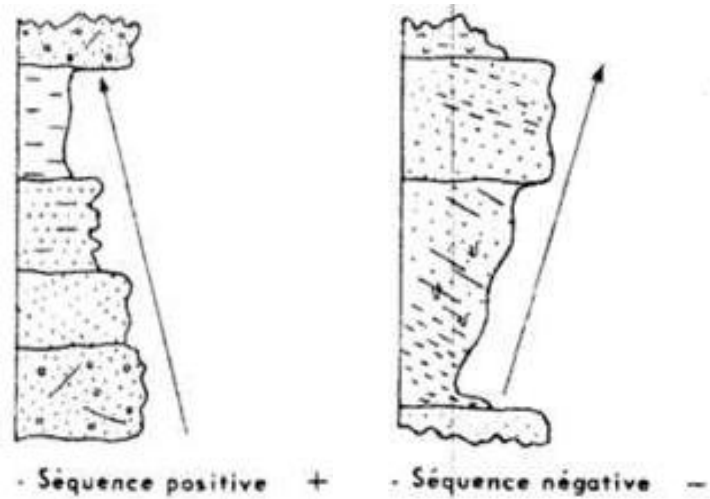
Succession ordonnée de plusieurs faciès, son échelle dépend de l'échelle du faciès pris en considération. Chaque séquence peut être considérée comme faciès élémentaire dans la séquence de l'ordre supérieur.



- Les séquences sont finies et séparées par des **discontinuités (D)** du même ordre.

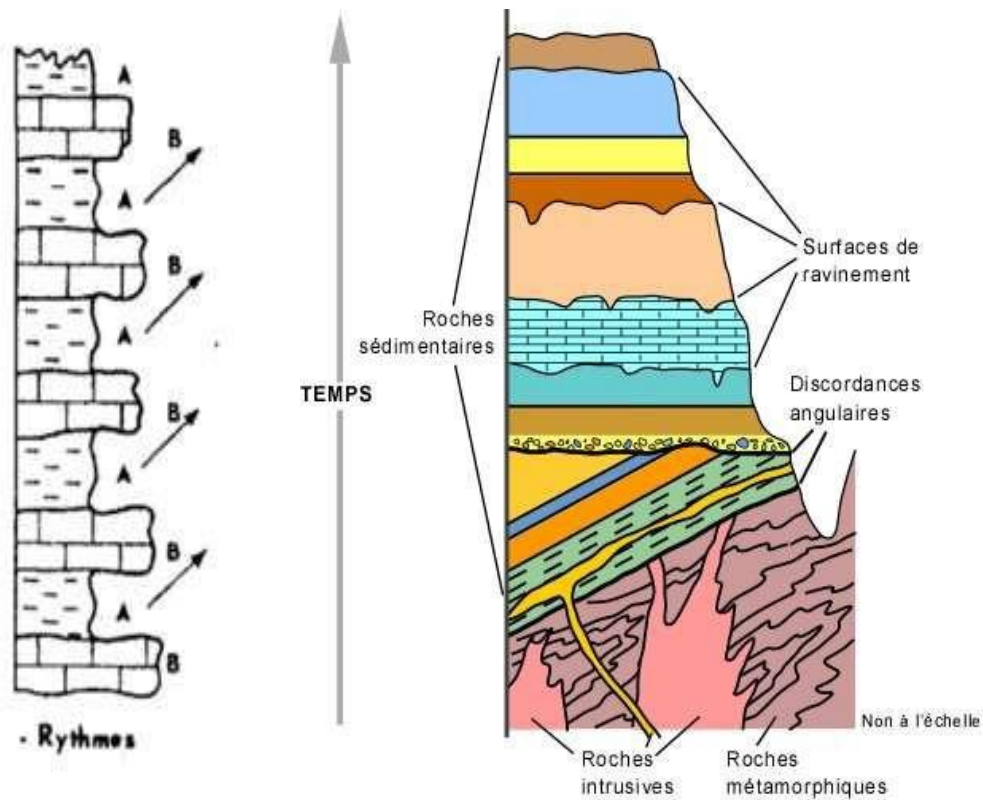


- **La séquence positive (Normale, Transgressive)** : C'est une séquence à évolution **Grano-décroissante**, les particules évoluent des plus grossières au plus fines vers le haut.
- **La séquence négative (inverse, régressive)** : C'est une séquence à évolution **Grano-croissante**, les particules évoluent des plus fines aux plus grossières vers le haut.



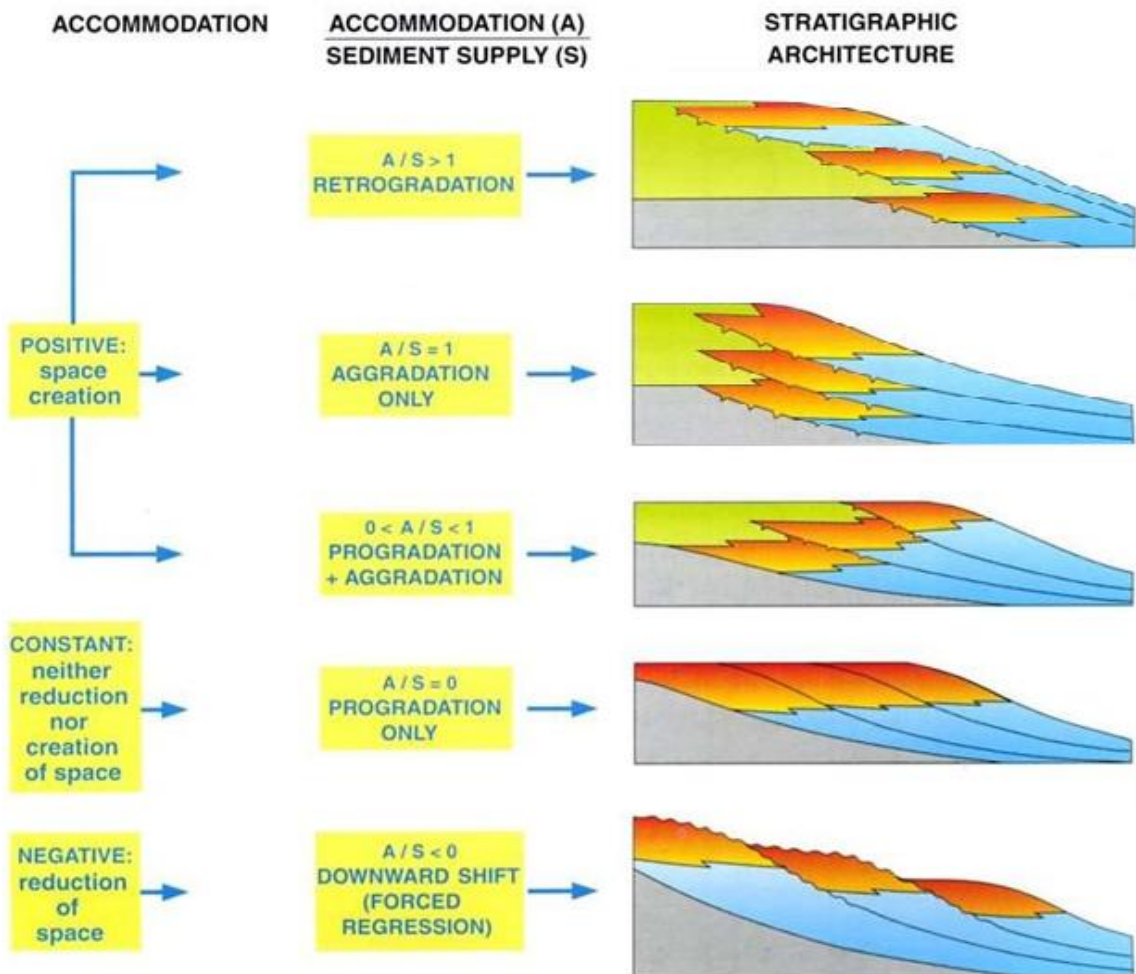
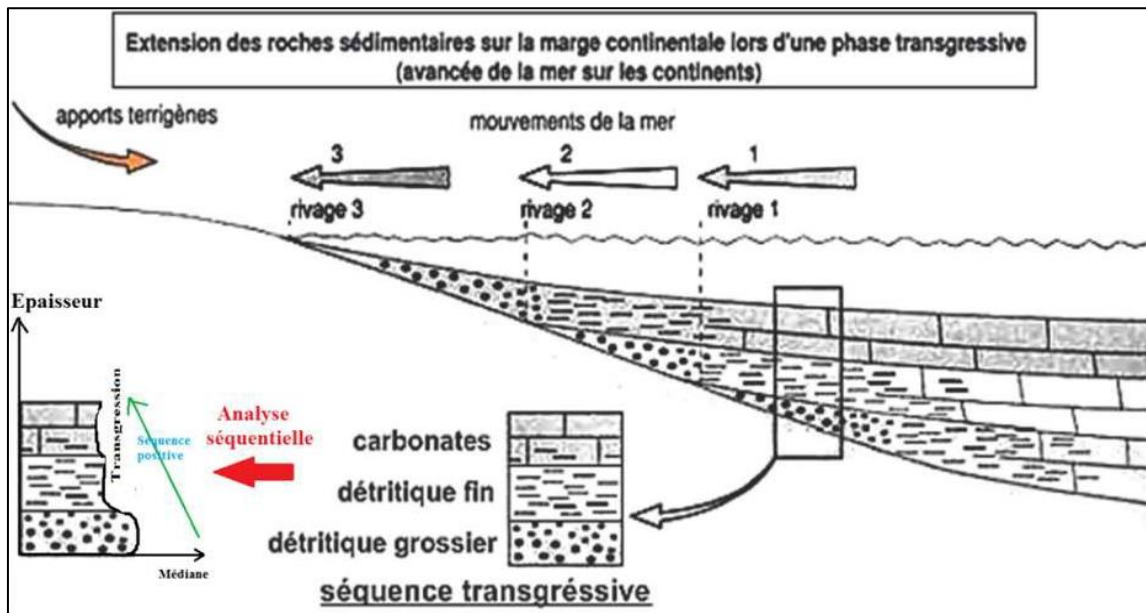
- **Ordres des séquences**

