



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Étude des Réservoirs Gréseux des Zones Sud et Sud-Est de la Marge d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

*Ablé Guiako Jonas, PhD*

*Féa Issac, PhD*

*Yao N'Goran, PhD*

*Bamba Moritié Kader, PhD*

*Doukouré Mamery, PhD*

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n40p187](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n40p187)

Submitted: 16 June 2021

Accepted: 21 December 2022

Published: 31 December 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Jonas A.G., Issac F., N'Goran Y., Kader B.M. & Mamery D. (2022). *Étude des Réservoirs Gréseux des Zones Sud et Sud-Est de la Marge d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (40), 187. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n40p187>

### Résumé

Les réservoirs gréseux des puits Yans 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 du bassin offshore de Côte d'Ivoire ont fait l'objet d'analyse à l'aide du granulomètre, du diffractomètre de rayon X et du spectromètre de fluorescence à rayon X. Les réservoirs gréseux des puits Yans 1 et 2 d'âge Albien et des puits Yans 3, 4 et 5 d'âge Campanien-Cénomaniens sont constitués de sables moyens à grossiers et médiocrement triés, tandis que ceux des puits Yans 6 et 7 d'âge Turonien-Cénomaniens sont silteux et bien triés. La minéralogie et la composition chimique des grès réservoirs des puits Yans 1, 2, 6 et 7 montrent qu'ils sont moins matures que ceux des puits Yans 3, 4 et 5. La dissolution des feldspaths et la formation du quartz et de la kaolinite secondaires impactent sur la qualité des réservoirs. Ainsi, la qualité des réservoirs gréseux des puits Yans 3, 4 et 5 est meilleure que celle des puits Yans 1, 2, 6 et 7. Les minéraux lourds sont plus abondants dans les sables grossiers et moyens que dans les sables fins. Seul, le zircon est fréquent dans les réservoirs silteux. Les rapports des éléments chimiques  $Al_2O_3/TiO_2$  et  $Zr_2O_3/Y$  indiquent que tous les sédiments détritiques meubles (sables et siltites) qui constituent les réservoirs gréseux de tous les puits Yans prennent leur source du démantèlement du socle

birimien. La chloritisation et l'illitisation sont les processus qui ont été à la base de la transformation des smectites en minéraux simples et interstratifiés.

---

**Mots-clés:** Minéraux lourds, chloritisation, illitisation, quartz secondaire, kaolinite secondaire

---

## **Study of Sandstone Reservoirs in the East and South-east Zones of the Abidjan Margin (Ivory Coast)**

*Ablé Guiako Jonas, PhD*

*Féa Issac, PhD*

*Yao N'Goran, PhD*

*Bamba Moritié Kader, PhD*

*Doukouré Mamery, PhD*

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The sandstone reservoirs of Yans 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 drillings in the offshore basin of Ivory Coast were analyzed using the particle sizer analyzer, X-ray diffractometer and X-ray fluorescence spectrometer. The sandstone reservoirs of Yans drillings 1 and 2 of Albian age and Yans drillings 3, 4 and 5 of Campanian-Cenomanian age are constituted of medium to coarse and poorly sorted sands, While those of Yans drillings 6 and 7 of Turonian-Cenomanian age are silty and well sorted. The mineralogy and chemical composition of the reservoir sandstones from Yans 1, 2, 6 and 7 drillings show that they are less mature than those from Yans 3, 4 and 5 drillings. The dissolution of feldspars and the formation of secondary quartz and kaolinite have an impact on the quality of reservoirs. Thus, the quality of the sandstone reservoirs of Yans 3, 4 and 5 drillings is better than that of Yans 1, 2, 6 and 7 drillings. Heavy minerals are more abundant in coarse and medium sands than in fine sands. Alone, zircon is common in silty reservoirs. The ratios of the chemical elements  $Al_2O_3/TiO_2$  and  $Zr_2O_3/Y$  indicate that all the loose detrital sediments (sands and siltstones) which constitute the sandstone reservoirs of all the Yans drillings originate from the dismantling of the Birimian bedrock. Chloritization and illitization are the processes that have been at the basis of the transformation of smectites into simple and interstratified minerals.

---

**Keywords:** Heavy minerals, Chloritization, illitization, secondary quartz, secondary kaolinite

## 1. Introduction

Depuis son indépendance, les investigations de l'Etat ivoirien dans le domaine pétrolier sont de plus en plus encourageantes. Plusieurs champs ont été développés avec succès et permettent aujourd'hui l'exploitation d'importantes accumulations d'hydrocarbures essentiellement dans la partie immergée de son bassin sédimentaire. En amont, ces investigations sont soutenues par de nombreux travaux scientifiques sur les formations gréseuses susceptibles de constituer les bons réservoirs dans ledit bassin. Ils ont abouti à la détermination des faciès lithologiques, des figures sédimentaires, ainsi que les mécanismes ayant gouverné leur mise en place (Ouattara et Assalé, 2016 ; Féa et Jean 2018 ; Féa et Anne, 2019). Toutefois, la contribution de la minéralogie, de la granulométrie et de la géochimie minérale à la compréhension de l'origine et de l'évolution tant temporelle que spatiale de ces réservoirs demeure encore très faible sur toute l'étendue du bassin ivoirien.

Ainsi, les blocs qui abritent les sept puits Yans 1, 2, 3, 4, 5 6 et 7 restent inexplorés à ce jour. De ce qui précède, l'on pourrait s'interroger sur l'origine, le paléoenvironnement des dépôts silicoclastiques ainsi que sur leur évolution diagenétique au cours des temps géologiques.

Ce présent travail a été initié en vue d'étudier la qualité des réservoirs gréseux des blocs pétroliers situés entre les longitudes 5°07'03, 944'' N ; 4°36'51,5933'' N et les latitudes 4°36'51.5933'', 4°02'21,272''W (figure 1). Les objectifs spécifiques de ce travail sont i) de déterminer la granulométrie des sédiments afin d'apprécier leur condition de mise en place ; ii) d'établir l'origine et l'état de diagenèse de ces sédiments à partir des minéraux lourds et argileux et des éléments chimiques rencontrés.

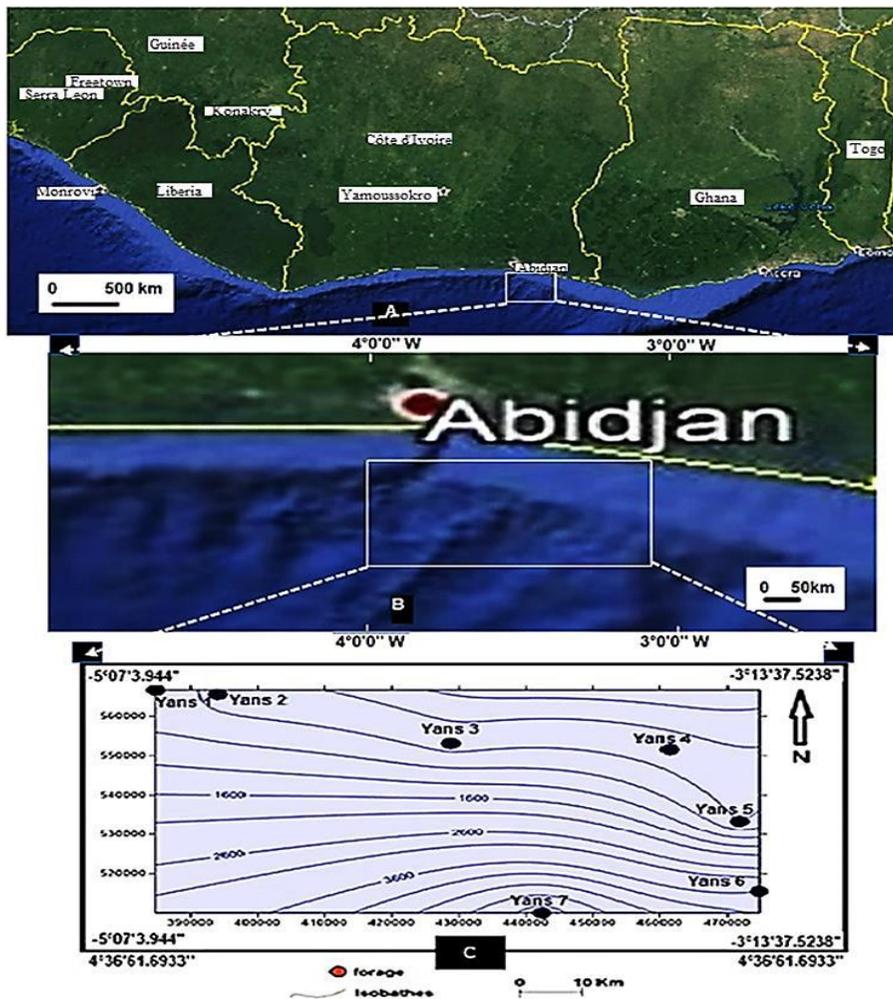


Figure 1. Présentation de la zone d'étude (A et B), carte bathymétrique et positionnement des puits étudiés (C). (Antobreh et Faleide, 2009 in Ye Jing, 2016)

