

# AMELIORER LA RENTABILITE ECONOMIQUE D'UNE RAFFINERIE VIA L'INSTALLATION D'UNE UNITE COMMERCIALE DE CAPTAGE ET DE COMPRESSION DE CO2.

Maamar. BOUHENAF

Ingenieur Principal des Etudes Economiques

Département des Etudes Economiques, Sonatrach Aval /Direction Planification & Stratégie,

Phone +213 41 53 80 80 Poste 4055 Fax +213 41 42 08 79

E-Mail: maamar.bouhenaf@sonatrach.dz

## Résumé

La capture et le stockage de carbone de grand site industriel est une nouvelle technique développer pour réduire les émissions de CO2 dans l'atmosphère, elle constitue également une opportunité économique pour développer un business autour de ce produit de plus en plus prisé par le marché et ce, pour ces divers utilisations (Médical, Additif dans le traitement des eaux, Additif alimentaire..etc).

Notre projet d'étude consiste à présenter une variante d'un projet d'une raffinerie intégrant une unité CCS en poste combustion et ce, en vue d'étudier la possibilité d'atteinte des objectifs stratégiques suivants :

- Satisfaire une demande en produits pétroliers de plus en plus croissante,
- Satisfaire une demande en CO2 comme Gaz médical et additif agroalimentaire dans des zones différentes,
- Contribuer à la protection de l'environnement en réduisant les rejets de CO2,
- Assurer une autonomie pour les besoins en électricité et commercialiser l'excédent.
- Economie des quantités supplémentaires du Gaz Naturel qui seront mieux valorisées,
- Assurer une utilisation captive pour le Fuel Oil

A travers notre présente essai nous allons procéder à une étude économique comparative entre une raffinerie conversion profonde sans et avec une unité de captage, de compression et Stockage de CO2, l'objectif est de faire un arbitrage entre ces deux options en se basant sur les critères suivants :

- Rentabilité économique,
- Atteinte des objectifs stratégiques,

**Mots-clefs** : CCS technologies, CO2 émission, CO2 Utilisations,

## 1. INTRODUCTION

L'ingéniosité de l'homme a souvent permis

de trouver des solutions à des problèmes très complexes ; En effet la pratique a démontré que le principe de développement durable conciliant business avec protection de l'environnement est possible, dans notre présente communication nous allons essayer de vous présenter une variante d'un projet d'une raffinerie permettant de satisfaire plusieurs objectifs stratégiques

Les deux variantes suivantes seront comparées par rapport au deux critères suivants :

- Rentabilité économique,
- Atteinte des objectifs stratégiques,

**Variante 1 : Raffinerie Capacité 5 MTA + Bloc Essences +VDU + HCU**

**Variante 2 : Raffinerie Capacité 5MTA+ Bloc Essence + CEF+CCS**

## 2. PRESENTATION DU PLAN DE DEVELOPPEMENT DE PARC DE RAFFINAGE ALGERIEN :

Dans le cadre du son plan de développement de parc de raffinage Algérien et afin de répondre à la demande locale en produits pétroliers, SONATRACH a décidé de construire trois Raffineries Type conversion profonde :



**Raffinerie de Biskra: Capacité 5 MTA + Bloc Essences + HCU + LUB**



**Raffinerie de Tiaret: Capacité 5 MTA + Bloc Essences + HCU**



**Raffinerie de Hassi-Messaoud: Capacité 3 MTA + Bloc Essences + HCU**

**a) Localisation**



**b) Capacité de production**

Produits kta/an	Tiaret	Biskra	Hassi Messaoud
Traitement Pétrole Brut	5 000	5 000	3 000
Essences	1 400	1 400	860
Kérosène	200	200	120
Gasoil	2 700	2 400	1 630
Lubrifiants	-	280	-
Bitumes	93	93	56

Au vue de programme important décidé par SONATRACH pour le développement du parc de raffinage, et à l'opportunité que présente le business de CO<sub>2</sub>, il est opportun de penser à installer des unités CCS dans les nouveaux projets de raffineries et de profiter ainsi de plusieurs avantages, dont on cite sans exhaustivité :