A titre d'exemple, **un rythme** représente une séquence de **2ème ordre** (**plusieurs séquences de 1er ordre**) dont l'échelle de faciès est une **nappe sédimentaire** et la discontinuité est une **surface durcie, perforée ou de ravinements**, alors qu'une série représente une séquence de **5ème ordre** (**plusieurs séquences de 4ème ordre**) dont l'échelle de faciès est un **Mégafaciès** et la discontinuité est une **discordance**.



Caractère	Ordre	Séquence	Echelle de faciès	Discontinuité
sédimentaire	0	Lamine	Feuillet/Microfaciès (millimétriques)	Sans discontinuité
	1	Banc	Macrofaciès (décimétriques)	Joint, diasthème
	2	Rythme	Nappe (Plurimétrique)	Surface durcie, perforée ou de ravinement
	3	Membre	Mésofaciès (Pluridécamétrique)	Surface durcie, de ravinement ou de ferruginisation
Tectonique	4	Formation	Corps (Hectométrique)	Surface durcie ferrugineuse Condensation de faune Placage bréchique ou conglomératique, ravinement
	5	Série	Mégafaciès	Discordance
	6	Groupe	Bassin	Discordance, vacuité
	7	Faisceau	Gigafaciès	Discordance+magmatisme± métamorphisme
	8	Superfaisceau	Croute	Epaississement de la tectosphère, Vacuité à l'échelle des ères.

- Représentation des séquences
Effet des relations : **ACCOMMODATION / APPORT SEDIMENTAIRE**
dans l'empilement des paraséquences.



II. METHODES INDIRECTES

II.1. Le Forage

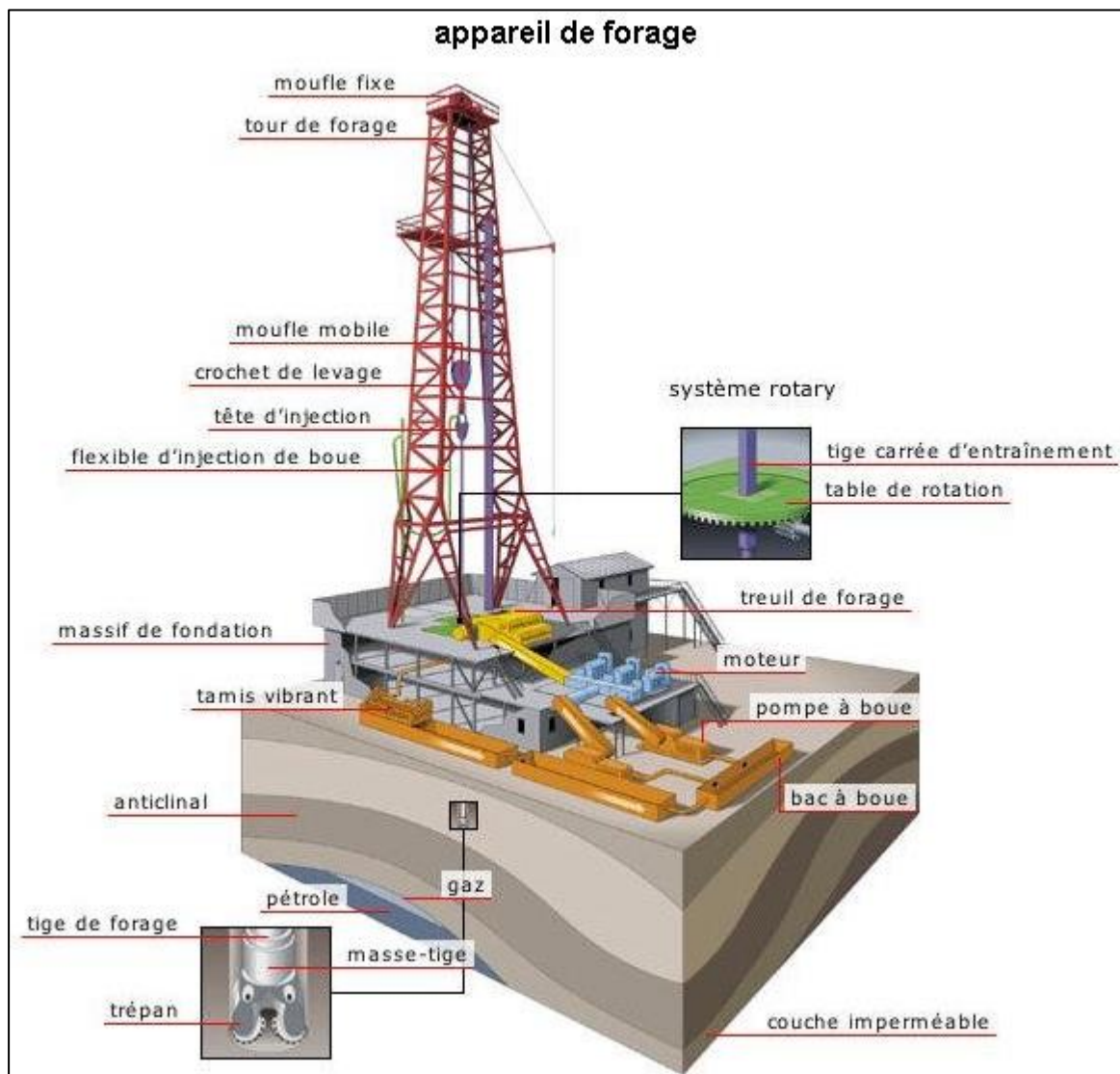
- Un **forage** est l'ensemble des techniques permettant de creuser un puits jusqu'à des profondeurs parfois très élevées.
- Synonyme de **sondage**, surtout en parlant de pétrole, de gaz naturel et d'eau.
- En forant, des débris de roches arrachés par l'outil de forage remontent en surface par le fluide de forage (généralement boue de forage), ce sont **les déblais de forage**.