## 2. Matériel et Méthode

En vue de faire une analyse granulométrique, quarante-neuf (49) échantillons de grès des puits Yans 1 à 7 sont prélevés et attaqués à l'eau oxygénée et à l'acide chloridrique. Ils sont ensuite analysés au granulomètre laser ou à la tamiseuse électrique en fonction de la taille des particules. Les différents paramètres granulométriques (la moyenne ( $Mz$ ), l'indice de classement (écart-type ou *sorting*), l'asymétrie (*Skewness*), la médiane ( $Md$ ) et le mode ( $Mo$ ) obtenus sont interprétés selon les normes de Saaidi, (1991). Les faciès granulométriques sont identifiés à partir des courbes cumulatives semi-logarithmiques (Tricart, 1965). Par ailleurs, une partie des échantillons a été analysée au diffractomètre de Rayons-X « D8 Advance » de type Bruker,

utilisant la radiation  $K\alpha$  du cobalt ( $\lambda K\alpha_1$ ;  $\text{Co} = 1,78897 \text{ \AA}$ ), et au spectromètre de fluorescence de rayon X, renseigne respectivement sur la nature des minéraux et des éléments chimiques qui composent les échantillons.

### 3. Résultats et interprétation

#### 3.1 Granulométrie des sables des réservoirs gréseux

##### Puits Yans 1

Le réservoir gréseux d'âge Albien est généralement constitué de sables moyens à médiocrement classés. Les courbes de fréquence sont régulièrement asymétriques vers les sables grossiers et sont trimodales (figures 2).

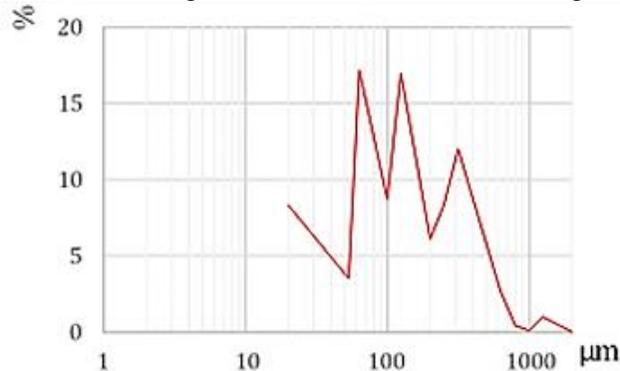
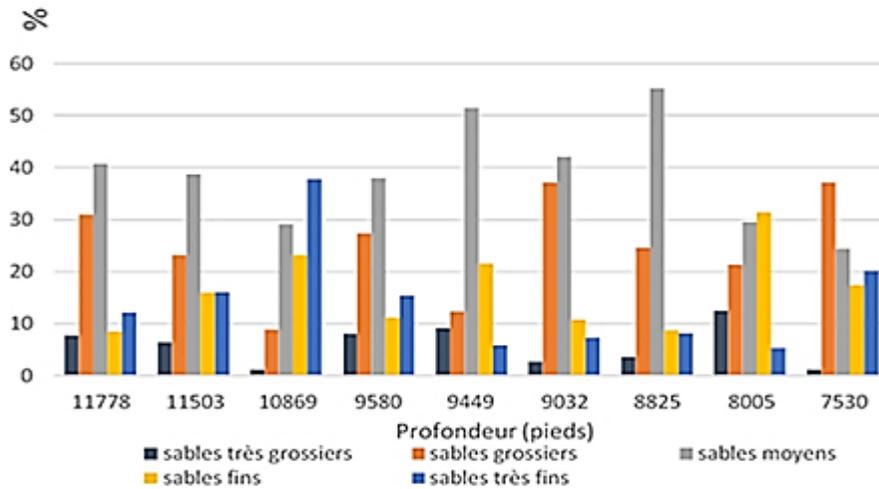


Figure 2. Courbe trimodale du puits Yans 1

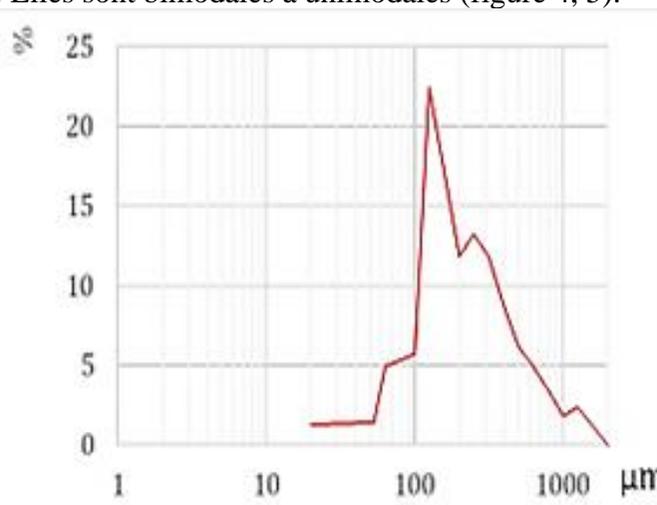
La taille des sables est granocroissante à la base contrairement à la partie sommitale où elle devient brusquement granodécroissante. La granulométrie des sables fins à très fins est croissante de 11778' à 10869' tandis que celle des sables moyens et grossiers décroît dans cet intervalle (figure 3). Cependant, de 10869' à 8825', la proportion de sables moyens à grossiers augmente avec une chute de celle des sables fins à très fins. Puis à nouveau, la quantité de sables fins à très fins croît et celle des sables moyens décroît vers 7530'. Le transport des sables s'est fait dans le domaine de haute énergie (Chester, 1968). Dans le sens vertical de la sédimentation, le transport des grains se fait principalement par roulement jusqu'à la cote 8825' puis par saltation et suspension (Mahomed, 2007).



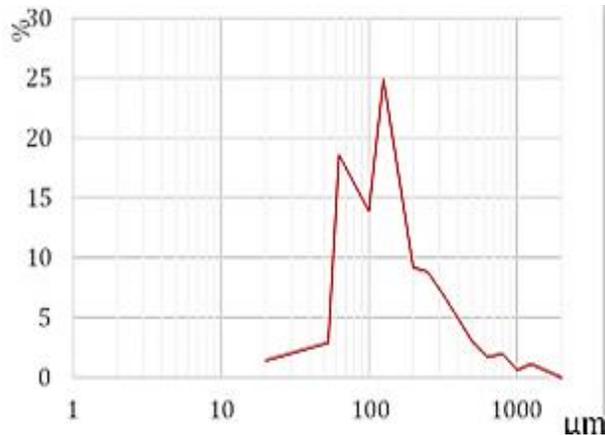
**Figure 3.** Histogramme de la variation de la taille des sables du réservoir gréseux du puits Yans 1.

### Puits Yans 2

Les sables du réservoir gréseux d'âge Albien sont fins à moyens et médiocrement classés. Les courbes de fréquence sont asymétriques vers les sables fins ou asymétriques vers les sables grossiers et souvent presque symétriques. Elles sont bimodales à unimodales (figure 4, 5).