- La réduction des émissions de CO<sub>2</sub>,
- Le développement d'un business rentable autour de CO<sub>2</sub>,
- Subvenir aux besoins nationaux en CO<sub>2</sub>,

**3. PRESENTATION D'UNE UNITE DE CAPTAGE ET STOCKAGE DE CO<sub>2</sub> (CCS),**

**3.1 Techniques de Captage de CO<sub>2</sub> :**

Comme de nombreuses industries, l'industrie de raffinage se retrouve face au nouveau défi de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). La capture du CO<sub>2</sub> émis par les fours et Turbine à Gaz ou à Fuel, permettrait de réduire drastiquement les GES sans nécessiter des changements importants de la technologie actuelle de production. D'autant plus que la récupération peut générer un chiffre d'affaires

supplémentaire pour les raffineries via la valorisation de CO<sub>2</sub>, qui est devenue un produit demandé par des différents secteurs d'utilisation

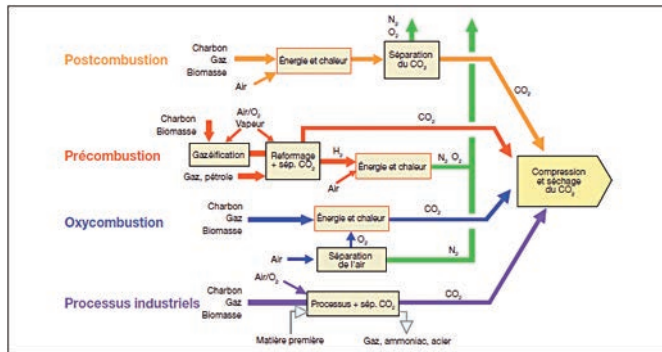
Les techniques de captage, transport et stockage de carbone (CSC) désignent les procédés visant à séparer le dioxyde de carbone de ses sources d'émissions, majoritairement industrielles et énergétiques et à le transporter après purification et compression dans un lieu de stockage où il sera isolé de l'atmosphère sur le long terme. Ces procédés concernent non seulement le secteur de production d'électricité (centrales thermiques fonctionnant au charbon, au gaz naturel, à la biomasse ou au fuel) mais également des procédés industriels fortement émetteurs de CO<sub>2</sub> (Raffinage du Pétrole, Pétrochimie, Sidérurgie, production de Ciment et autres).

On distingue aujourd'hui trois techniques de captage du CO<sub>2</sub>

**L'oxy-combustion :** Cette technique consiste en la combustion avec de l'oxygène pur. Les effluents sont par conséquent composés essentiellement de CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau, dont la séparation par condensation est aisée.

**Précombustion :** Cette technique consiste à transformer le combustible initial (charbon, biomasse, etc.) en gaz de synthèse, essentiellement composé d'oxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H<sub>2</sub>). Le CO est par la suite transformé en CO<sub>2</sub> en présence d'eau. Les gaz dégagés par ce type d'installation ont une concentration en CO<sub>2</sub> et une pression élevée. Le CO<sub>2</sub> est alors séparé de l'hydrogène. L'hydrogène peut être utilisé pour produire de l'énergie.

**La post-combustion :** Cette technologie consiste à séparer le CO<sub>2</sub> des fumées de combustion, composé essentiellement de diazote (N<sub>2</sub>), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de dioxygène (O<sub>2</sub>) résiduel. La concentration en CO<sub>2</sub> dans ce type d'effluent gazeux est comprise entre 3 et 20 vol%. Cette technologie de capture peut donc s'appliquer à toute autre industrie émettant suffisamment de CO<sub>2</sub>. La capture en postcombustion a l'avantage d'être une technologie mature et de pouvoir être implantée sur une installation déjà existante. En conséquence, les techniques de capture en postcombustion pourraient éventuellement être appliquées dans Raffinerie



### 3.2 Technologie sélectionnée pour Unité CCS :

Il existe plusieurs technologies pour le captage de CO2, dans notre présente étude nous allons étudier uniquement deux technologies qui sont :

- **Absorption chimique par solvants :**  
1<sup>ère</sup> génération amine MEA,
- **Solid Looping :**  
Calcium looping,

Le choix de ces deux technologies est motivé par des raisons techniques et économiques,

En effet, la technologie d’Absorption chimique par solvant de première génération est une technologie prouvée et maîtrisée très répandue dans le monde avec des capacités world scale en évolution constante. Par ailleurs ; la technologie d’élimination solide avec le calcium est une nouvelle technologie qui séduit sur le plan économique avec des coûts d’investissement et des charges d’exploitation relativement bas.