II.2. Le RIG

A rotary rig is the equipment used for drilling in most wells, which includes an engine and a hoisting, rotating and mud circulating system.

Installations et équipements servant à creuser des puits de pétrole ou de gaz.

L'installation de forage est conçue pour permettre la manœuvre de la garniture de forage, pour le chargement des trépan, la rotation de la garniture et l'injection du fluide de forage.





Exemple : Appareil de forage type RIG SMP106

- Description générale
- Mât
- Plancher de travail (Substructure)
- Système déplacement (Walking System)
- Table de rotation
- Treuil de forage
- Tête d'injection motorisée (TDS)
- Empilage BOP
- Alimentation et Puissance de l'appareil
- Pompe de forage
- Système à boue
- Gerbeuse automatique
- Particularités



a). Les déblais de forage (**CUTTINGS**)

Ce sont les particules des formations détruites par les outils de forage et évacuées ultérieurement à l'aide du fluide de forage. Les déblais de forage seront étudiés lors des diagraphies instantanées ou par la suite au laboratoire.



Déblais de forage



Polycrystalline
Diamond
Compact



b). La carotte (CORE)

Le carottage est une opération qui consiste, dans un terrain à prospecter, à détacher de la masse un cylindre vertical, dit **CAROTTE**, de roche ou de terrain, avec un outil creux adapté à l'extrémité d'une sonde, afin d'étudier la composition et la structure de ce terrain.

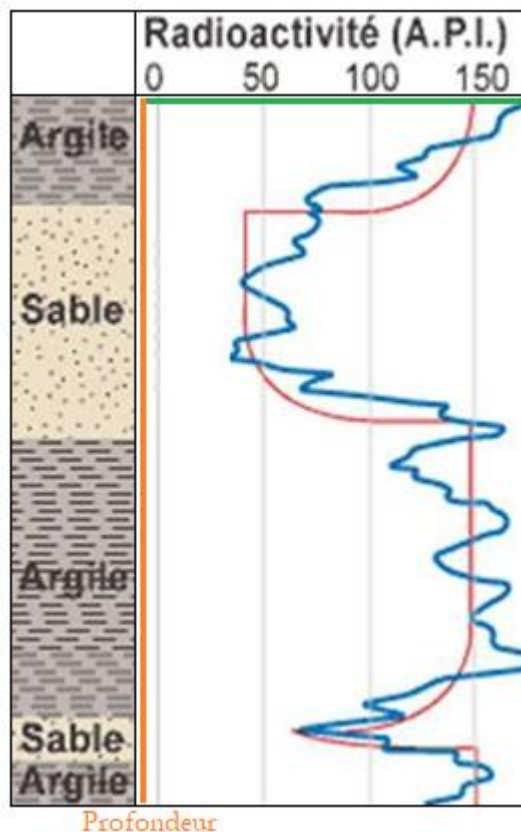


c). Slices & Ships from cores



II.3. La Diagraphie

- Une **DIAGRAPHIE** est un **ENREGISTREMENT CONTINU DES VARIATIONS** d'un paramètre en fonction d'un autre (Par exemple la profondeur).
- L'**ENREGISTREMENT** se fait dans les formations traversées par un forage.

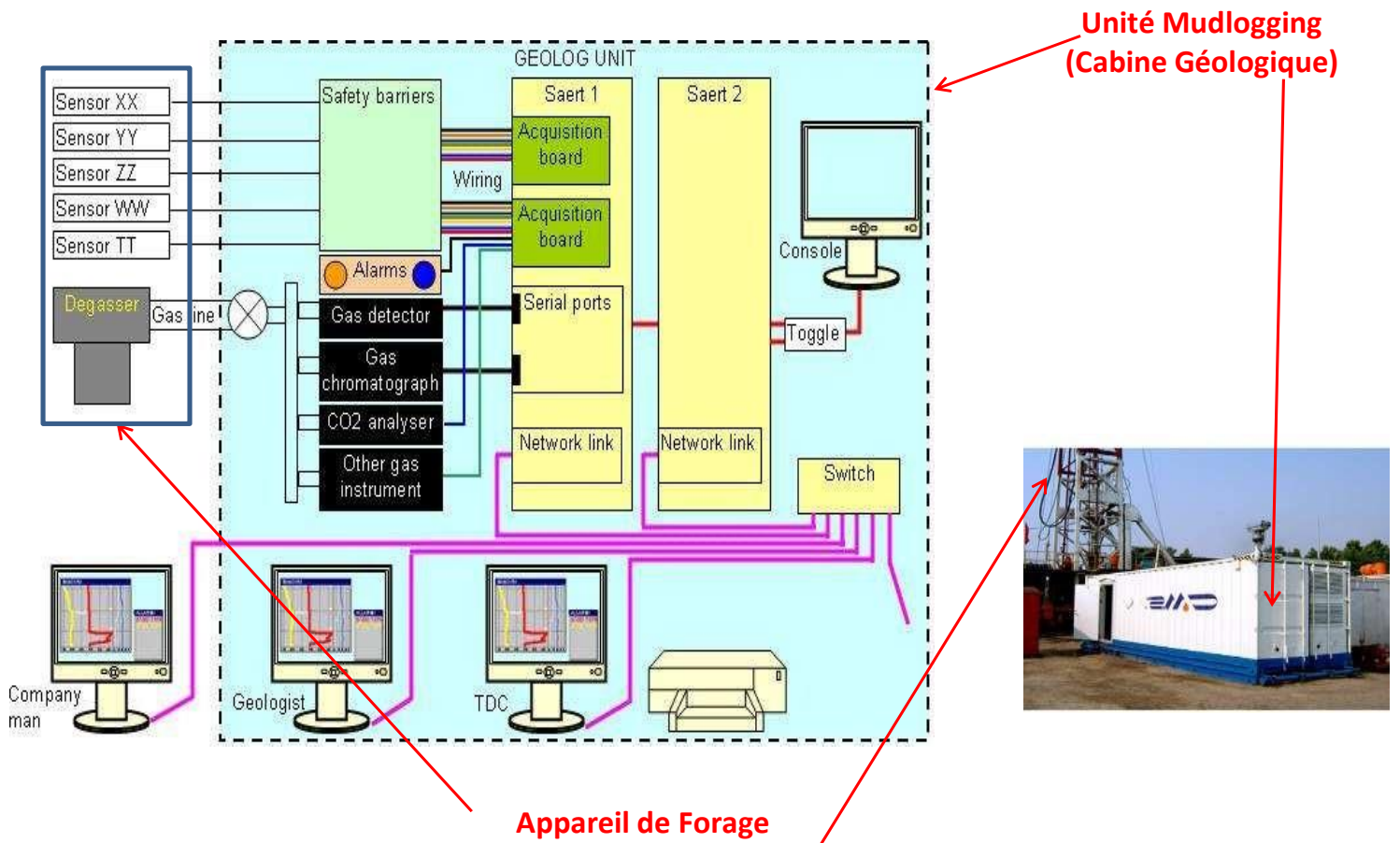


- Nous distinguons :
 - a. Une Diagraphie instantanée : **MUDLOGGING**
(PENDANT LE FORAGE)
 - b. Une Diagraphie Différée : **WIRELINE LOGGING** ou **WELL LOGGING**
(APRES LE FORAGE)