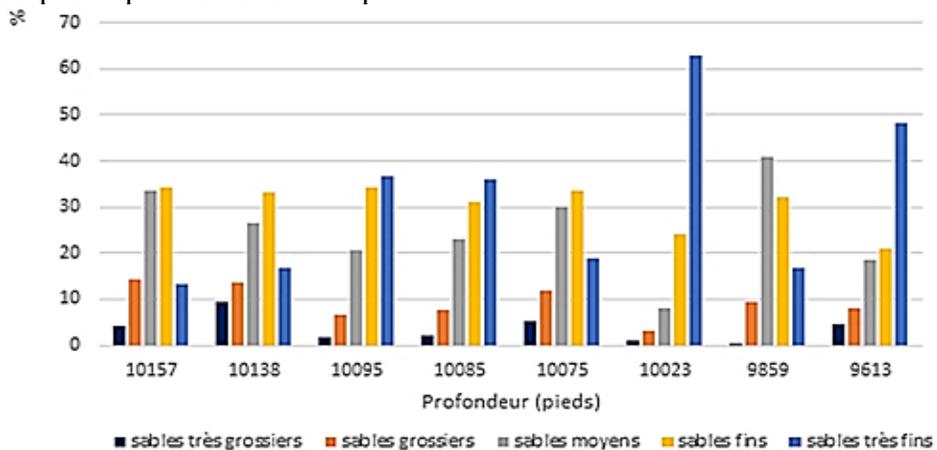


**Figure 4.** Courbe unimodale



**Figure 5.** Courbe bimodale 2

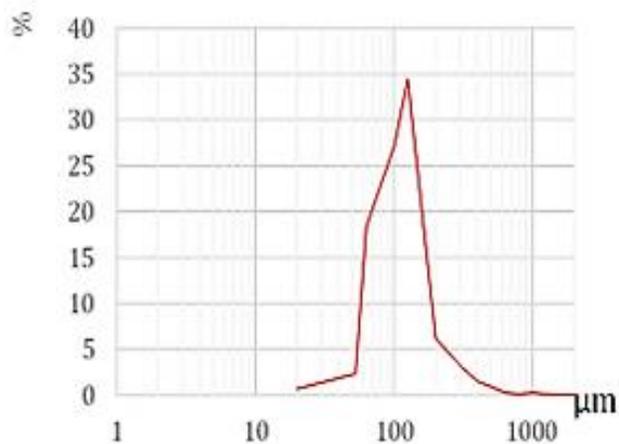
La taille des sables est granodécroissante (figure 6) dans le sens de la sédimentation. La proportion de sables moyens à fins décroît de 10157' à 10023'. Ces sables sont particulièrement abondants à 9859'. La proportion de sables très fins croît de 10157' à 9613'. Ils sont prépondérants à la cote 10023'. Le transport des sables s'est fait dans le domaine de haute à faible énergie. Dans le sens vertical de la sédimentation, la proportion des grains transportée par roulement diminue tandis qu'augmentent la proportion des grains transportés par saltation et suspension.



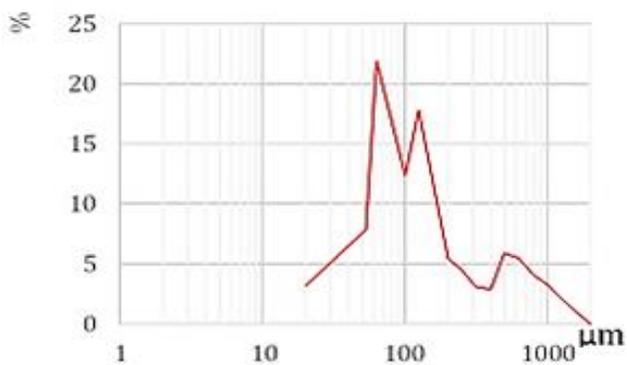
**Figure 6.** Histogramme de la variation de la taille des sables du réservoir du puits Yans 2

### Puits Yans 3

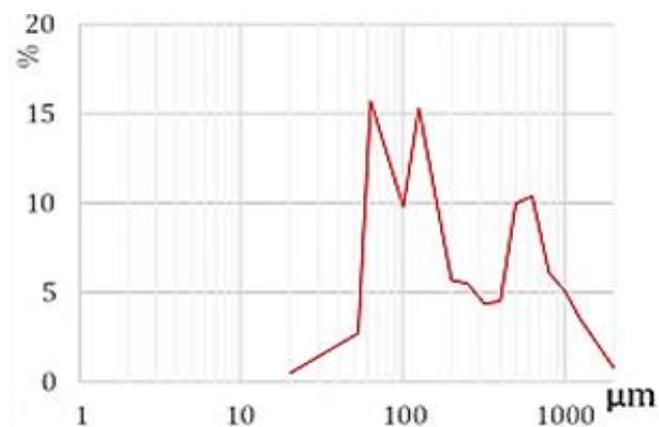
Les sables du réservoir gréseux d'âge Campanien sont fins à moyens et médiocrement classés. Les courbes de fréquences sont généralement asymétriques vers les sables fins ou presque symétriques. Elles sont unimodales à trimodales (figure 7 ; 8 et 9).



**Figure 7.** Courbe unimodale du puits Yans 3



**Figure 8.** Courbe bimodale du puits Yans 3



**Figure 9.** Courbe trimodale puits Yans 3

Les sables du réservoir gréseux du puits Yans 3 sont généralement grandécroissants dans le sens de la sédimentation (figure 10). La proportion de sables fins et très fins augmente de 6790' à 6310'. Ces classes de sables sont plus abondantes à la cote 6430'. La quantité de sables moyens à très grossiers décroît de 6790' à 6310'. Cependant, les sables moyens sont abondants aux cotes 6430' et 6340'. Le transport des sables s'est fait dans le domaine de haute à basse énergie. Dans le sens vertical de la sédimentation, la proportion des grains transportée par roulement diminue tandis qu'augmentent la proportion des grains transportés par saltation et suspension.

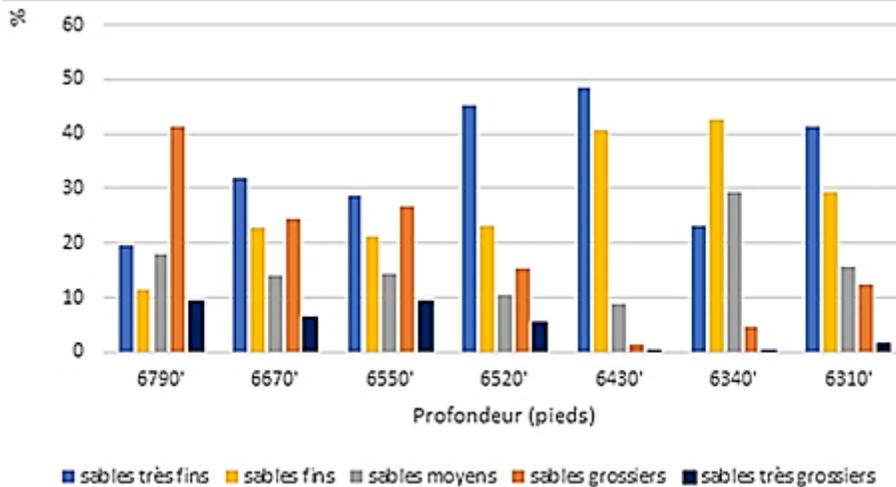


Figure 10. Histogramme de la variation de la taille des sables du réservoir du puits Yans 3

### Puits Yans 4

Le réservoir gréseux d'âge Maestrichtien est composé de sables fins à moyens, rarement grossiers. Ils sont médiocrement classés, par moment mal classés. Les courbes de fréquence sont asymétriques vers les sables fins ou asymétriques vers les sables grossiers, ou encore presque symétriques. Elles sont unimodale à bimodale (figure 11 et 12).

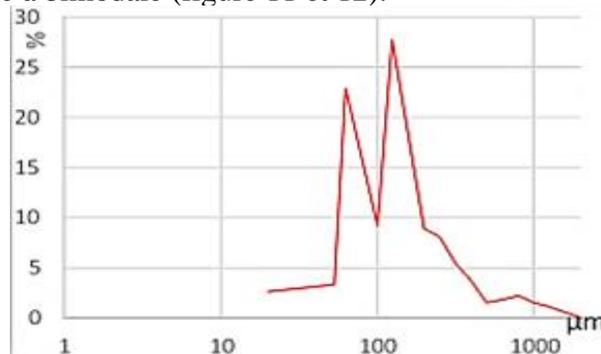
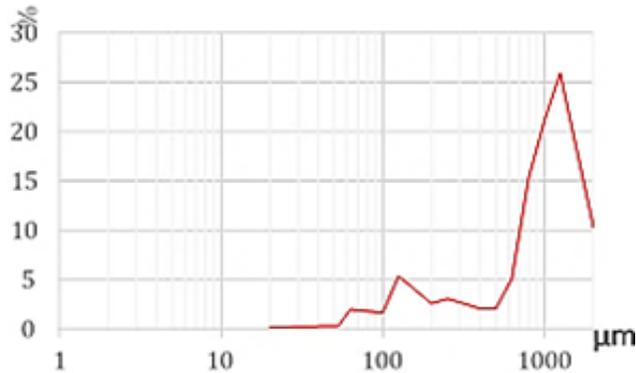
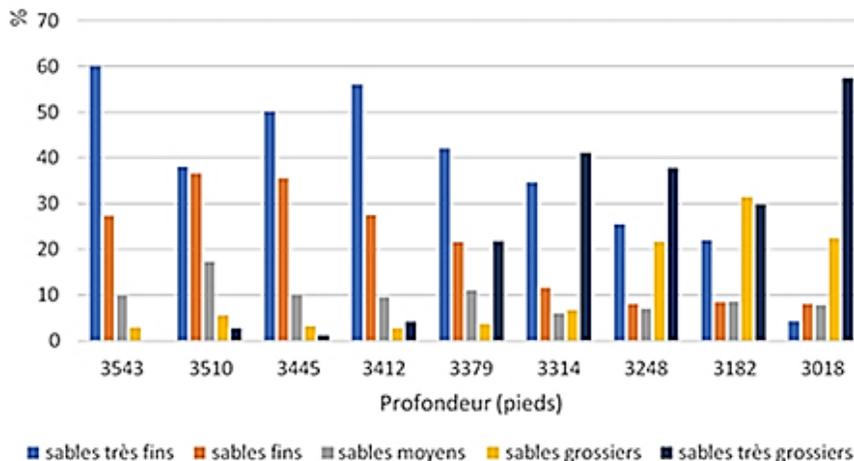