#### 3.2.1 Description de la Technologie d’Absorption chimique par solvant (1<sup>ère</sup> génération amine MEA) :

##### Description de la technologie Absorption chimique par solvant (1<sup>ère</sup> génération amine MEA) :

Le solvant MEA absorbe sélectivement le CO2 à partir de flux de gaz avec une température entre 40°C et 60°C, ensuite le tout est envoyé au stripper où le CO2 riche en MEA liquide est chauffé entre 100 et 140 C° à la pression atmosphérique pour libérer le CO2 pure, le MEA est ensuite recyclé dans l’absorbeur,

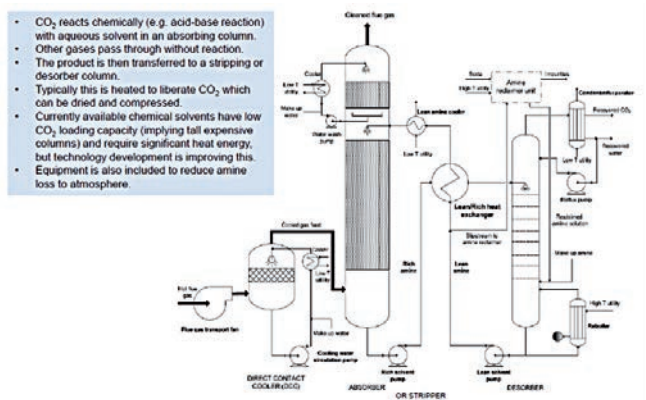
**Statuts technologique :** le MEA est le solvant le plus utilisé dans la capture de CO2, cette technologie a été utilisée depuis 70 ans pour retirer les gaz acides de flux du gaz naturel ensuite elle a été optimisé pour la capture de CO2, elle est commercialisable pour des différentes capacités,

**Détenteurs de technologie :** Fluor ( Econamine FG), ABB/ Lummus, Mitsubishi (KM-CDR), HTC Purenergy, Aker Clean Carbon, Consolv

(Absorbent DC101),

**Facteur économique et marché :** Cette technologie fonctionne sous une pression partielle et faible température de flux de gaz, une technologie maîtrisée et déjà utilisée dans des projets de larges capacités, elle présente un taux de récupération élevé avec une grande pureté,

**Barrières et défis :** Une grande consommation d’énergie pour la régénérations de solvant, dégradation de solvant et corrosion des équipements, impact environnemental en raison de l’émission de solvant et volume d’absorption important, Capex important en raison de faible charge de CO2 résultant de volume important de l’absorbeur,



#### 3.2.2 Description de la technologie de séparation solide par calcium(Solid Looping) :

##### Description de la technologie de séparation solide par calcium :

Le gaz de combustion est admis dans le réacteur de carbonatation à une température entre 600 et 700°C à la pression atmosphérique, à l’intérieur le CO2 entre en réaction avec le CaO pour donner le CaCO3 , les solides issus de carbonateur sont envoyés au second réacteur ( calcineur opérant à 900°C) où le CaCO3 est encore décomposé en CaO et CO2, ensuite le CO2 est capturé et le CaO est envoyé vers le réacteur de carbonatation,

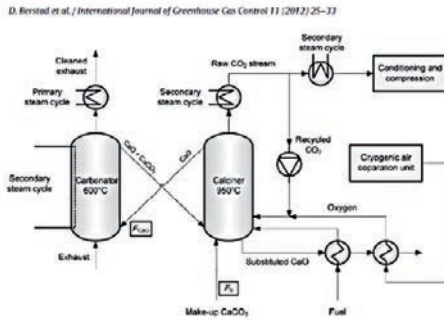
**Statuts technologique :** Cette technologie a été proposée en 1999 dénommée Capture de Carbone Spécifique Process, l’optimisation de process a été faite et un projet pilote a été testé, des recherches sont en cours pour développer d’avantage cette technologie,

