

# VALORISATION DE LA BIOMASSE- ENERGIE ET DE LA CUISSON PROPRE-VABICUI

ASSISTANCE TECHNIQUE A L'USAGE  
PRATIQUE DU CNSL SUR DES SITES  
INDUSTRIELS EN COTE D'IVOIRE

---

## RAPPORT DE PHASE 1 – Étude diagnostique

Décembre 2024

**Contact MARGE**  
Samuel Martin  
[smartin@marge.eu](mailto:smartin@marge.eu)

**Contact Client**  
Michel Peudre Digbeu  
[michel.digbeu@enabel.be](mailto:michel.digbeu@enabel.be)

# TABLE DES MATIERES

---

<b>ABREVIATIONS</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>2 MISE EN ŒUVRE DE LA PHASE 1</b> .....	<b>5</b>
<b>3 DONNEES RECOLTEES ET DEVELOPPEMENT DE SCENARIOS</b> .....	<b>7</b>
3.1 Données récoltées dans les usines visités .....	7
3.2 Regroupement par grand cas d'utilisation et de consommation .....	9
<b>3.2.1 Scénario grande capacité</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2.2 Scénario petite capacité</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2.3 Autres scénarios non développés</b> .....	<b>10</b>
<b>4 INSTALLATION D'EQUIPEMENTS ADAPTES AU CNSL</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1.1 Stockage</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1.2 Système de filtration, tuyauterie et compteur</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1.3 Bruleur</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>4.1.4 Achat de CNSL</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1.5 Investissements totaux pour les projets pilotes</b> .....	<b>15</b>
<b>5 GAINS ECONOMIQUES</b> .....	<b>17</b>
5.1 Achat de combustible .....	17
<b>5.1.1 Prix des combustibles</b> .....	<b>17</b>
<b>5.1.2 Economies en achat de combustible</b> .....	<b>19</b>
5.2 Surcoûts utilisation CNSL .....	19
5.3 Gains économiques.....	20
<b>6 GAINS ENVIRONNEMENTAUX</b> .....	<b>22</b>
6.1 Émissions de CO <sub>2</sub> .....	22
<b>6.1.1 Émissions liées aux combustibles fossiles</b> .....	<b>22</b>
<b>6.1.2 Émissions liées au CNSL</b> .....	<b>23</b>
<b>6.1.3 Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par l'utilisation du CNSL</b> .....	<b>25</b>
6.2 Polluants de l'air.....	26
<b>7 ANALYSE DES FUMÉES</b> .....	<b>27</b>
7.1 Normes d'émission en Côte d'Ivoire.....	27
7.2 Types d'émissions de fumées et prélèvement.....	28
<b>7.2.1 Les particules</b> .....	<b>28</b>
<b>7.2.2 Contrôle de combustion</b> .....	<b>29</b>
<b>7.2.3 Types de prélèvement</b> .....	<b>29</b>

7.3	Analyses internes .....	30
7.4	Analyses laboratoires externes .....	30
7.5	Conclusion sur les analyses de fumées .....	30
<b>8</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>32</b>
	<b>ANNEXE 1 : DETAILS DES INFORMATIONS DES USINES VISITEES .....</b>	<b>35</b>
	<b>ANNEXE 2 : LISTE DES PRIX DES CARBURANTS .....</b>	<b>41</b>

# ABREVIATIONS

---

AA	Air ambiant
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
CAPEX	Capital expenditure (Dépenses d'investissement)
CIAPOL	Centre Ivoirien Antipollution
CNSL	Cashew Nut Shell Liquid (huile de coque de noix de cajou)
CO	Monoxyde de carbone
CO2	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
DDO	Distillate Diesel Oil (gazole distillé)
ESF	Emissions de sources fixes
EXW	Ex-Work (prix sortie usine pour un matériel)
FCFA	Francs CFA
FO180	Fuel Oil 180 (Fioul lourd)
GES	Gaz à effet de serre
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HFO	Fioul lourd (Heavy Fuel Oil)
HS	Harmonized System
HT	Hors taxe
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
kW	KiloWatt
kWh	1Kilowattheure
LFO	Light Fuel Oil (Mazout léger)
MFO	Combustibles marins (Marine fuel oil)
MMPE	Ministère des Mines, du Pétrole et de l'Énergie
MT	Metric Ton (tonne)
NOx	Oxydes d'azote (NO + NO2) exprimés en équivalent NO2
O <sub>2</sub>	Dioxygène
OPEC	Organisation des pays exportateurs de pétrole ( <i>Organization of the Petroleum Exporting Countries</i> )
OPEX	Operational expenditure (Dépenses d'exploitation)
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PEHD	Polyéthylène haute densité
RCI	République de Côte d'Ivoire
SNCV	Société Nouvelle de Confiserie de Vridy
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
Sox	Oxyde de soufre
TSP	Poussières totales en suspension ( <i>Total Suspended Particulates</i> )
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
USD	Dollars américains

# 1 INTRODUCTION

---

La noix de cajou est constituée d'une coque dure contenant une résine végétale, le CNSL (Cashew Nut Shell Liquid en anglais, ou huile de coque de noix de cajou, en français).

Cette huile a un pouvoir calorifique presque égal à celui du diesel et peut être utilisé en remplacement des combustibles fossiles traditionnels en combustion qui sont généralement utilisés dans les chaudières industrielles en Côte d'Ivoire tels que le gaz, le diesel, le fioul lourd et les huiles de moteur usagées.

La production de chaleur avec le CNSL sera dépendante d'un appareil pour le faire brûler. En général des brûleurs sont utilisés pour produire la flamme à partir du combustible. La chaleur de la flamme est ensuite transmise aux équipements ayant besoin de celle-ci (chaudière, four, cuve, équipements de production, etc.).