Figure 11. Courbe bimodale du puits Yans 4



**Figure 12.** Courbe unimodale du puits Yans 4

La granulométrie des sables est granocroissant vers le haut de la sédimentation (figure 13). Le pourcentage de sables fins et très fins augmente progressivement de la cote 3510' à 3412'. Puis, il décroît de 3412' à 3018'. Les sables très fins atteignent leur maximum (60%) à la cote 3543'. La proportion de sables grossiers à très grossiers croît de 3543' à 3018' où les sables très grossiers atteignent un maximum de 58%. Quant aux sables moyens, leur pourcentage varie peu et il est compris entre 5 et 15% dans le réservoir. La proportion de dépôts grossiers, transportés par roulement augmente dans le sens vertical de la sédimentation. Elle traduit un accroissement de l'énergie du milieu tant que la proportion de grains fins, transportée par saltation et suspension baisse progressivement. Elle traduit une baisse de l'énergie du milieu. Le transport des sables, dans le sens de la sédimentation s'est fait du domaine de basse énergie au domaine de haute énergie.



**Figure 13.** Histogramme de la variation de la taille des sables du réservoir du puits Yans 4

### Puits Yans 5

Les sables du réservoir gréseux d'âge Campanien, fins à grossiers, sont médiocrement classés. Les courbes de fréquence sont asymétriques vers les sables fins ou asymétriques vers les sables grossiers ou presque symétriques. Elles sont unimodale à trimodale (figure 14 ; 15 et 16).

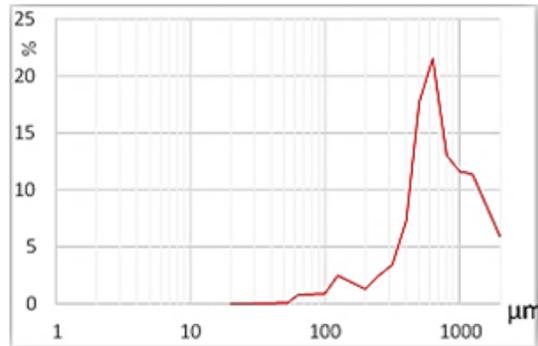


Figure 14. Courbe unimodale du puits Yans 5

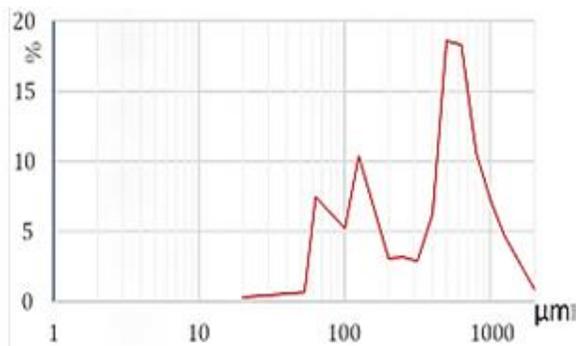


Figure 15. Courbe bimodale du puits Yans 5

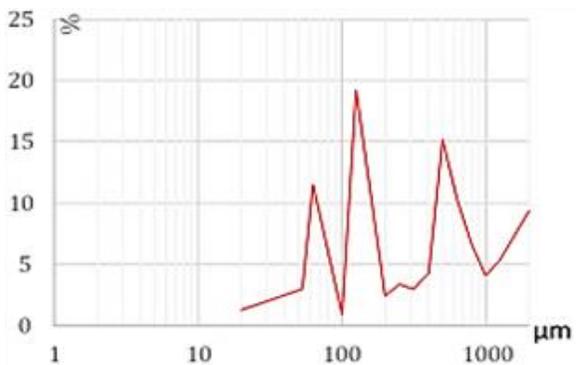
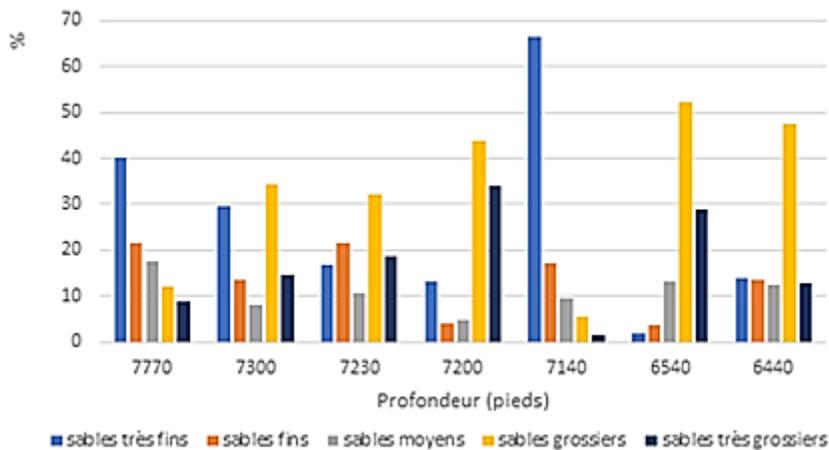


Figure 16. Courbe trimodale du puits Yans 5

La granulométrie des sables est granocroissant vers le haut de la sédimentation (figure 17). Le pourcentage de sables grossiers à très grossiers croit des cotes 7770' à 6440' avec un pourcentage variante de 5 à 53%, sauf à la cote 7140' où les sables très fins sont en très forte proportion jusqu'à 68%. La proportion de 40% à 11% de sables fins et très fins décroît de 7770' à 6440'. Le pourcentage de sables moyens varie peu de 9 à 17 % dans le réservoir. Dans le sens vertical de la sédimentation, la proportion des grains grossiers, transportés par roulement croit. Elle traduit une augmentation de l'énergie du milieu. Cependant, la proportion de grains fins, transportée par saltation et suspension baisse progressivement. Elle traduit une baisse de l'énergie du milieu. À la cote 7140', la chute brusque de l'énergie du milieu se traduit par des dépôts à grains très fins, transportés par saltation et suspension, rarement par roulement.



**Figure 17.** Histogramme de la variation de la taille des sables propre du réservoir du puits Yans 5

### Puits Yans 6

Le réservoir est d'âge Sénonien inférieur et constitué de siltites très bien classées dont le pourcentage variant de 75 à 88%, décroît progressivement dans le sens de la sédimentation. La proportion de sables très fins, fins et moyens varie peu dans le réservoir avec des valeurs comprises entre 2 et 7%. Les sables grossiers à très grossiers font leur apparition avec un pourcentage de 1 à 3% à la cote 9810', contenant toutes les classes de roches détritiques meubles (figure 18). Le bon classement des particules diminue dans le sens de dépôt et le transport s'effectue par suspension intégrale et continue dans la tranche d'eau.