**Détenteurs de technologie :** Alstom, CANMET Energy Technology Centre, GEMEX,

**Facteur économique et marché :** Cette technologie est réputée être moins chère par rapport aux autres technologies ; Sorbant pas cher et abondant (limetone), Gaz d’échappement inoffensif pour la nature, une faible consommation d’énergie et coût opératoires réduits, génération de la vapeur à partir de la chaleur dégagée

dans la réaction de carbonatation, technologie encours de développement.

Barrières et défis: Décroissance de la capacité des sorbants de capture; Scale up de la technologie encore faible. Température d'exploitation élevée



### 3.3 Hypothèses technico-économiques générales :

#### 3.3.1 Caractéristiques techniques unité CCS :

Technologie	Approximative TRL	Pression Minimum à l'entrée de CO2 (MPa)	Impureté tolérée (ppm)		Sortie CO2 (% volume)	pression de sortie CO2 (MPa)
			NOx	SOx		
Absorption chimique MEA	8	0,1	10	10	99,00%	0,1
Calcium Looping	6	0,1	100	100	90	0,1

#### 3.3.2 Coût d'investissement et charges d'exploitation unité CCS

Technologie	Reference capex(M\$US 2015) (+100%/-50%)	Reference CO2(Mt captured/y)	Reference CO2 pureté (% volume)	Fixed opex (% of capex in 2015)
Absorption chimique MEA	446	2	11,50%	8%
Calcium Looping	89	2	13%	19%

#### 3.3.3 Hypothèses générales :

- Capacité de Production : 5 Million de tonnes/an
- Années de base : 2015.
- Années de mise en service : 2019.
- Taux d'inflation : 2.5%.
- Taux d'actualisation: 6% Fiscalité :
- TAP : 2%
- IBS : 19%.
- Exonération Fiscale : 0 ans.

### Utilités

	Vapeur en \$/T	Eau distillée \$/Kton	Electricité \$/Kwh	Eau brute \$/Kton
Prix des utilités	3,93	0,02	0,03	0,02

### Coût d'investissement

Estimation du coût d'investissement en Milliard de \$US (+100%/- 50%)			
Configurations techniques	Topping+VDU+HCK:Option 1	Topping+VDU+HCK+CCS: Option2	Topping+VDU+HCK+CCS:Option3
Coût d'investissement	2	2,5	2, 1

### Mode de financement

- 30% Fonds Propres.
- 70% Emprunts.

Le modèle économique développé prend en charge les deux cas de figure sans et avec financement.

### Coût opératoires :

Charges opératoires Coûts fixes	Unité	
Maintenance - % (as % of SBL+OSBL)	%	2,50%
Assurance ( % of ISBL + OSBL)	%	0,50%
Location du terrain	\$/An	400 000,0
Personnel	Million \$US/ y	2,4
OSBL+ISBL=	De EPC	80%
CoûtsVariables		
Achat brut	T/AN	5000 000
Consommation GN	Millier de T/AN	47,85

### 3.3.4 Résultats économiques :

#### Option1 : Topping+VDU+HCK

TRI equity	13,66%	%
Van equity	2,8	Milliards \$US
POT sans remuneration	2025	Année
ERC	141%	%

#### Option2 : Topping+VDU+HCK+CCS

«Absorption chimique par solvant (MEA) »

TRI equity	11,41%	%
Van equity	2,3	Milliards \$US
POT sans rémunération	2025	Année
ERC	117%	%

### Option3 : Topping+VDU+HCK+CCS « Calcium looping »

TRI equity	13,01%	%
Van equity	2,7	Milliards \$US
POT sans rémunération	2025	Année
ERC	135%	%