La quasi-totalité des usines en Côte d'Ivoire possèdent en général un système de chauffage grâce à un combustible qui pourrait, en théorie, être remplacé par du CNSL.

La présente assistance technique consiste à accompagner deux industriels (issus de deux domaines différents) à l'adoption de l'utilisation du CNSL, comme solution alternative pour réduire la teneur des énergies conventionnelles (énergies fossiles) qu'ils utilisent habituellement dans leurs process industriels. De façon pratique, cet accompagnement consiste à soutenir la réalisation d'un projet démonstratif in situ, au sein de deux industriels (qui seront sélectionnés par appel à manifestation d'intérêt), via du matériel dédié qui sera installé par Enabel. L'objectif est de pouvoir partager aux secteurs industriel et scientifique des données et informations utiles sur les bénéfices de la conversion vers l'usage de CNSL.

Cette prestation vise à contribuer à l'optimisation du marché local du CNSL, considéré comme une potentielle solution alternative aux combustibles conventionnels actuellement utilisés dans le secteur industriel.

La phase 1 de cette assistance technique, qui est l'objet du présent rapport, avait pour objectif de réaliser une étude diagnostique permettant de confirmer ou d'infirmer la réalisation de tests de démonstration sur l'utilisation du CNSL au sein des unités industrielles et de préparer les documents techniques préparatoires (cahier de charge) à l'acquisition équipements de production de chaleur adaptés à l'usage du CNSL.

Pour se faire les activités suivantes étaient prévues :

- Identifier les différents postes de production, le type et le nombre d'équipements ou appareils par poste de production.
- Déterminer les caractéristiques des équipements de chaque poste de production (temps et fréquence de fonctionnement, capacité nominale, puissance, consommation énergétique, dimensions, etc.)
- Déterminer la nature du (ou des) combustible (s), de la (ou des) biomasse (s) utilisée (s)
- Quantifier la (ou les) biomasse (s) ou le (s) combustible(s) utilisé(s)
- Estimer les quantités de CO<sub>2</sub> émises avec le (ou les) matériel(s) de production actuellement utilisé(s) au sein de chaque unité industrielle

Ce travail doit ensuite servir à trouver des usines partenaires étant prêtes à se lancer dans l'utilisation au jour le jour de CNSL dans leur chaufferie et ainsi servir d'unité pilote pour ouvrir la voie aux autres. Il est à noter que le deuxième objectif de cette phase 1, préparation d'un cahier des charges pour l'acquisition des équipements ne pourra être atteint qu'une fois les usines partenaires identifiées et le mode de collaboration avec elles arrêté. En effet, les spécifications techniques dépendront en partie des particularités de l'usine et l'utilisation exacte du CNSL dans le contexte du procédé thermique dans l'usine.

# 2 MISE EN ŒUVRE DE LA PHASE 1

La méthodologie appliquée à cette phase 1 était de visiter des usines qui pourraient potentiellement devenir partenaire du projet lors de la phase 2 et de collecter des données permettant a) d'estimer les coûts d'une adaptation des équipements de combustion au CNSL et b) d'estimer les impacts économiques et environnementaux du passage d'un combustible classique au CNSL.

Des contacts ont été pris dans une vingtaine d'usines et neuf ont été visitées, dont deux du même groupe. Les usines visitées ont été choisies à la suite d'échanges en fonction des premières informations techniques partagées par téléphone, des domaines d'utilisation ou encore de l'ouverture du contact à la potentielle utilisation de nouveaux combustibles.

Les visites d'usine ont eu lieu sur Abidjan en novembre et décembre 2024 selon le calendrier présenté ci-dessous. Tous les détails des données récoltées, y compris les adresses et personnes de contact sont présentées en Annexe 1.

**Tableau 1: Détails des visites effectuées**

Nom de l'usine	Domaine d'activité	Date de la visite	Localisation
Afripack	Cartonnerie	14/11/2024	Yopougon
SNCV	Confiserie	18/11/2024	Vridy
Seritex	Impression textile	19/11/2024	Koumassi
Brassivoire	Brasserie	10/12/2024	PK23
Saprolait	Produits laitiers	30/11/2024	Zone 4
SCCI 1	Cimenterie	20/11/2024	PK28
SCCI 2	Cimenterie	20/11/2024	PK28
Pharmivoire	Produits pharmaceutiques :	14/11/2024	Yopougon
Colas	Bitumage	20/11/2024	PK22

Le type de données récoltées sur chaque site a été présenté dans le rapport de démarrage. Il est rappelé dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2: Canevas de récolte de données**

<b>Informations générales</b>	<b>Nom de l'entreprise</b>
	Adresse
	Nom du contact
	Poste du contact
	Téléphone de contact
	Domaine d'activité
	À quoi sert la vapeur
<b>Combustible utilisé</b>	Type de combustible utilisé (fioul lourd, diesel, DDO, bois, etc.)
	Viscosité du combustible
<b>Alimentation en combustible</b>	Fournisseur de combustible
	Voie d'approvisionnement (camion-citerne, flexitank, etc.) ?
	Prix au litre
<b>Stockage sur place</b>	Type de stockage
	Capacité de stockage
	Nombre de réservoirs de stockage
	Type de transfert du stockage au brûleur (pompe, gravitationnel, manuel, autre)
	Stockage chauffé ?
	Agitation des réservoirs de stockage