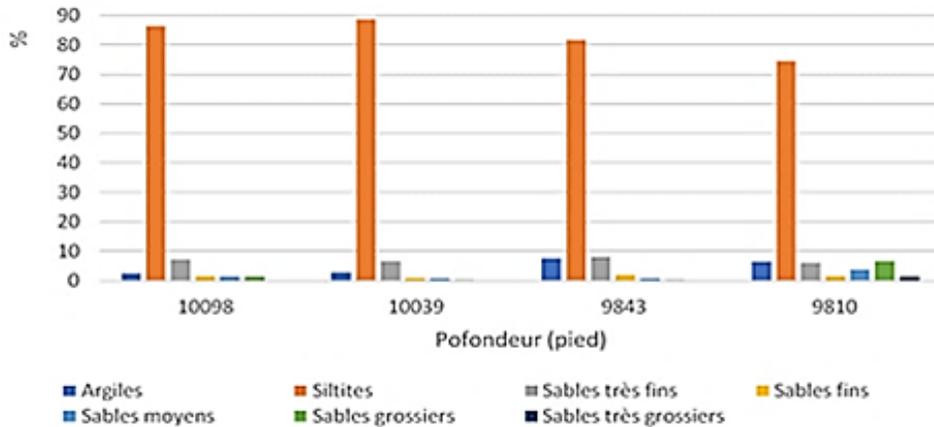


Figure 18. Histogramme de la variation de la taille réservoir des particules fines

### Puits Yans 7

Le réservoir d'âge Cénomaniens est aussi constitué de siltites très bien classées dont le bon classement des particules croît modérément dans le sens de la sédimentation. Toutes les classes sont représentées à chaque cote et elle reste largement dominée par les siltites avec un pourcentage compris entre 80 et 90% (figure 19). Le transport s'effectue par suspension intégrale et continue dans la tranche d'eau.

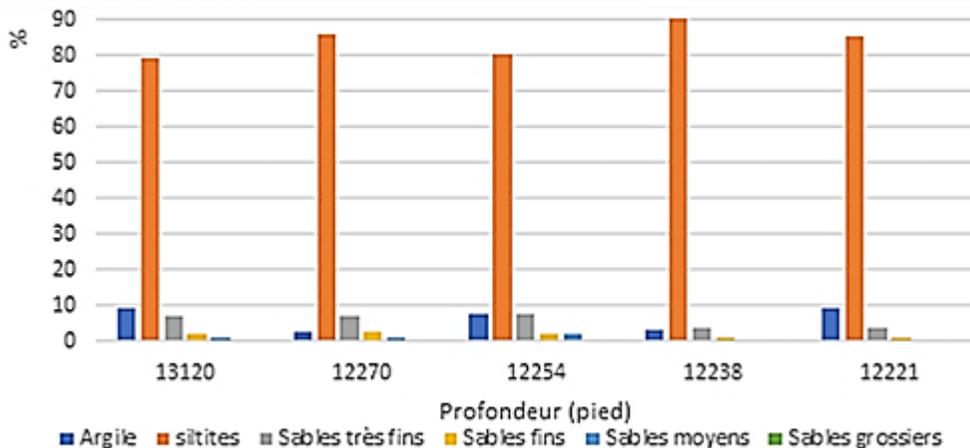


Figure 19. Histogramme de la variation de la taille réservoir des particules fines

### 3.1.1. Variation verticale de la granulométrie des dépôts silicoclastiques

Les premiers réservoirs gréseux formés à l'Albien sont constitués de sables moyens à souvent fins et médiocrement triés. Les réservoirs du Cénomaniens et du Sénonien inférieur sont silteux. La proportion de siltites décroît légèrement du Cénomaniens au Sénonien inférieur et s'accompagne

d'une baisse progressive de la qualité du tri. Au Campanien comme au Maestrichtien, les réservoirs sont composés de sables moyens à fins, médiocrement classés.

### 3.1.2. Facies granulométriques

Les courbes cumulatives des sables des réservoirs des puits Yans 1, 2, 6 et 7 sont de type hyperbolique (figure 20). Cependant, celles des sables des puits Yans 3, 4, 5 sont de types hyperboliques et paraboliques (figure 21).

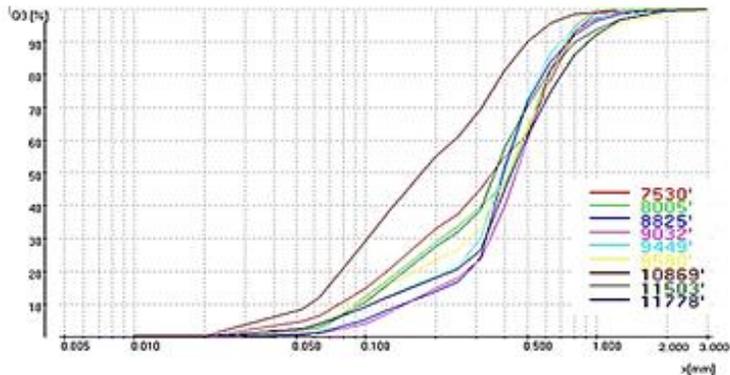


Figure 20. Courbes hyperboliques

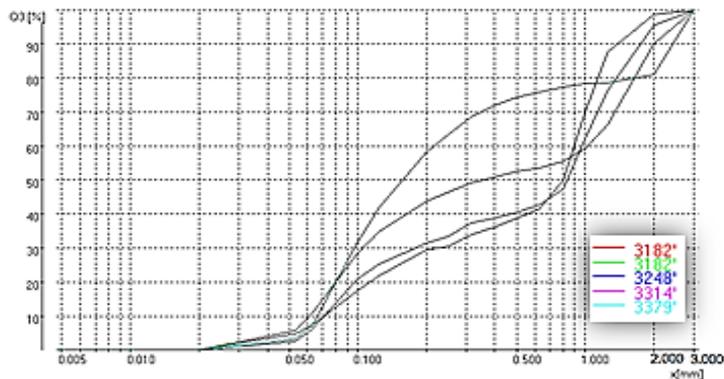
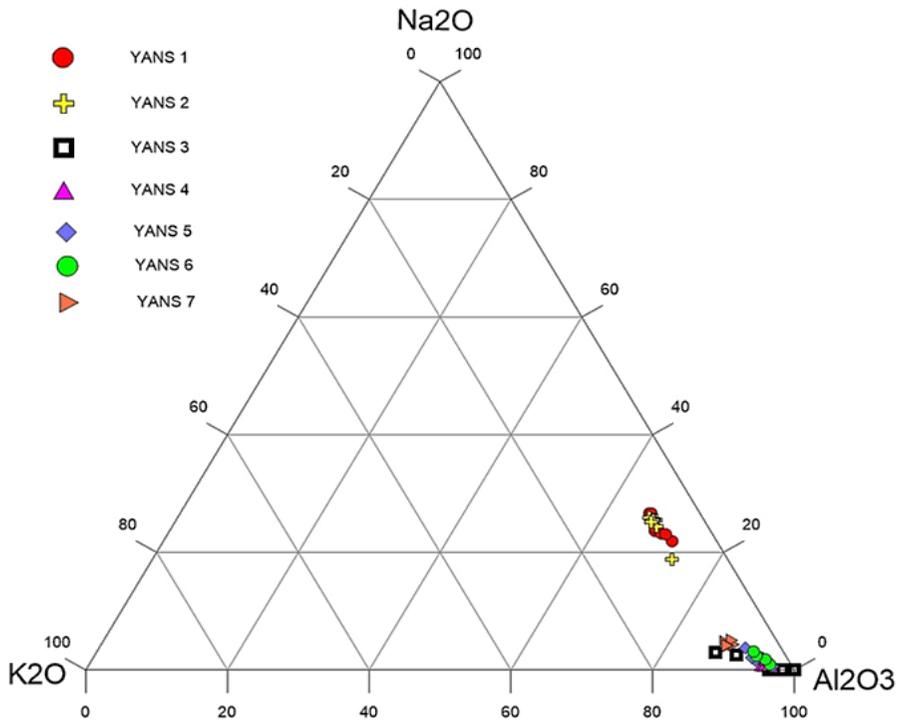


Figure 21. Courbes paraboliques

## 3.2 Composition chimique et minéralogie des sables propres des réservoirs gréseux

D'après les diagrammes ternaires  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  de la figure 22, les sables des réservoirs des puits Yans 3, 4, 5, 6 et 7 sont très pauvres en potassium et en sodium mais riches en aluminium. Le chimisme de ces sables évolue vers le pôle alumineux. Cependant, les sables des réservoirs des puits Yans 1 et 2 ont une composition chimique relativement riche en sodium, pauvre en potassium et reste prédominée par l'aluminium. Dans le chimisme

de ces sables (Yans 1 et 2), il y'a une tendance à s'éloigner du pôle alumineux et se rapprocher du pôle sodique.