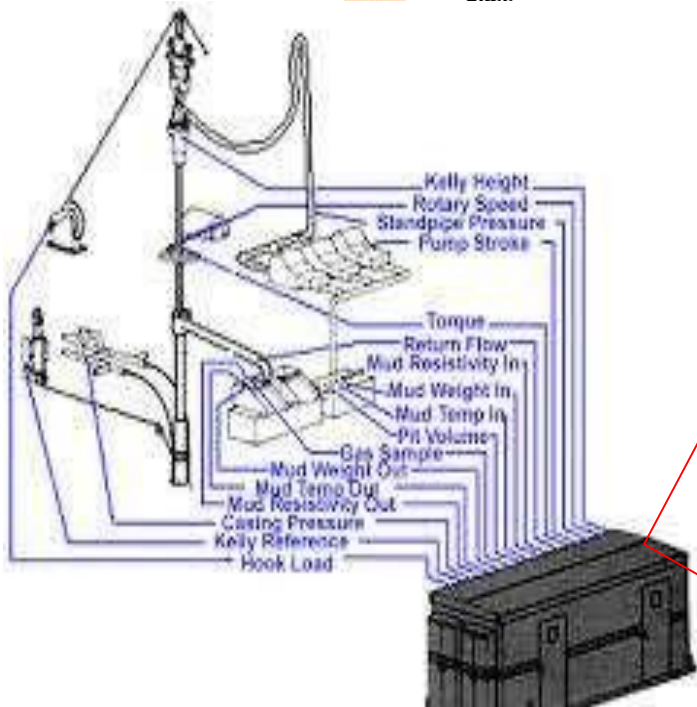
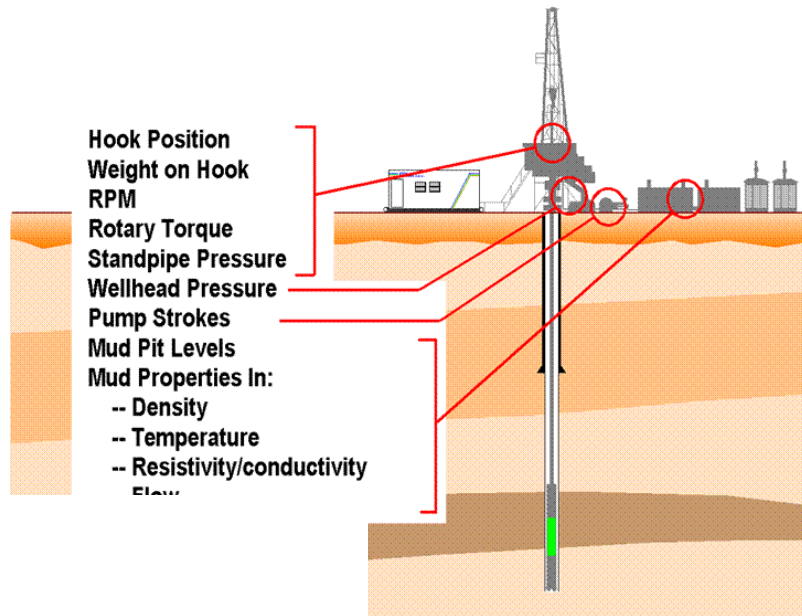
II.3.1. La Diagraphie Instantanée

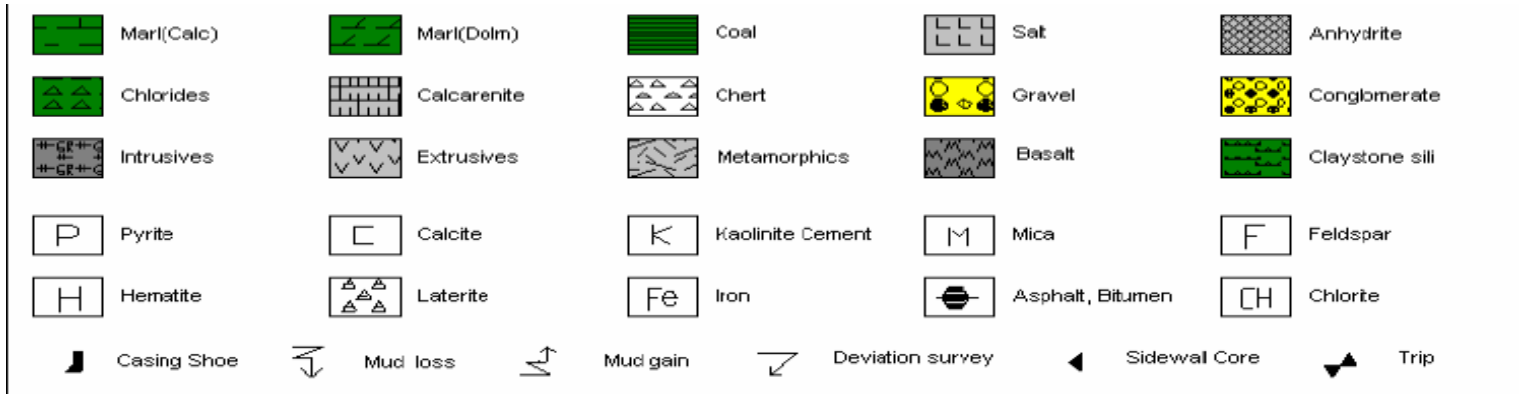
- Ce sont des **ENREGISTREMENTS EN CONTINU** dans un forage (au cours de l'opération) de différents paramètres très utiles pour connaître la formation pénétrée.
- Les paramètres, principalement contrôlés par les géologues sont :
 - L'avancement de l'outil (**ROP**),
 - Les gaz de la formation,
 - La Calcimétrie, ...

- Ces informations avec la description lithologique des déblais de forage sont regroupés dans un document appelé « **MASTERLOG** ».