<b>Utilisation combustible et installation</b>	S'il est chauffé, à quelle température
	Pression d'injection de la pompe au brûleur ?
	Consommation de combustible (jour, mois ou année)
	Cycle ou utilisation continue du brûleur ?
<b>Brûleur</b>	Marque et modèle du brûleur
	Nombre de brûleurs
	Entretien du brûleur
	Sous garantie
	Puissance thermique ( $kW_{\text{thermique}}$ )
	Puissance électrique (kW)
<b>Chaudière</b>	Viscosité acceptée
	Nombre de chaudières
	Capacité
<b>CNSL</b>	Marque et modèle
	Êtes-vous intéressé à acheter du CNSL au lieu de votre combustible actuel ?
	Souhaitez-vous faire des tests sur votre brûleur actuel ?
	Souhaitez-vous faire des tests dans votre chaudière avec un nouveau brûleur ?
	Des modifications de l'installation pour l'adapter au CNSL sont-elles faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t-il des moments où elles peuvent être réalisées ?
	Des tests avec le CNSL sont faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t-il des moments où ils peuvent être réalisés ?

Les données récoltées ont ensuite été compilées dans des tableaux Excel et analysées de manière à construire des scénarios et à calculer les paramètres recherchés, à savoir a) l'estimation des coûts d'une adaptation des équipements de combustion au CNSL et b) l'estimation des impacts économiques et environnementaux du passage d'un combustible classique au CNSL.

# 3 DONNEES RECOLTEES ET DEVELOPPEMENT DE SCENARIOS

---

## 3.1 Données récoltées dans les usines visités

L'ensemble des données relevées et concernant les usines sont à retrouver en *Annexe 1 : Détails des informations des usines visitées* et un aperçu plus bref dans le Tableau 3 ci-dessous.

Au niveau des combustibles, sur les 9 usines : 3 utilisent un mélange d'huiles usagées et de résidus de fond de cale de pétrole (qualité très variable selon les arrivages), 2 utilisent du FO180 (fioul lourd de qualité 180, assez visqueux), 3 utilisent du gasoil et 1 du gaz butane.

Toutes les usines utilisent des brûleurs pour produire leur énergie thermique. Ces brûleurs sont installés dans des chaudières pour 6 usines afin de produire de la vapeur d'eau. Les 2 cimenteries envoient l'air chaud de la flamme directement sur la matière calcaire à sécher et l'entreprise de bitumage utilise la flamme pour chauffer le bitume à travers un échangeur thermique air/liquide.

Les brûleurs utilisés sont de types et marques différentes mais on peut noter que tous les brûleurs utilisant des huiles recyclées ou du FO180 sont équipés de réchauffeurs de fioul. La capacité des brûleurs est très variable, allant de 86 à 6000 kW thermique selon les usines.

Enfin, il en est de même avec la consommation de combustibles qui varie dans un spectre assez large allant de 3 à 60 tonnes par mois.

**Tableau 3: Récapitulatif des informations principales des usines visitées**

	Nom de l'entreprise	Afripack	SNCV	Seritex	SAPROLAIT	SCCI, site 2	SCCI, site 1	Pharmivoire	COLAS	Brassivoire
<b>Combustible utilisé</b>	Type de combustible utilisé (fioul lourd, diesel, DDO, bois, etc.)	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole	FO180	FO180	Gasoil	Gasoil	Gasoil	Gaz et Biogaz
	Prix unitaire	290 FCFA/l ?	290 FCFA/l	200 FCFA/l et plus		426 FCFA/l	615 FCFA/l	615 FCFA/l	615 FCFA/l	580 FCFA/kg
<b>Utilisation combustible et installation</b>	S'il est chauffé, à quelle température	115°C	120°C	Dépend viscosité, 140°C	100-120 °C	65-80°C, depuis la cuve.	-	-	-	-
	Consommation de combustible (jour, mois)	1.4 t/jour 35 t/mois	1.2 t/j, 5j/7 30 t/mois	1.2 à 1.5 t/j, 7j/7 36 t/mois	0.3 à 0.5 t/j 7.5 t/mois	0.5-1 t/j >15t/mois	4 à 8 t/j > 100 t/mois	1 t/shift, 1 à 2 shifts par jour 30 t/mois	Environ 100l/j sur containers 3 t/mois	60 t/mois
<b>Brûleur</b>	Marque et modèle du brûleur	Unigas, KR512 MD.MD.S.TR.A.8.65	Weishaupt, RMS8/2	Inconnu	Weishaupt MS8Z	Ray, BGEC 500	Inconnue	Inconnu, non fonctionnel	ECOFLAM MAX 20	SAACKE SKVG-SF 60
	Nombre de brûleurs	1	2	1	1	1	2	1	2 par container	2. 1 par chaudière
	Puissance thermique (kW thermique)	650-4500	1010-3075	Estimé : 1200-2500	675-2740	756-5814	Estimé sur conso : 800-3500	Estimé : 700-1400	86-237	1000-6000
	Puissance électrique (kW)	Réchauffeur 18 KW	Réchauffeur 13.2 KW	A déterminer	13.2 kW	0	A déterminer	A déterminer	0.45 kW	0
	Conso fuel (kg/h)	0	90-274 (pompe TA3)	0	60-244	48-520	75-310	0	7.3-20	0
<b>Chaudière</b>	Nombre de chaudières	1	2	1	1	1 four	2 fours	2 (une à réparer)	5 containers de chauffe	2
	Capacité (t/h)	5	4	2.5	2	-	-	1.5	-	8

## 3.2 Regroupement par grand cas d'utilisation et de consommation

Malgré la variété des usines visitées, il est possible de les regrouper en 2 catégories représentant des scénarios de grande et petite capacité. Les caractéristiques de base de ces deux scénarios sont données dans le tableau ci-dessous. Elles sont ensuite décrites plus en détail dans les sous-sections suivantes.