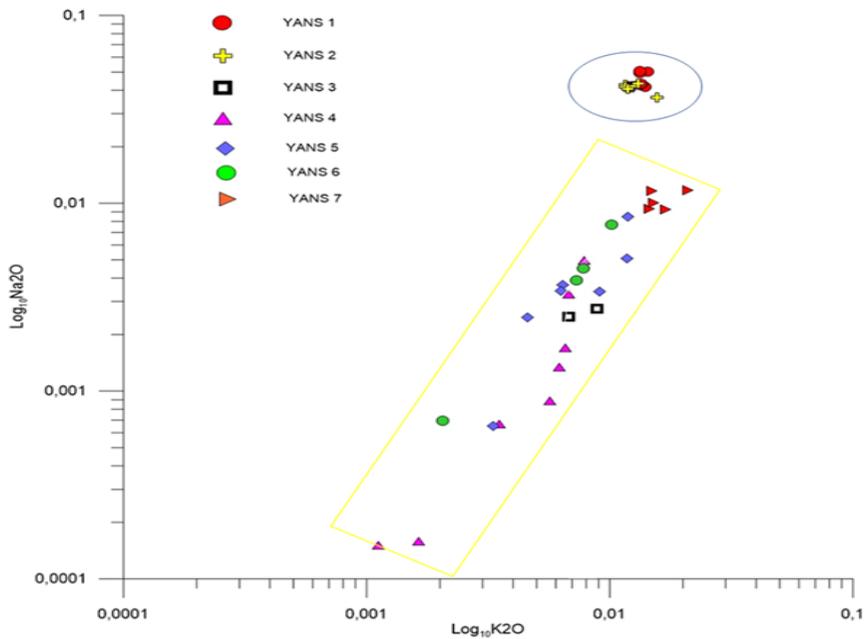
**Figure 22.** Diagramme Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> montrant l'évolution chimique des sables propres dans les réservoirs gréseux des puits étudiés

Ce diagramme met en évidence deux (2) grands groupes : un groupe composé des sables des puits Yans 1 et 2, qui a tendance à être plus sodique et potassique, et un autre groupe comprenant ceux des puits Yans 3, 4, 5, 6 et 7, qui est plus alumineux.

D'après la figure 23, lorsque le rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O est supérieur à 2.67, ce sont les minéraux tels que les feldspaths potassiques (le microcline, l'orthose et la sanidine) qui dominent très largement sur les feldspaths sodiques. Ce cas est observé pour les sables des puits Yans 3, 4 et 5 où les valeurs K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O sont comprises entre 2.72 et 10.33. Par contre, un rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O inférieur à 2.67 indique la prédominance des feldspaths sodiques et/ou des plagioclases sur les feldspaths potassiques comme noté dans les puits Yans 1, 2 avec K<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O compris entre 0.26 et 0.3. Ces minéraux sont essentiellement composés d'albite, de labrador, et d'anorthite.

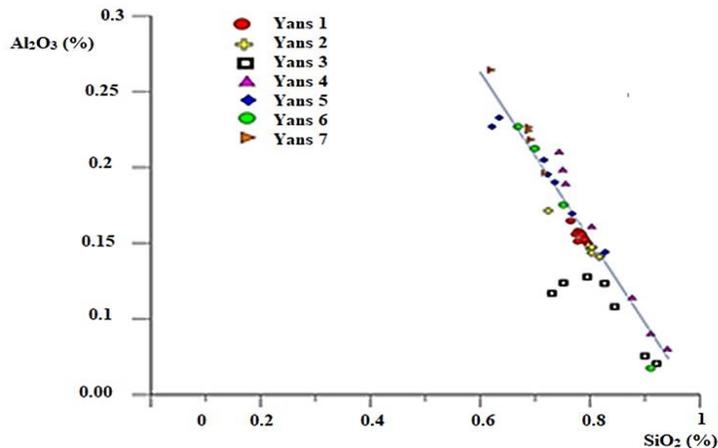
Selon l'analyse au DRX, les feldspaths sodiques (albite) prédominent sur les feldspaths potassiques alors que le rapport K<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O est supérieur à 2.67 dans les réservoirs des puits Yans 6 et 7 (figure 23). Il en découle que le

potassium serait fourni par la muscovite et les argiles qui sont très présentes dans les sables très fins des réservoirs de ces deux puits Yans 6 et 7.



**Figure 23.** Diagramme binaire  $\text{Log}_{10} \text{K}_2\text{O}/\text{Log}_{10} \text{Na}_2\text{O}$ , montrant leur évolution chimique dans les sables propres réservoirs gréseux des puits étudiés

Il existe une corrélation négative entre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{SiO}_2$  des sables réservoirs de tous les puits (figure 24). Cette corrélation montre qu'il y'a une substitution entre l'aluminium et le silicium dans le système cristallin des sables.



**Figure 24.** Corrélation négative  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  des sables réservoirs des puits étudiés

### **3.3. Minéraux lourds des réservoirs gréseux**

Les minéraux lourds qui font partie des constituants des sables mais avec une densité plus élevée sont représentés dans ce travail par : l'ilménite, le spinelle chromifère, le zircon, le titanite et le rutile. Leur proportion dans les réservoirs gréseux diffère d'un puits à un autre (figure 25).

La quantité de zircon est inférieure ou égale 1% dans les sables des puits Yans 1, 2, 3, 4 et 5 et 3 à 4% pour les puits Yans 6 et 7.

L'ilménite est présente, mais en faible quantité dans les sables des puits Yans 1 et 5.

Le rutile est en forte proportion dans les sables des puits Yans 1 et 2 avec un maximum de 7% et des valeurs à 2-3% dans réservoirs des puits Yans 6 et 7. Ces valeurs sont inférieures à 2% dans les sables des puits Yans 3, 4 et 5.

Le spinelle chromifère à des valeurs supérieures à 3% dans les sables des puits Yans 1 et 3 et inférieures ou égale à 1% dans les sables des réservoirs des autres puits.

La titanite est unique minéral lourd présente dans les sables du réservoir du puits Yans 1.

En général, la nature et la teneur en minéraux lourds diminuent avec la décroissance de la taille moyenne des sables. Les minéraux lourds sont donc plus concentrés dans les sables grossiers à moyens, modérément bien à mal triés que dans les sables fins et à très fins.

Cependant, le zircon et parfois le rutile (respectivement de 3.9 et 4.23 de densité) sont associés aux réservoirs silteux des puits Yans 6 et 7.