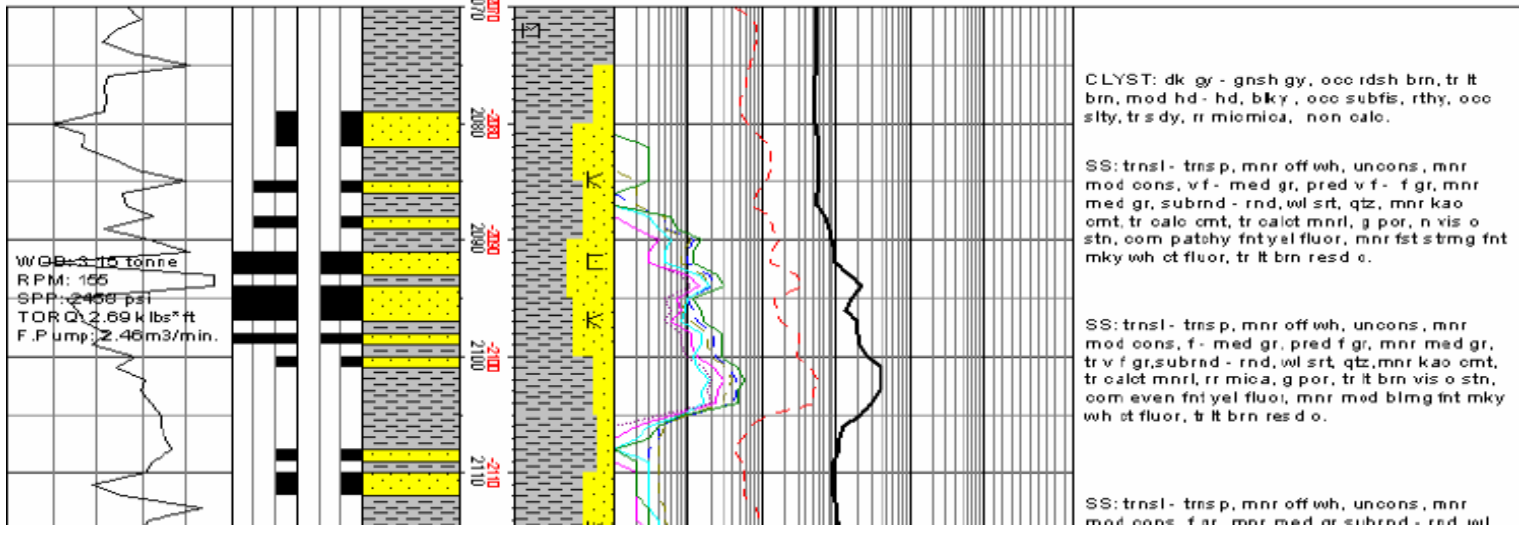


- L'enregistrement est obtenu à travers **une vingtaine de capteurs (SENSORS)** distribués un peu partout sur le Rig.





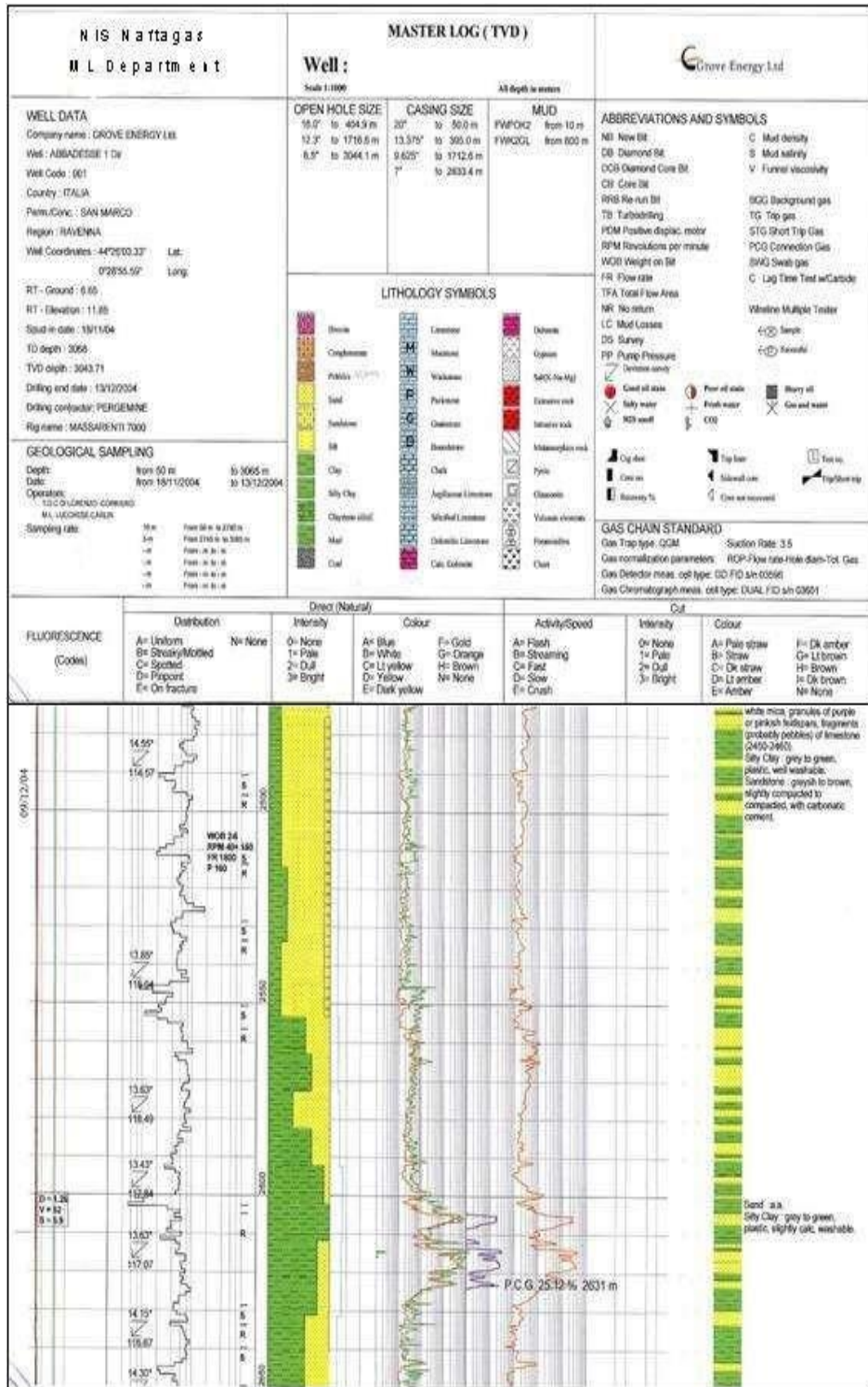
RATE OF PENETRATION m/hr	DIRECT FLUOR		CUT FLUOR		INTERPRETED LITHOLOGY	DEPTH MD(mK) TD(mK)	CUTTINGS LITHOLOGY %	GAS CHROMATOGRAPHY					QFT Values	LITHOLOGICAL DESCRIPTIONS AND ENGINEERING NOTES
	0	10	20	30				40	1	10	PPM	10K		
300-50 m/hr	good	fair	weak	mod	strong	0.070	0	Total gas	Methane	Propane	i-Butane	n-Butane	1K	5K
30						2080	100	Ethane					50	500
20						2090		i-Pentane					100	1K
10						2100		n-Pentane					10	1K
0						2110								



- A la base de ces enregistrements, plusieurs documents sont établis par l'équipe du Mudlogging (**Masterlog, Drillog, Mudlog, Daily reports, Final well reports, ...etc**)

- **Le MASTERLOG :**

Document de base pour le Géologue, Il englobe certaines informations enregistrées avec la description des déblais de forage et leur pourcentage.