**Tableau 4: Données de base (puissance et consommation) des 2 scénarios envisagés**

Variables	Grande capacité	Petite capacité
<b>Données de base scénarios</b>		
Puissance thermique brûleur associée (kW)	1000-4000	110-450
Puissance thermique moyenne brûleur en utilisation (kW)	1000	110
Consommation théorique brûleur combustible (kg/h)	95-380	10-40
Consommation théorique moyenne combustible (kg/h)	95	10
Consommation journalière moyenne sur une durée de fonctionnement estimée de 12h par jour (kg/j)	1140	120
Consommation mensuelle moyenne sur une durée de travail estimée de 26 jours (kg/mois)	<b>29640</b>	<b>3120</b>

### 3.2.1 Scénario grande capacité

Sur les 9 sites visités, 4 ont des consommations journalières de combustible entre 1 000 et 1 500 kg et **des consommations mensuelles de combustible entre 30 et 35 tonnes**. Ces valeurs seront la base du scénario appelé de « grande capacité ».

Les usines correspondant à ce scénario sont Afripack, SNCV, Seritex et Pharmivoire.

Les plages de puissance des brûleurs utilisés par ces 4 usines sont de 650 à 4 500 kW thermique. Dans notre cas, nous considérerons des puissances de brûleur entre 1 000 et 4 000 kW afin de simplifier un peu le scénario car c'est ce qui est généralement proposé par les fournisseurs. Chaque brûleur fonctionne sur une plage de puissance en fonction de la demande en énergie de la chaudière ou du process. Il arrive aussi à ce brûleur de s'arrêter si la demande devient trop faible. Dans ce qui suit, on considérera que la puissance moyenne déployée par les brûleurs dans le scénario grande capacité est de 1 000 kW car il est rare que celui-ci fonctionne à temps plein ou à pleine puissance sur des intervalles longs.

D'après les données des équipements ainsi que des calculs théoriques, à une telle puissance les brûleurs consomment environ 95 kg/heure de combustible (dans la plage de 95 à 380 kg/h que donne le fabricant).

Les horaires de travail d'une usine varient assez largement mais avec en général entre 8 et 16h de fonctionnement par jour pour celles qui font une ou deux rotations de 8h/j. Dans notre cas, nous considérerons une utilisation journalière de 12h comme moyenne entre les différents cas rencontrés sur le terrain.

De même, pour les semaines de travail avec des usines travaillant entre 5 et 7 jours par semaine. Nous prendrons le cas de 26 jours de travail par mois comme moyenne représentative de ce scénario.

En prenant en compte les valeurs ci-dessus de 95 kg/heure, 12h par jour et 26 jours par mois, on trouve une consommation théorique de 29 640 kg par mois de combustible, qui est à peu près celle donnée par les 4 usines cités ci-dessus.

## 3.2.2 Scénario petite capacité

Des autres usines visitées, les données sont moins groupées et plus difficiles à analyser. Il a été choisi un scénario appelé de « petite capacité » pour la facilité possible de mise en place et de répliquabilité qu'il représente. Ce scénario se repose sur la consommation en combustible d'une grosse centaine de litres par jour en moyenne et d'une **consommation mensuelle de 3 000 litres**.

Ce scénario, d'une consommation 10 fois moins importante que le précédent, vise aussi à montrer que même avec une réduction de volume importante, l'utilisation du CNSL peut être viable et par là même prouver que tous les possibles scénarios avec des volumes supérieurs de combustible le seront aussi. Au-dessous de la consommation moyenne choisie pour ce scénario, les gains ne seront certainement pas suffisants pour contrebalancer les difficultés et les coûts de mise en place.

Le site correspondant à ce scénario est Colas, entreprise de bitumage. Ils utilisent sur leur site de nombreux brûleurs de différentes capacités et si l'utilisation du CNSL est positive sur un site de petite consommation, ils pourront passer l'ensemble de leur parc au CNSL, à Abidjan et dans l'ensemble des villes où ils sont présents. De plus, il existe un nombre important d'usines de bitumage en Côte d'Ivoire qui pourrait s'inspirer de l'exemple de Colas, si elles commençaient à utiliser massivement le CNSL.

La plage de puissance du brûleur utilisée est de 86 à 237 kW thermique. Dans notre cas, nous considérerons des puissances de brûleur entre 110 et 450 kW afin d'élargir un peu le spectre d'utilisation possible. On considérera que la puissance moyenne déployé par les brûleurs pour ce scénario est de 110 kW car il est rare que ceux-ci fonctionnent à pleine puissance sur des intervalles longs.

D'après les données des équipements ainsi que des calculs théoriques, à une telle puissance, les brûleurs consomment environ 10 kg/heure de combustible (dans la plage de 10 à 40 kg/h que donne le fabricant).

De même que pour le scénario précédent, nous prendrons une utilisation moyenne du brûleur de 12h par jour et 26 jours par mois. Ces valeurs nous donnent une consommation théorique de 3 120 kg/mois de combustible, qui est à peu près celle donnée Colas (3 000 kg par mois environ par brûleur).

## 3.2.3 Autres scénarios non développés

### 3.2.3.1 Scénarios intermédiaires

Entre les deux scénarios précédents il peut exister une multitude de scénarios intermédiaires correspondant notamment au cas de Saproilait (7.5 tonnes par mois de FO180) ou de SCCI 1 (environ 15 tonnes par mois de gasoil).

Ces scénarios pourront, au besoin, être relativement facilement extrapolés des scénarios déjà décrits. De plus, la pertinence économique et écologique de ces scénarios intermédiaires pourra facilement être interprétée à la lumière de ceux déjà étudiés. Afin de ne pas compliquer la vue d'ensemble, ces scénarios intermédiaires n'ont pas été explicités dans le document.