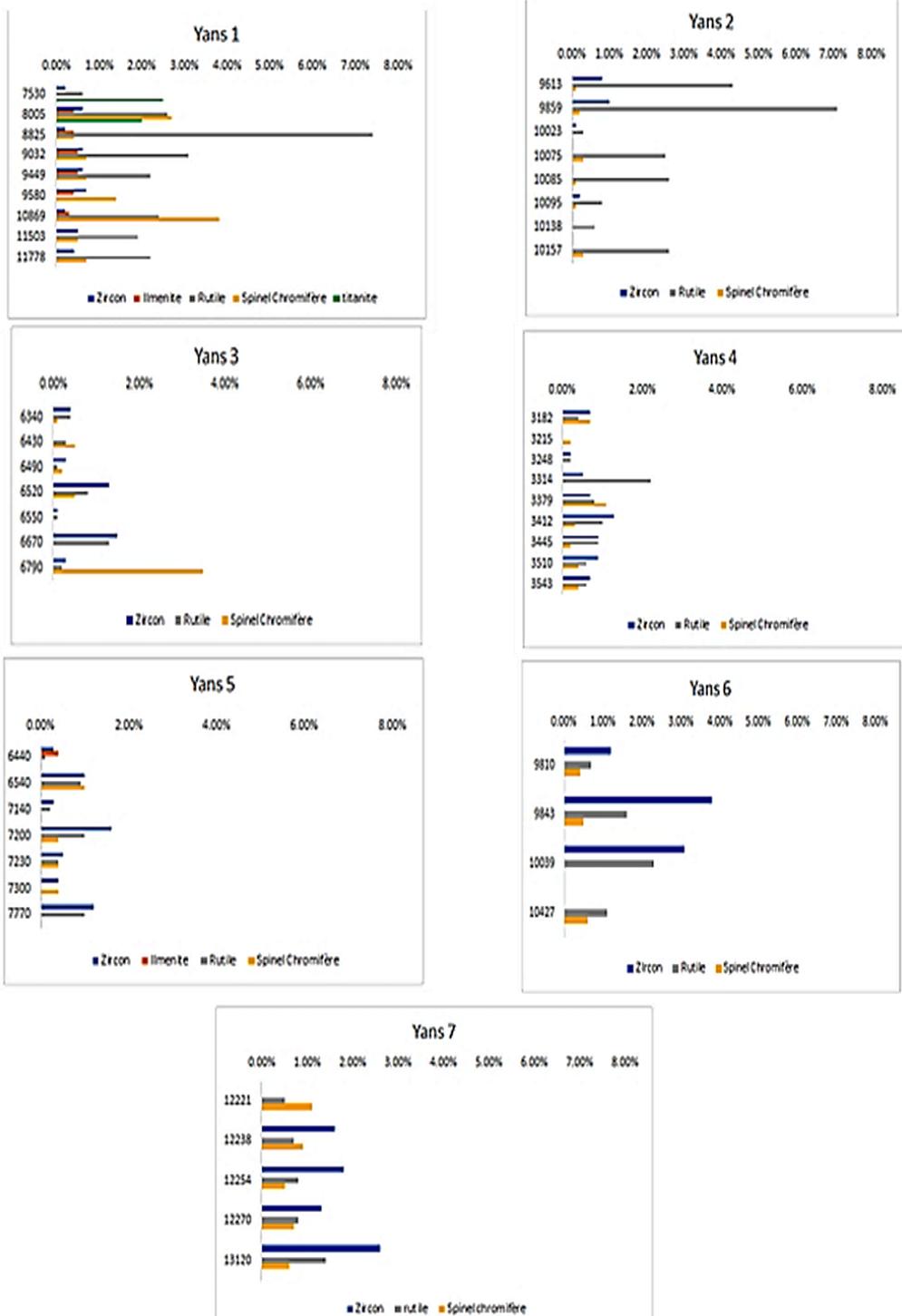
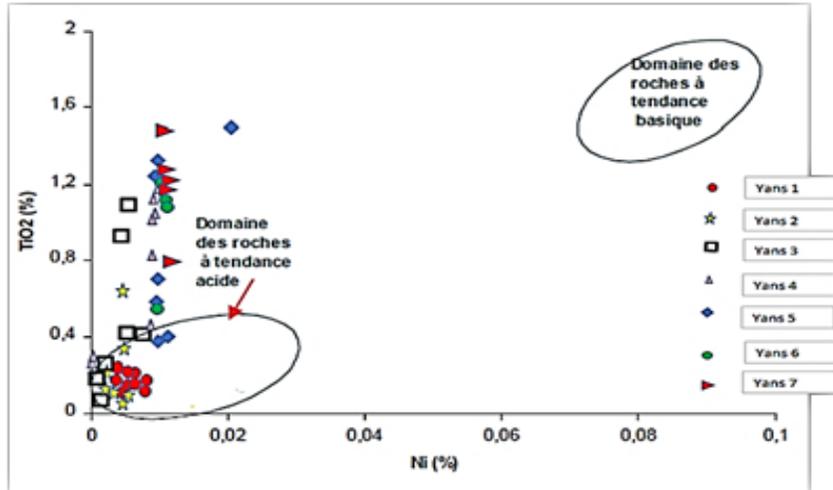


Figure 25. Répartition verticale des minéraux lourds dans les réservoirs gréseux

### 3.4. Sources des sédiments meubles des réservoirs gréseux

Le diagramme TiO<sub>2</sub>/Ni de Floyd et Parck (1989) (figure 26) montre que les grès des réservoirs des puits Yans 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont plus proches des roches à tendance acide.



**Figure 26.** Répartition des minéraux lourds dans les réservoirs gréseux des puits étudiés

Les valeurs du rapport Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> (Tableau I) sont élevées dans tous les réservoirs gréseux. Néanmoins, les valeurs les plus élevées se trouvent dans les puits Yans 1 et 2, où elles atteignent un maximum de 112,3 dans le réservoir du puits Yans 1 et de 96,1 dans le réservoir du puits Yans 2. Ces fortes valeurs sont liées à une pauvreté en titane contrairement dans les réservoirs des autres puits. Les valeurs du rapport Zr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y (Tableau II) dans les réservoirs gréseux sont plus faibles que celles du rapport Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>.

**Tableau I.** Rapport Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> des sables des réservoirs gréseux étudiés

	Yans 1	Yans 2	Yans 3	Yans 4	Yans 5	Yans 6	Yans 7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	103,5	60,6	10,4	18,9	27,7	14,7	21,9
	82,4	96,1	22,4	16,9	26,3	22,2	21,7
	64,7	21,9	26,7	16,3	14,1	19,9	22,7
	61,9	43,3	7,3	16,9	31,9	19,3	20,5
	112,3	84,1	25,7	17,9	25,4		19,2
	75,6	55,8	27,2	19,9	17,5		
	40,2	75,7	18,2	18,5	16,5		
	80,7	68,9		19,0			
	48,7						

**Tableau II.** Rapport  $Zr_2O_3/Y$  des sables des réservoirs gréseux

	Yans 1	Yans 2	Yans 3	Yans 4	Yans 5	Yans 6	Yans 7
<b>Zr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Y</b>	19,0	19,3	26,4	25,8	26,0	33,6	14,2
	19,2	20,4	23,6	28,7	18,9	26,9	15,0
	21,4	21,7	23,4	31,1	18,7	31,4	15,5
	17,9	24,8	26,9	39,0	19,1	24,6	13,3
	24,3	25,2	23,8	48,6	19,6		20,5
	19,0	25,9	24,4	43,1	20,2		
	18,7	23,2	32,7	33,9	20,2		
	27,9	22,74		34,8			
	18,5						

### 3.5. Minéraux argileux des réservoirs gréseux

Le cortège de minéraux argileux indique une omniprésence de la kaolinite dans tous les réservoirs gréseux. Toutefois, la proportion de cette kaolinite est relativement modeste dans les réservoirs gréseux des puits Yans 1, 2, 6 et 7 au regard des puits Yans 3, 4 et 5.

L'illitisation et la chloritisation des smectites auraient transformé la totalité des smectites dans les réservoirs gréseux des puits Yans 1, 2, 5, 6 et 7, sauf dans les puits Yans 4 et 3 où ils existent en faible quantité.

Le cortège de minéraux argileux indique une omniprésence de la kaolinite dans tous les réservoirs gréseux. Mais la proportion de cette kaolinite est relativement modeste dans les réservoirs gréseux des puits Yans 1, 2, 6 et 7 par rapport à ceux des puits Yans 3, 4 et 5

L'illitisation et la chloritisation des smectites auraient transformé la totalité des smectites dans les réservoirs gréseux des puits Yans 1, 2, 5, 6 et 7, sauf dans les puits Yans 4 et 3 où ils existent en faible quantité.

## 4. Discussion

L'étude granulométrique sur graphique a donné des courbes de type hyperbolique. Ce type de courbe suggère que le dépôt sableux s'est réalisé du fait d'une variation faible et modérée dans la compétence du courant de transport. Ce dépôt concerne les réservoirs de tous les puits. Par contre, les courbes de type parabolique observées indiquent un arrêt brutal lors du transport de ces sédiments. Il y a donc eu dépôt forcé (Yao, 2012). Ce faciès est le plus souvent associé à des sédiments où le transport des particules a pu s'effectuer en suspension graduée pour les particules grossières et en suspension uniforme pour les particules fines.

L'étude minéralogique et l'étude géochimique ont montré que la minéralogie et la composition chimique des grès réservoirs des puits 1, 2, 6 et 7 montrent qu'ils sont moins matures car plus riches en feldspaths que ceux des puits Yans 3, 4 et 5 plus riches en quartz (Pettijohn et Potter, 1972). Selon

Giresse (1979), la répartition de ces minéraux est tributaire des conditions dynamiques de l'environnement de dépôt, qui elles-mêmes dépendent des facteurs mécaniques (houles ou courant de marée, dérive littorale, courant de turbidité et débris-flow). Toutefois, d'après Rittenhouse (1943), la relation d'équivalence hydraulique établie entre la fraction lourde (les minéraux lourds) du sédiment et la fraction légère (les sables) ne s'applique qu'aux réservoirs riches en sable. Elles ne s'appliquent plus aux siltites de taille inférieure à 30  $\mu\text{m}$ , car les minéraux lourds qu'elles contiennent sont de très petites tailles. La différence de densité ne joue plus un rôle important dans le tri. Cette explication est en accord avec la forte concentration de zircon et souvent de rutile dans les réservoirs silteux des puits Yans 6 et 7.