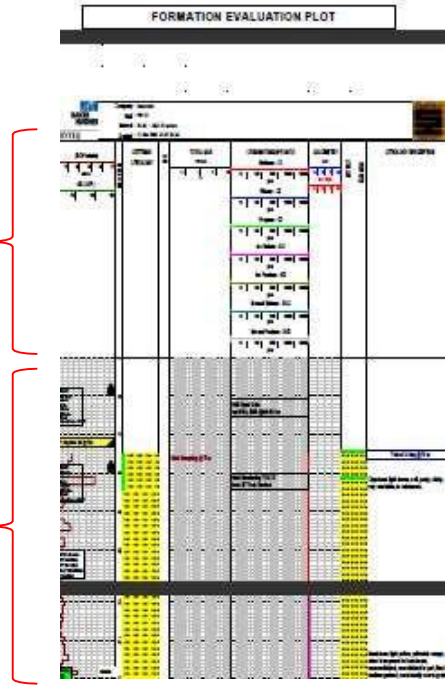
Le MASTERLOG est composé de :

L'Entête (Header)













































The screenshot shows the header section of a Masterlog report. It includes the Baker Hughes logo and 'INTEO' branding. Key information includes well details (e.g., 30" from 25 m to 75 m), coordinates (e.g., 42.110° N, 8.117° E), and various parameters like 'CANNED RECORDS' and 'WELL TYPE'. A navigation pane on the right lists different sections of the report.

Les Echelles (Scales)

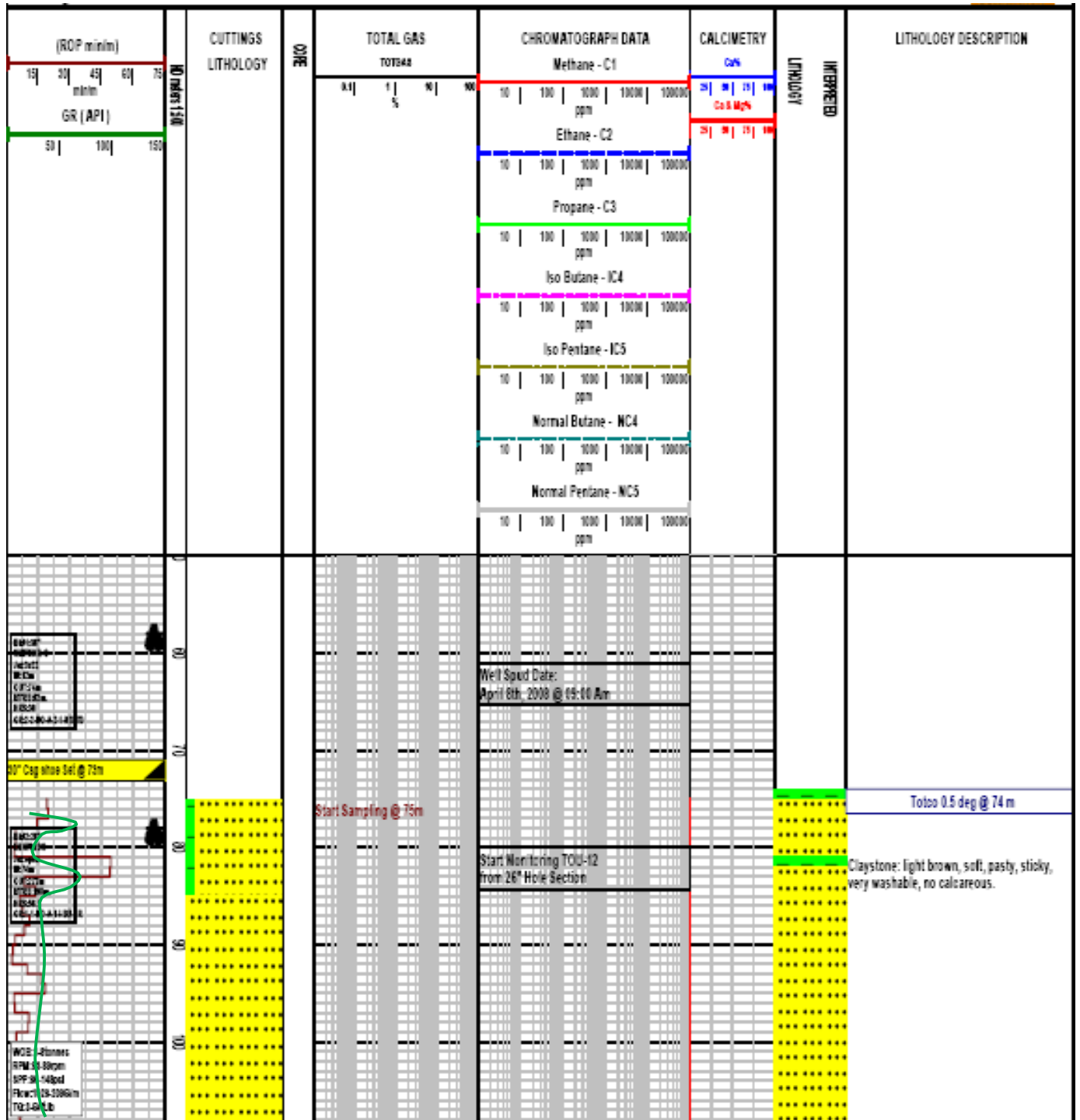
Les Pistes (Tracks)