### 3.2.3.2 Scénarios de capacité supérieurs

De même, il peut exister de nombreux scénarios de capacité supérieure car certaines usines peuvent consommer bien plus que 30 tonnes de combustible par mois.

Il ne semble pas pertinent de se lancer sur ce type de modèle pour la réalisation d'une unité pilote d'utilisation du CNSL. Plus les consommations sont grandes et plus les équipements associés sont coûteux, complexes et difficiles à installer, à utiliser, à entretenir et à réparer. De plus, leur dimensionnement doit être très précis et demande des études poussées et chronophages.

Dans un premier temps, essayer de toucher ce type d'acteur industriel semble prématuré et une unité pilote de taille intermédiaire permettra de plus facilement régler les différents problèmes qui pourront être rencontrés afin d'arriver à un résultat satisfaisant pour ensuite passer à des échelles supérieures.

### 3.2.3.3 Scénarios Brassivoire

Avec une consommation de gaz de 50 à 60 milles litres par mois, l'usine Brassivoire semble assez intéressante à première vue pour y faire un projet pilote d'utilisation du CNSL. Malheureusement un grand nombre d'obstacles font qu'il semble difficile dans un premier temps de pouvoir y mettre en place une installation pilote.

Premièrement, l'ensemble des entretiens et maintenance de la chaudière et du brûleur sont opérés par une société externe basée aux Pays-Bas qui intervient une fois par an sur l'ensemble des usines du groupe. L'utilisation du CNSL entrainera des entretiens bien plus fréquents sur le brûleur mais aussi sur la chaudière (nettoyage des cendres pour garder une efficacité thermique) qu'il sera difficile à mettre en place sans cette société prestataire, qui ne pourra pas revenir une à plusieurs fois par mois.

Deuxièmement, l'installation des cuves de stockage devra se situer de l'autre côté d'une route bitumée, à proximité de cuves de gasoil. Le passage de tuyauterie entrainera des travaux relativement importants.

Troisièmement, une société comme Brassivoire a un nombre important de protocoles et de mesures de sécurité mis en place. Il semble difficile dans un court laps de temps de pouvoir demander à modifier ceux-ci pour commencer à utiliser du CNSL. Il faudra passer par un grand nombre d'échelons intermédiaires et supérieurs jusqu'aux Pays-Bas avant de faire valider l'utilisation d'un tel produit, d'autant plus au vu de ses caractéristiques (salissant et potentiellement blessant à cause de l'acidité).

Tout de même, les personnes rencontrées sur site ont montré un intérêt pour le CNSL et il sera intéressant de les garder informées de l'avancement du projet et notamment si une unité pilote est mise en place.

# 4 INSTALLATION D'ÉQUIPEMENTS ADAPTES AU CNSL

Au vu de la grande diversité d'équipements présents ou non dans les différentes usines, vu le risque de panne ou de dysfonctionnement initial que l'utilisation de CNSL pourrait engendrer et dans l'idée de pouvoir toujours retourner rapidement au système initial de l'usine, pour les projets pilotes sur 2 sites, il est conseillé d'installer des systèmes de stockage, transfert et combustion du CNSL totalement indépendants. De plus, cela permet de complètement de dé-risquer l'utilisation du CNSL en n'utilisant pas les équipements actuels.

Les équipements de stockage, transfert et combustion qui devront être installés sur les sites pilotes correspondent principalement à :

- La cuve de stockage de CNSL
- La tuyauterie avec son système de pompage et de filtration pour enlever les boues
- Le compteur afin de mesurer les consommations en combustible
- Le brûleur

Ces équipements seront indépendants et pourront être assemblés sans déranger le fonctionnement de l'usine. De plus, en cas de problème ou de dysfonctionnement, ceux-ci pourront être enlevés afin de repasser rapidement au système initial. Si l'usine ne compte pas de chaudière inutilisée, seul un temps d'arrêt sera nécessaire afin d'enlever le brûleur actuel pour installer le nouveau. Cette opération semble faisable pendant un arrêt assez court et inférieur à une demi-journée (idéalement lors d'un arrêt d'entretien, week-end, etc.).

Par contre, il n'est pas recommandé de remplacer le système de transfert de chaleur (chaudière, four, container avec échangeur thermique) pour les sites pilotes. En effet, ce système est en général beaucoup plus coûteux et bien moins impacté par l'utilisation du CNSL.

Les équipements à installer sur les sites pilotes seront achetés autant que possible en Côte d'Ivoire et, s'ils ne sont pas disponibles localement, ils devront être importés. Ces équipements sont décrits dans les sections suivantes.

## 4.1.1 Stockage

Une cuve en PEHD verticale semble la plus adaptée au vu de sa facilité d'installation et de son faible coût d'achat et de transport. Celle-ci pourra facilement être déposée, même dans des endroits relativement peu accessibles.

Cette cuve devra être déposée sur une zone plate et bétonnée, en intérieur ou en extérieur. En général il existe déjà des espaces de ce type dans les usines ciblées. Sinon, le client s'occupera d'en réaliser une de dimensions d'au moins 3 mètres sur 3 mètres.

**Tableau 5: Coûts estimatifs des cuves à installer pour les projets pilotes**

Scénarios	Variables		Grande capacité	Petite capacité
	Origine : RCI		20.000 litres	10.000 litres
Cuve PEHD stockage CNSL				
Prix achat (FCFA)			3 000 000	1 800 000
Prix transport (FCFA)			200 000	120 000
Prix radier béton (FCFA)			Client	Client
<b>Sous-total Cuve PEHD stockage CNSL (FCFA)</b>			<b>3 200 000</b>	<b>1 920 000</b>

**Grande capacité** : La consommation mensuelle étant de 30 tonnes, une cuve de 20 tonnes semble nécessaire au minimum pour éviter les approvisionnements trop fréquents et pour que ceux-ci soient conséquents. Plus tard une deuxième cuve en parallèle pourra être ajoutée.