## 4. OPPORTUNITES D'EQUIPER DES NOUVELLES RAFFINERIES DE SONATRACH EN UNITE DU CAPTAGE ET STOCKAGE DE CO2 :

### 4.1 Opportunités économiques,

Le projet de raffinerie sans unité CCS présente un TRI de 13,66% avec une VAN de 2,8 Milliard de \$ US,

L'analyse des résultats économiques ressortis de modèle permet de constater que même avec l'installation d'une unité CCS le projet de raffinerie reste rentable et ce pour les deux options 2 et 3 qui correspondent à des raffineries intégrant une unité CCS utilisant la technologie d'absorption chimique par solvant « option 2 » et la technologie Solide looping « option3 », Ce ; avec des TRI respectives de 11,46% et 13,01% , et des VAN de 2,3 et 2,7 Milliards de \$ US, La confrontation des résultats des différentes options permet de mettre en évidence une légère régression de la rentabilité pour les deux options 2 et 3 par rapport à l'option 1. Toutefois, il convient de noter qu'une légère augmentation du prix de CO2 sur le marché surclassera l'option d'une raffinerie sans unité CCS, ainsi à un prix de 80,11 \$/T de CO2, l'option 3 devient plus rentable que l'option 1 et à 120,7 \$/T l'option 2 devient plus rentable que l'option 1.

Partant de ce constat, il apparait clairement que le projet de raffinerie avec unité CCS option 3 présente un attrait économique et une opportunité économique quasi certaine,

### 4.2 Opportunités stratégique :

Au-delà de l'aspect écologique consistant à la réduction des émissions des gaz à effet de serre, l'intégration des unités CCS au sein des nouvelles raffineries permettra de subvenir aux besoins nationaux en CO2 et ce dans des régions différentes du pays,

Par ailleurs, des aides financières et technologiques peuvent être accordées au projet par l'union européenne ainsi que les agences de protection de l'environnement, ce qui contribue à couvrir la régression de la rentabilité et rend le projet attractif. En outre, le projet de l'unité CCS peut répondre à la problématique de transfert

et de commercialisation du Fuel oil au niveau des nouvelles raffineries si SONATRACH décide de construire des raffineries Hydroskimming uniquement, dans ce cas de figure des centrales électriques à Fuel seront proposés au niveau des raffineries pour subvenir aux besoins de ces dernières en électricité et l'excédent sera commercialisé par Sonelgaz au niveaux locaux.

Les centrales électriques à fuel sont connus pour la grande concentration de leur rejet en CO2 ce qui donne un meilleur rendement en CO2 à moindre coût par rapport à une raffinerie et permettra par la suite de générer des cash-flows supplémentaires,

## 5. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'intégration des unités CCS dans des unités industrielles nouvelles ou existantes est devenue aujourd'hui une des solutions les plus efficaces pour répondre à la problématique de la protection de l'environnement, ceci sans omettre l'attrait économique qui se construit autour de ce business avec le développement des utilisations et des applications de CO2,

En effet, des centaines de projets sont achevés, lancés et encours de lancement à travers le monde, pour l'intégration des unités CCS, SONATRACH et en tant que groupe leader ne peut être à la marge de ce développement sachant les potentialités économiques que recèle le développement de ce business,

- Lancer un projet pilote de récupération de CO2 dans l'une des nouvelles raffineries de SONATRACH en projet,
- Faire une évaluation après une courte période de mise en exploitation,
- À la lumière des résultats de l'évaluation, décider sur la généralisation ou non de ce projet sur les installations de raffinage et de pétrochimie existantes

## REFERENCES :

### Etudes et rapport spécialisées :

- Synapse Energy Economics, Inc. CO2 Price Report, Spring 2014
- Demonstrating Co2 capture in the UK industrial sector ( elementary energy)
- GCCS the globale statut of CCS 2013  
CCS in the Baltic Sea region – Bastor 2  
Work Package 5 – Infrastructure for CO2  
Transport in the Baltic Sea Region.  
Fond documentaire Sonatrach

### Site internet spécialisé :

[www.globalccsistitute.com/projects](http://www.globalccsistitute.com/projects)  
[www.sccs.org.uk/news/2014/10apr-global/ccsi](http://www.sccs.org.uk/news/2014/10apr-global/ccsi)