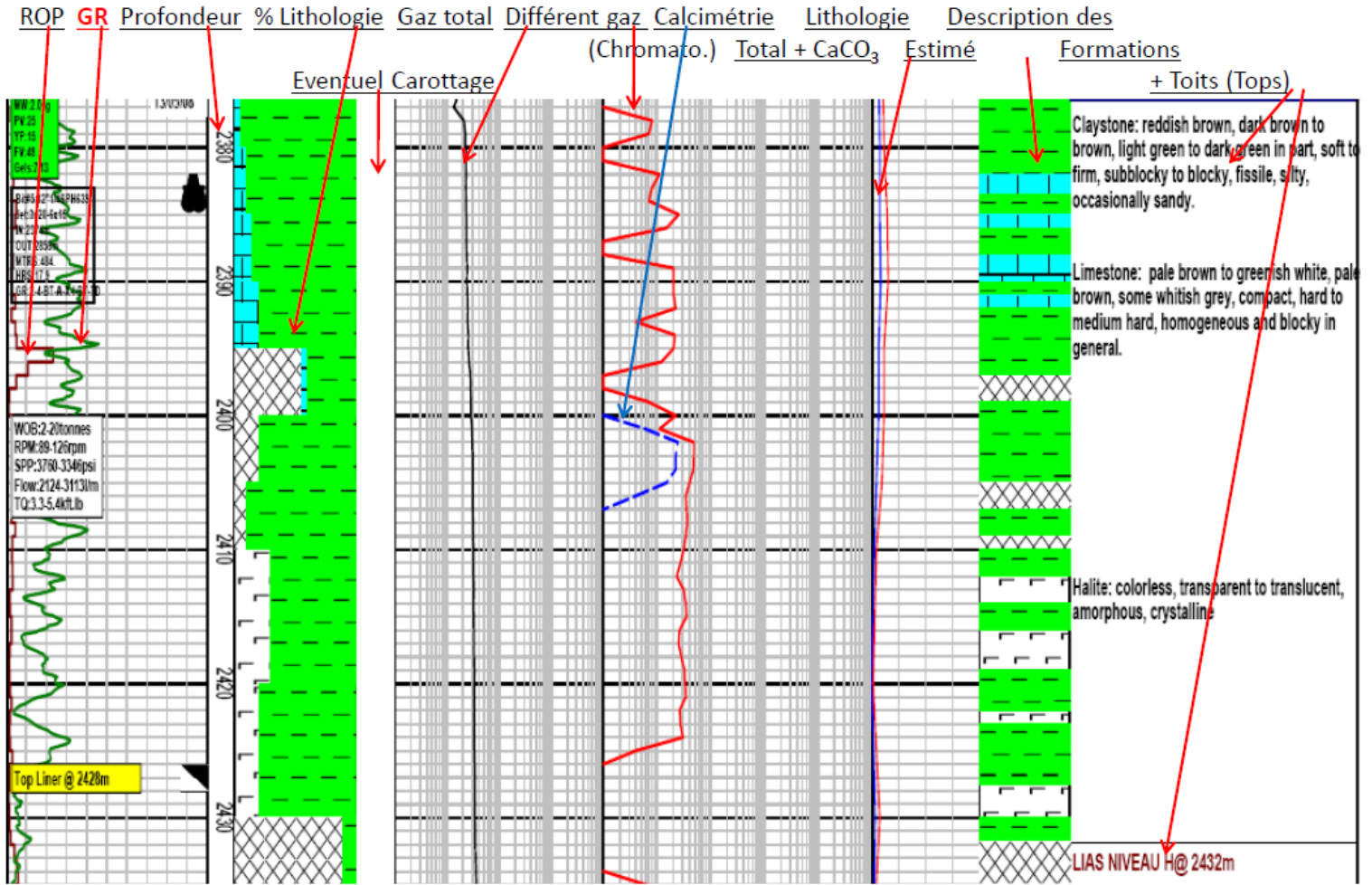
L'ENTETE (HEADER) DU MASTERLOG

	<p>HOLE SIZE</p> <p>36" From 12 m To 74 m 26" From 74 m To 530 m 16" From 530 m To 2374 m 12 1/4" From 2374 m To 2858 m 8 1/2" From 2858 m To 3335 m</p>																																																																									
<p>COMPANY : SONATRACH Project</p> <p>WELL :</p> <p>FIELD :</p> <p>COUNTRY : ALGERIA</p> <p>COORDINATES : Lat 30° 10' 43" 500 N Long 06° 40' 22" 058 E X= 275 911.97m Y= 3340 620.91m</p> <p>SPUD DATE : 8th Apr 2008 @ 09h00</p> <p>ELEVATION : RKB-MSL : 221 m RKB-GL : 9.20 m</p> <p>TOTAL DEPTH : 3335 m</p> <p>CONTRACTOR : ENAFOR</p> <p>RIG / TYPE : ENF 37 / LAND</p>	<p>CASING RECORDS</p> <p>30" From Surface To 73 m 18 5/8" From Surface To 528 m 13 5/8" From Surface To 2371 m 9 5/8" From Surface To 2851 m 7" Liner From 2428 m To 3334 m</p>	<p>ABBREVIATIONS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>NB</td><td>New Bit</td><td>TG</td><td>Trip Gas</td></tr> <tr> <td>RRB</td><td>Rerun Bit</td><td>STG</td><td>Short Trip Gas</td></tr> <tr> <td>CB</td><td>Core Bit</td><td>CG</td><td>Connection Gas</td></tr> <tr> <td>I</td><td>Inner Rows</td><td>SWG</td><td>Swab Gas</td></tr> <tr> <td>O</td><td>Outer Rows</td><td>SVG</td><td>Survey Gas</td></tr> <tr> <td>D</td><td>Dull character</td><td>C</td><td>Carbide Test</td></tr> <tr> <td>L</td><td>Location</td><td>W</td><td>Mud Density</td></tr> <tr> <td>B</td><td>Bearing/Seal</td><td>V</td><td>Funnel Viscosity</td></tr> <tr> <td>G</td><td>Gauge</td><td>F</td><td>Filtrate-API</td></tr> <tr> <td>WO</td><td>Weight On Bit</td><td>FC</td><td>Filter Cake</td></tr> <tr> <td>B</td><td>Bit</td><td>PV</td><td>Plastic Viscosity</td></tr> <tr> <td>RPM</td><td>Rev Per Min</td><td>YP</td><td>Yield Point</td></tr> <tr> <td>FLC</td><td>Flow Check</td><td>SOL</td><td>Solids-%</td></tr> <tr> <td>CR</td><td>Circ Returns</td><td>SD</td><td>Sand-%</td></tr> <tr> <td>PR</td><td>Poor Returns</td><td>S</td><td>Salinity-RPM</td></tr> <tr> <td>NR</td><td>No Returns</td><td>RM</td><td>Mud Resistivity</td></tr> <tr> <td>LAT</td><td>Log After Trip</td><td>RMF</td><td>Filtrate Resistivity</td></tr> <tr> <td>BG</td><td>Background Gas</td><td></td><td></td></tr> </table>	NB	New Bit	TG	Trip Gas	RRB	Rerun Bit	STG	Short Trip Gas	CB	Core Bit	CG	Connection Gas	I	Inner Rows	SWG	Swab Gas	O	Outer Rows	SVG	Survey Gas	D	Dull character	C	Carbide Test	L	Location	W	Mud Density	B	Bearing/Seal	V	Funnel Viscosity	G	Gauge	F	Filtrate-API	WO	Weight On Bit	FC	Filter Cake	B	Bit	PV	Plastic Viscosity	RPM	Rev Per Min	YP	Yield Point	FLC	Flow Check	SOL	Solids-%	CR	Circ Returns	SD	Sand-%	PR	Poor Returns	S	Salinity-RPM	NR	No Returns	RM	Mud Resistivity	LAT	Log After Trip	RMF	Filtrate Resistivity	BG	Background Gas		
NB	New Bit	TG	Trip Gas																																																																							
RRB	Rerun Bit	STG	Short Trip Gas																																																																							
CB	Core Bit	CG	Connection Gas																																																																							
I	Inner Rows	SWG	Swab Gas																																																																							
O	Outer Rows	SVG	Survey Gas																																																																							
D	Dull character	C	Carbide Test																																																																							
L	Location	W	Mud Density																																																																							
B	Bearing/Seal	V	Funnel Viscosity																																																																							
G	Gauge	F	Filtrate-API																																																																							
WO	Weight On Bit	FC	Filter Cake																																																																							
B	Bit	PV	Plastic Viscosity																																																																							
RPM	Rev Per Min	YP	Yield Point																																																																							
FLC	Flow Check	SOL	Solids-%																																																																							
CR	Circ Returns	SD	Sand-%																																																																							
PR	Poor Returns	S	Salinity-RPM																																																																							
NR	No Returns	RM	Mud Resistivity																																																																							
LAT	Log After Trip	RMF	Filtrate Resistivity																																																																							
BG	Background Gas																																																																									
<p>LOG INTERVAL</p> <p>DEPTH 12 m To 3335 m</p> <p>DATE 8 Apr 2008 To 6 Jun 2008</p> <p>SCALE 1 : 500</p> <p>UNIT # Unit 621</p> <p><u>PREPARED BY :</u></p> <p><u>Loggers:</u></p> <p><u>SONATRACH GEOLOGISTS</u></p> <p style="text-align: right;">75 m to 1600 m 1600 m to 2970 m 2970 m to 3335 m</p>	<p>MUD TYPE</p> <p>WATER BASED MUD From 12 m To 530 m (36" & 26" Sections)</p> <p>OIL BASED MUD From 530 m To 3335 m (16" , 12 1/4" & 8 1/2" Sections)</p>	<p>SYMBOLS</p> <p> CASING SHOE  WIRE LINE LOG</p> <p> New Bit  No Return</p> <p> Coring Interval Unrecovered  Top Liner</p> <p><small>GAS – Total Gas % equivalent to % methane in air OIL_ Based on live oil in unwashed & % stain of washed cut</small></p>																																																																								
	<p>Lithology Symbols</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td> Limestone</td> <td> Dolomite</td> <td> Calc. Dolomite</td> </tr> <tr> <td> Marl</td> <td> Dol-Limestone</td> <td> Anhydrite</td> </tr> <tr> <td> Halite</td> <td> Gypsum</td> <td> Sand</td> </tr> <tr> <td> Sandstone</td> <td> Siltstone</td> <td> Claystone</td> </tr> </table>	 Limestone	 Dolomite	 Calc. Dolomite	 Marl	 Dol-Limestone	 Anhydrite	 Halite	 Gypsum	 Sand	 Sandstone	 Siltstone	 Claystone																																																													
 Limestone	 Dolomite	 Calc. Dolomite																																																																								
 Marl	 Dol-Limestone	 Anhydrite																																																																								
 Halite	 Gypsum	 Sand																																																																								
 Sandstone	 Siltstone	 Claystone																																																																								