**Petite capacité** : La consommation mensuelle étant de moins de 5 tonnes, une cuve de 10 tonnes semble suffisante. Cela permettra d'éviter que les approvisionnements en CNSL ne soient trop restreints et donc coûtent plus cher.

## 4.1.2 Système de filtration, tuyauterie et compteur

Le CNSL sera transporté de la cuve de stockage jusqu'au brûleur grâce à un ensemble de **tuyauterie**. La distance considérée dans notre cas entre la cuve et le brûleur est estimée à 50m. Cette tuyauterie métallique de diamètre compris entre DN25 et DN50 ne devra pas déranger les voix d'accès. Cette tuyauterie devra pouvoir supporter une pression allant jusqu'à 6 bars (pression de la pompe pour passer à travers le filtre).

Une **pompe** servira à aspirer le CNSL de la cuve et à le faire passer à travers **2 filtres** métalliques afin d'enlever le maximum d'impuretés et de boues qui pourraient gêner le bon fonctionnement du brûleur. Le diamètre et la capacité des filtres seront données par le fabricant le moment important et pourront être modifié dans le futur avec les retours d'expérience. Les 2 filtres seront installés en parallèle afin de pouvoir en nettoyer un pendant que l'autre est toujours en utilisation. Ces équipements pourront être trouvés et/ou fabriqués localement à partir de matériel de seconde main.

Un **compteur volumétrique** sera ensuite installé afin de mesurer la quantité de combustible consommé. Les usines visitées ne mesurent en général pas leur combustible, mais pour les projets pilotes, il semble indispensable de pouvoir mesurer la consommation de CNSL afin de pouvoir quantifier précisément les gains économiques et environnementaux. Ce compteur volumétrique devra être adapté aux combustibles relativement visqueux et acides afin de ne pas s'abimer trop rapidement.

Enfin, une petite **cuve tampon** de 1 m<sup>3</sup> au plus devra être installée afin de permettre les retours des surplus de combustible depuis le brûleur. L'utilité de cette cuve tampon est de garder le CNSL qui a été réchauffé dans le brûleur proche de son endroit d'utilisation, et donc de faire des économies de consommation électrique pour le préchauffage. De plus cette cuve, située après le compteur, permet de ne pas fausser les chiffres de consommation en combustible.

L'ensemble de ces équipements seront installés sur site.

**Tableau 6: Coûts estimatifs de l'ensemble de tuyauterie à installer pour les projets pilotes**

Scénarios	Variables		Grande capacité	Petite capacité
<i>Système de tuyauterie, filtration et compteur</i>	Origine : RCI			
Prix achat pompe à engrenage (FCFA)	4 kW	2 kW	950 000	600 000
Prix achat 2 filtres (FCFA)			500 000	400 000
Prix achat tuyauterie et accessoires (50m) (FCFA)			1 500 000	1 000 000
Prix d'achat compteur-débitmètre (FCFA)	DN50	DN25	510 000	510 000
Cuve intermédiaire 1 m <sup>3</sup> (FCFA)	Acier		400 000	400 000
Installation système de filtration et tuyauterie (FCFA)			1 025 000	1 025 000
<b>Sous-total Système de filtration et tuyauterie (FCFA)</b>			<b>4 885 000</b>	<b>3 935 000</b>

## 4.1.3 Brûleur

Les brûleurs sont des équipements forcement fabriqués à l'étranger et il est très difficile d'en trouver localement, d'autant plus adaptés au CNSL. Cet équipement devra donc selon toute vraisemblance être importé. Les délais de fourniture sont en général d'au moins deux mois, sans compter le temps de transport aérien et de dédouanement qui doivent être considérés à environ un mois. Ce qui fait qu'à partir du moment

où tous les détails techniques avec le fournisseur ont été réglés et le paiement effectué, un laps de temps d'au moins 3 mois est à considérer avant l'arrivée du brûleur sur site. Pendant ce temps, les autres équipements achetés localement pourront déjà être achetés et installés.

Le brûleur est l'équipement central qui fournit l'énergie thermique à partir du combustible. Il doit être adapté au CNSL et à ses particularités, en particulier à sa viscosité et son acidité. Les brûleurs généralement adaptés à la combustion du CNSL sont les mêmes que ceux adaptés à l'utilisation de fiouls lourds et donc équipés d'un réchauffeur électrique.

Les différents fournisseurs de brûleurs rencontrés sur site ont été contactés avec plus ou moins de succès afin d'obtenir des conseils techniques sur le type de brûleur à utiliser et le prix de ceux-ci. L'idée de base était d'obtenir une offre du même fournisseur que celui qui a fourni le brûleur actuellement installé. Cela n'a pas toujours été le cas à cause des délais de réponse mais les échanges continuent.

Vu le pouvoir corrosif du CNSL, des **pièces de rechange** égales à une valeur de 25% du prix d'achat du brûleur ont été prévues. Celles-ci concerneront principalement les gicleurs, la pompe et le système de préchauffage.

Pour éviter les délais trop longs, il est recommandé d'envoyer le brûleur par **transport aérien** depuis le fournisseur jusqu'à Abidjan.

Il sera ensuite **dédouané et détaxé** au taux de 26.85% grâce à l'aide d'un **transitaire en douane** (notamment droits de douane de 5% dans le cas des brûleurs avec HS Code 84161010, et TVA de 18%).