D'après Fiffe et Pickerill (1993), les valeurs élevées du rapport  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  dans les réservoirs gréseux indiquent que l'origine des sédiments silicoclastiques est continentale. Spalletti et Queralt (2008) montrent qu'ils proviennent, d'après le diagramme  $\text{TiO}_2/\text{Ni}$ , de l'érosion de roches à tendance acide. Cette tendance est soutenue par le rapport  $\text{Zr}_2\text{O}_3/\text{Y}$  supérieur à 1, déterminant, selon des travaux (Bushan et Priyadarishi, 2010), que les sédiments terrigènes qui ont alimenté les réservoirs gréseux sont d'origine acide.

Les sédiments silicoclastiques qui ont formé les différents réservoirs, proviendraient du démantèlement du socle birimien, composé de roche acide (granite, granodiorite et roche métamorphique) et transportés par les eaux fluviatiles jusque dans le bassin sédimentaire.

La compression-dissolution est le processus diagenétique qui a le plus affecté les réservoirs gréseux. Ce processus est accompagné de fluide interstitiel sous-saturé en  $\text{K}^+$  et  $\text{Si}^{4+}$  qui ont entraîné la dissolution des feldspaths, la précipitation de la kaolinite authigène, du quartz secondaire et la création de porosité secondaire (Wazir, 2014) dans les puits Yans 3, 4 et 5. Cependant, dans les puits Yans 1, 2, 6 et 7, la compression-dissolution entraîne une dissolution très partielle des feldspaths détritiques. Le volume de dissolution dans les réservoirs gréseux des puits Yans 3, 4 et 5 est plus élevé que dans les réservoirs des puits Yans 1, 2, 7 et 6. Les réservoirs gréseux des puits Yans 3, 4 et 5 sont donc de bonne qualité comparés à ceux des puits Yans 1, 2, 6 et 7.

Les smectites subissent en fonction de la chimie du milieu, de la profondeur et de la température les phénomènes d'illitisation et de chloritisation (Meunier, 2005). Les réservoirs gréseux sont constitués de minéraux argileux interstratifiés et de minéraux argileux simples. Les minéraux argileux interstratifiés sont des phases intermédiaires, provenant de la chloritisation et de l'illitisation des smectites et les minéraux simples comme l'illite et la chlorite, proviennent de la transformation ultimes de ces minéraux argileux intermédiaires.

## Conclusion

Dans la partie ouest de la zone d'étude, les premiers réservoirs gréseux, constitués de sables grossiers à moyens sont d'âge albien. Au Sud-Est, au Sénonien inférieur et au Cénomaniens, ce sont plutôt les dépôts silteux, très bien triés qui constituent les réservoirs. Les sables des réservoirs d'âge Campanien et Maastrichtien, localisés à l'Est et à l'extrême Est sont grossiers à moyens. Ces sables sont généralement médiocrement triés.

À l'Ouest, à l'Est et à l'extrême est de la zone d'étude, le transport des sables s'est fait par roulement et suspension graduée. Les sables ont été transportés par un courant à énergie modulant, entraînant un mauvais classement des sables lors du dépôt. Au Sud-Est par contre, le transport des sédiments s'est fait par suspension avec une énergie de courant très faible, entraînant un dépôt par décantation des particules très fines (siltites).

À l'est de la zone d'étude, les réservoirs silico-clastiques sont riches en sables quartzeux et pauvres en sables feldspathiques ; contrairement ceux situés au sud-est et à l'Ouest. Les réservoirs gréseux sont donc matures à l'est et moins matures à l'Ouest et au Sud-Est de la zone d'étude.

Les sables quartzeux des réservoirs gréseux étudiés ont deux (2) origines : le quartz secondaire qui provient de l'altération des feldspaths et le quartz primaire dont la source est continentale.

La nature et la concentration des minéraux lourds augmentent avec la taille des sables et le tri. Ils sont plus abondants dans les sables grossiers et moyens dans les sables fins. Cependant, les réservoirs silteux font exception car, ceux-ci sont plutôt riches en zircon.

Les rapports  $Al_2O_3/TiO_2$  et  $Zr_2O_3/Y$  révèlent que les sédiments silico-clastiques des différents réservoirs prennent leur source du démantèlement du socle birimien, composé de roches acides (granite, granodiorite et roche métamorphique).

Le processus de transformation des smectites par les réactions de chloritisation et d'illitisation a eu lieu dans les réservoirs gréseux et il a abouti à la formation de minéraux interstratifiés et simples à proportions variables.

## References:

1. Antobreh, A. & A., Faleide, J. (2009), Rift–shear architecture and tectonic development of the Ghana margin deduced from multichannel seismic reflection and potential field data : Marine and Petroleum Geology, v. 26, p. 345–368.
2. Bushan, S., & Priyadarishi., S. (2010). Geochemistry of clastic sediments from sargur supacrustals and Babudan group, Kamataka : implication on Archaen Proterozoic boundary. *J. geol. Soci. Ind.* 829-840.

3. Chester, F., & Royse, J.R. (1968). Recognition of fluvial environments by particule size characteristics. *Jour. Sedimentology-Petrology*, vol.38, n°4, pp.1171-1178.
4. Féa, I., & Anne, M. C. 2019. Characterization of the salinity conditions of Cenomanian formations based on sedimentological and ichnological data of selected cores from Ivoirian offshore basin (septentrional Gulf of Guinea). West Africa. *Journal of African Earth Sciences*. Pp 367-397.
5. Féa, I., & Jean, N. Y. 2018. Diagenetic control on the petrophysical properties of albian-cenomanian sandstones in the ivorian basin, west africa. West Africa. *International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 39 No. pp.* 120-138.
6. Fiffe, L., & Pickerill, R. (1993) geochemistry of upper Cambrian-Lower Ordovician black shale along a northeastern Appalachian transect. *Geological Society of America Bulletin* 105, 897-910.
7. Floyd, P., & Parck, R. (1989). Geochemistry and tectonic setting of lewisian clastic metasediments from the early Proterozoic loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland *Precambrian Research* 45, 531-626.
8. Giresse, P. (1979). On the problems of particle size of heavy minerals. *Bull. Soc. Geol. of France* (7), XI, p 745-754.
9. Mahomed, C. (2007). Lithostratigraphy, Sedimentology and Basin Models of neogenic deposits in the Biskra region, on both sides of the South Atlas Accident (Zibans, Algeria). PhD thesis in geology. University Mentouri - Constantine Faculty of Geosciences, Geography and Spatial Planning, 320pp.
10. Meunier, A. (2005). *Clays*. Springer, Berlin; New York, 433p.
11. Ouattara, B. I., & Assalé, P. Y. F. (2016). Contribution of Organic Geochemistry and Palynofacies to the Characterization of Organic Matter of Black Shales in Côte d'Ivoire Sedimentary Basin (Northern Gulf of Guinea). *J. Chem. Bio. Phy. Sci. Sec. 8* (No.1), 013–025.
12. Pettijohn, F. J., & Potter P. E. (1972). *Sand and Sandstone*. New York, Springer. Pp 618.
13. Rittenhouse, G. (1943). Transportation and deposition of heavy minerals. *Geological Society of America Bulletin*, n° 12, 54, p. 1725-1780.
14. Saaidi, E. (1991). *Treaty of sedimentology. Petrography, sedimentary environments*. Ellipses Edition, 393p.
15. Spalletti, L., & Queralt I. (2008). Sedimentary petrology and geochemistry of silicoclastic rocks from the upper Jurassic Tordillo Formation (Neuquén Basin, Western Argentina) Implications for provenance and tectonic setting. *J. South. Amer. Earth. Sci.* 25, 440-463.

16. Tournier, F. (2010). Mechanisms and control of diagenetic phenomena in acidic environments in the glacial Ordovician sandstones of the Sbaa basin, Algeria. University of Paris South doctoral school 534 mipege. PP 419.
17. Tricart, J. (1965). Principles and methods of geomorphology, Masson et Cie, Paris, 496p.
18. Wazir, I. (2014). Contrôles sédimentaires et diagénétiques sur les propriétés pétrophysiques des réservoirs gréseux à gaz des bassins de Sbaa, Algérie, et des Palmyrides-Sud, Syrie. Thèse de l'Université des Sciences de la Terre Paris Sud – Paris XI. 394 p
19. Yao, G. P. J. (2012). Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco : région de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat *Université de Félix Houphouët Boigny* 222p.
20. Ye, J. (2016). Évolution Topographique, Tectonique et Sédimentaire Syn à Post-rift de la Marge Transformante Ouest Africaine. Sciences de la Terre. *Thèse de doctorat Université Toulouse 3*. 275 p.