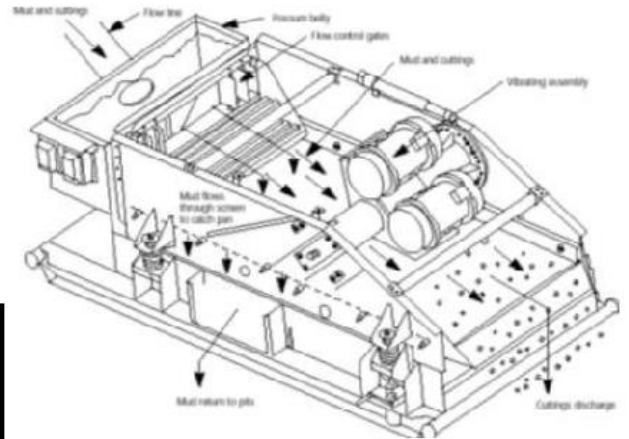
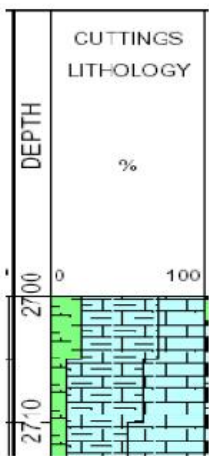
LES ECHELLES (SCALES) DU MASTERLOG

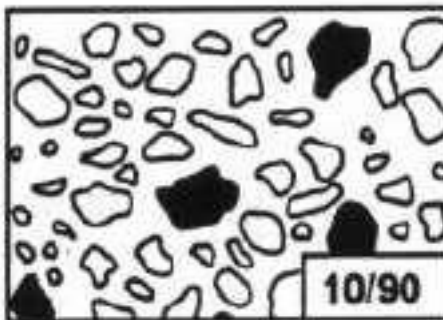
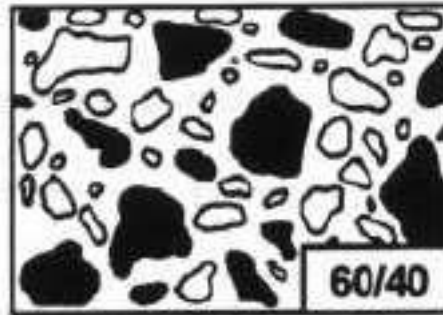
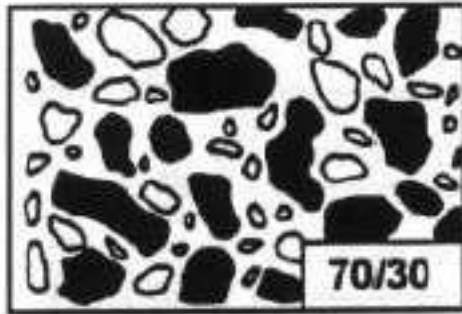


LES PISTES (TRACKS) DU MASTERLOG



POURCENTAGE DE LITHOLOGIE

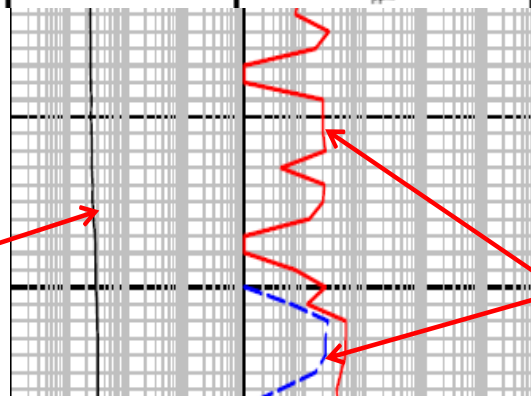




GAZ TOTAL / CHROMATOGRAPHIE



TOTAL GAS TOTALER				CHROMATOGRAPH DATA					
0.1	1	10	100	Methane - C1					
%	%	%	%	10	100	1000	10000	100000	ppm
				Ethane - C2					
				10	100	1000	10000	100000	ppm
				Propane - C3					
				10	100	1000	10000	100000	ppm
				Iso Butane - IC4					
				10	100	1000	10000	100000	ppm
				Iso Pentane - IC5					
				10	100	1000	10000	100000	ppm
				Normal Butane - NC4					
				10	100	1000	10000	100000	ppm
				Normal Pentane - NC5					
				10	100	1000	10000	100000	ppm

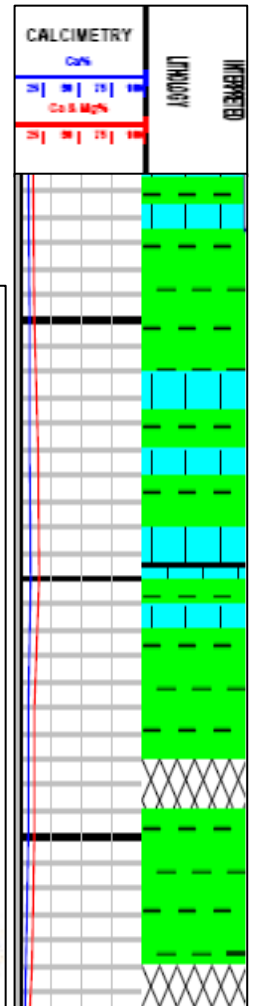
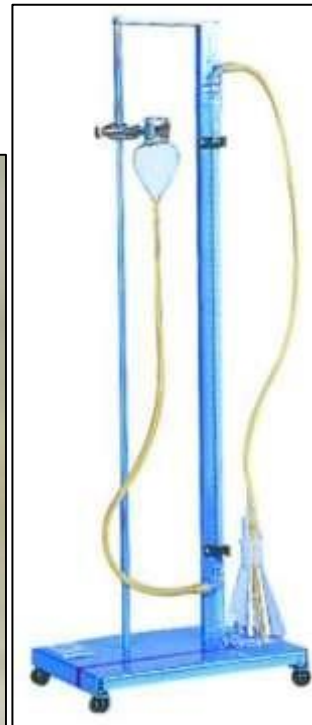


ALCANES

1	CH ₄	methane
2	CH ₃ CH ₃	ethane
3	CH ₃ CH ₂ CH ₃	propane
4	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	butane
5	C ₅ H ₁₂	pentane
6	C ₆ H ₁₄	hexane
7	C ₇ H ₁₆	heptane
8	C ₈ H ₁₈	octane
9	C ₉ H ₂₀	nonane
10	C ₁₀ H ₂₂	decane

CALCIMETRIE

- % Ca
- % TOTAL (Ca & Mg)



DESCRIPTION DES CUTTINGS



Type de roche, Couleur, Taille des grains, Dureté, Forme, Classement des grains,