**L'installation** du brûleur comprendra notamment l'ensemble des connexions électriques à réaliser jusqu'aux armoires de contrôle et la mise en place du brûleur.

Bien que des personnes compétentes soient disponibles en Côte d'Ivoire pour installer, mettre en route et tester les brûleurs, un appui de la part du fournisseur pourra être utile dans le cas nouveau d'utilisation du CNSL. Un **expert** travaillant pour le fournisseur venant sur place pendant 1 semaine est une option recommandée afin de maximiser les chances de réussite. Dans ce cas, son transport, logement et visa seront également à prendre en compte.

**Tableau 7: Coûts estimatifs des brûleurs à installer pour les projets pilotes**

Scénarios	Variables		Grande capacité	Petite capacité
	Origine : Importé		1000-4000 kW, modulant	100-400 kW, 2 vitesses
Prix achat brûleur EXW (FCFA)	Marque : Ecostar		7 220 000	1 180 000
Prix achat pièces de rechange (FCFA)	25%		1 805 000	295 000
Frais de douane et taxes importation (FCFA)	26.85%		2 423 213	396 038
Prix transport aérien (FCFA)	300kg net	60kg net	6 500 000	1 900 000
Frais transitaire en douane (FCFA)			600 000	400 000
Prix transport local (FCFA)			150 000	100 000
Prix installation locale dont électricité (FCFA)			1 900 000	700 000
Prix accompagnement expert fournisseur (FCFA)	5 jours		4 788 486	4 788 486
<b>Sous-total Brûleur (FCFA)</b>			<b>25 386 699</b>	<b>9 759 524</b>

Les prix des brûleurs ont été pris chez le fournisseur ECOSTAR en Turquie qui a une gamme adaptée aux produits tels que le CNSL. Ils ont l'avantage d'être relativement peu chers et de produire du matériel fiable et de qualité, en plus d'être disponibles et réactifs.

**Grande capacité** : Le brûleur choisi est un brûleur modulant, ce qui veut dire qu'il peut adapter sa puissance sur toute la gamme entre 1 000 et 4 000 kW en fonction de la demande en énergie. Ce brûleur est équipé d'un préchauffeur électrique de 18 kW.

**Petite capacité** : Le brûleur choisi est un brûleur à 2 vitesses, ce qui veut dire qu'il peut adapter sa puissance sur 2 vitesses réglables entre 100 et 400 kW en fonction de la demande en énergie (typiquement la plus faible et la plus élevée disponible). Ce brûleur est équipé d'un préchauffeur électrique de 3 kW.

## 4.1.4 Achat de CNSL

Afin d'enlever tout risque financier à l'utilisateur pour les premiers essais, il serait intéressant de financer le premier chargement de CNSL qui sera utilisé sur une certaine période. De plus, actuellement le CNSL est exporté en flexitank et il faudra trouver un moyen de livrer l'utilisateur avec un camion-citerne. Il est possible que ce ou ces premiers chargements soient un peu plus chers que ce qui se fera par la suite avec l'habitude.

Bien que soumis à variation, le prix actuel du CNSL est de 200-240 FCFA/kg. En y ajoutant les coûts de transport de 1.2 millions de FCFA pour un camion de 20 tonnes, on obtient un coût du CNSL à 300 FCFA/kg.

Tableau 8: Coûts estimatifs du CNSL à fournir aux usines pour les projets pilotes

Scénarios	Variables		Grande capacité	Petite capacité
	Origine : RCI	Jours	15	30
Quantité de CNSL (litres)			17 100	3 600
Prix CNSL livré sortie usine (FCFA)	240	FCFA/kg	4 104 000	864 000
Prix transport CNSL (FCFA)	60	FCFA/kg	1 026 000	216 000
<b>Sous-total CNSL (FCFA)</b>			<b>5 130 000</b>	<b>1 080 000</b>

Grande capacité : Quantité livrée pour une utilisation de 15 jours correspond quasiment à la quantité maximale que la cuve de stockage de 20 000 litres peut accepter.

Petite capacité : Quantité livrée pour une utilisation de 30 jours correspond au minimum qu'il est rentable de déplacer pour la livraison.

## 4.1.5 Investissements totaux pour les projets pilotes

L'ensemble des coûts associés pour l'achat, le transport, le dédouanement et l'installation des équipements est récapitulé dans le tableau ci-dessous. Ce tableau prend aussi en compte l'achat de CNSL qui n'est plus directement un CAPEX mais un OPEX et qui servira à aider l'utilisateur à se lancer dans l'utilisation de CNSL et éviter les contre-temps.

Tableau 9: Récapitulatif des coûts d'achat et d'installation pour les différents scénarios

Scénarios	Variables	Grande capacité	Petite capacité
<b>Données de base scénarios</b>			
Puissance thermique bruleur associée (kW)		1000-4000	110-400
Consommation théorique moyenne combustible (kg/h)		95	10
Consommation journalière moyenne (kg/j)	12 h	1140	120
Consommation mensuelle moyenne (kg/mois)	26 j	29 640	3 120
<b>Investissements nécessaires pour installation</b>			
<i>Cuve PEHD stockage CNSL</i>	Origine : RCI	20 000 litres	10 000 litres
Sous-total Cuve PEHD stockage CNSL		3 200 000	1 920 000
<i>Système de tuyauterie, filtration et compteur</i>	Origine : RCI		
Sous-total Système de filtration et tuyauterie (FCFA)		4 885 000	3 935 000
<i>Brûleur</i>	Origine : Importé	1000-4000 kW, modulant	100-400 kW, 2 vitesses
Sous-total Bruleur (FCFA)		25 386 699	9 759 524

<i>Achat CNSL</i>	Origine : RCI	Jours	15	30
Sous-total CNSL (FCFA)			5 130 000	1 080 000
<b>GRAND TOTAL COUTS FOURNITURE ET INSTALLATION (FCFA)</b>			<b>38 601 699</b>	<b>16 694 524</b>

Grande capacité : le coût total est évalué à environ 39 millions de FCFA

Petite capacité : le coût total est évalué à environ 17 millions de FCFA

# 5 GAINS ECONOMIQUES

---

Pour les entreprises intéressées à participer au projet pilote, l'impact recherché par une utilisation du CNSL sera avant tout une réduction des coûts d'exploitation par l'utilisation d'un combustible moins cher. Il est donc important d'estimer le gain économique engendré par l'utilisation du CNSL.

## 5.1 Achat de combustible

### 5.1.1 Prix des combustibles

#### 5.1.1.1 Combustibles fossiles traditionnels et réglementés

En Côte d'Ivoire, le prix des combustibles fossiles est réglementé par l'Etat à travers le Ministère des Mines, du Pétrole et de l'Énergie (MMPE) et est réactualisé à intervalle régulier. La dernière révision en vigueur du 1<sup>er</sup> au 31 Décembre 2024<sup>1</sup> donne les prix suivants :

- Butane vrac : 638.504 FCFA/kg
- Gasoil : 715 FCFA/l (prix au détails)
- FO180 : 502 FCFA/kg

Les prix du butane vrac et du FO180 sont les prix en gros, livré usine. Pour le gasoil il semble qu'il n'y ait pas de prix de gros régulé et que des accords puissent être passés avec les fournisseurs. D'après les usines rencontrées, celles-ci l'achètent 615 FCFA/l livré usine, soit 723.5 FCFA/kg (masse volumique = 0.85 kg/l).

#### 5.1.1.2 Mélange huiles usagées et résidus de pétrole

Dans nos visites, nous avons rencontré 3 cas d'utilisation de mélange d'huile de moteurs usagées mélangées à des résidus de pétrole et/ou du gasoil. Ce commerce semble être un marché parallèle plus ou moins officiel réalisé par un certain nombre d'entreprises.

La qualité des mélanges varie grandement d'une livraison à l'autre, entraînant des problèmes de fonctionnement des brûleurs qui eux sont réglés pour un combustible donné. De plus ce mélange a tendance à être assez sale, entraînant des casses au niveau du brûleur.

Le pouvoir calorifique de ce combustible est inconnu mais il est estimé entre le FO180 et le CNSL, à 11.1 kWh/kg.

Son prix varie aussi suivant les fournisseurs mais d'après les différentes informations reçues il semble aujourd'hui se vendre aux alentours de 290 FCFA/kg livré usine bien qu'une usine nous ait mentionné un prix de 200 FCFA/kg.

Il est difficile de se fier aux différents prix donnés car il semble y avoir de nombreux intérêts de certains des acteurs visant à limiter l'utilisation d'autres combustibles. C'est donc un marché relativement opaque.

#### 5.1.1.3 CNSL

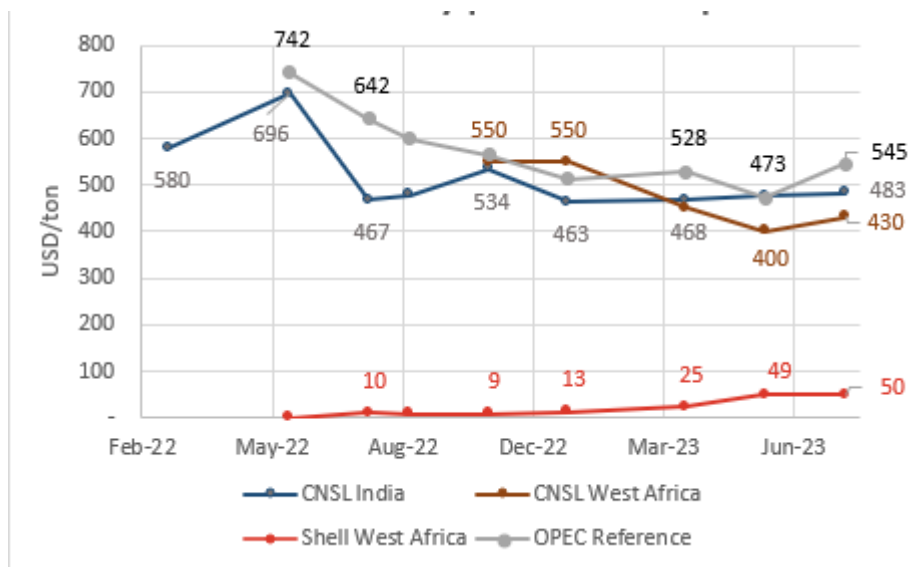
Le prix du CNSL se base aujourd'hui sur un marché international notamment entraîné par le prix du pétrole brut et est sujet à variation. Après un pic à 341 FCFA/kg (550 USD/MT) en fin 2022 son prix a depuis chuté pour atteindre 266 FCFA/kg mi-2023 et entre 200 et 240 FCFA/kg aujourd'hui.

---

<sup>1</sup> Voir Annexe 2 : Liste des prix des carburants

La figure ci-dessous montre la variation du prix du CNSL ces dernières années

**Figure 1: Évolution des prix du pétrole brut à l'international, du CNSL en Inde et en Afrique de l'Ouest et des coques d'anacarde**



En y ajoutant les coûts de transport de 1.2 million de FCFA pour un camion de 20 tonnes, on obtient un coût du CNSL à environ 300 FCFA/kg.

Le PCI du CNSL est lui de 10.9 kWh/kg<sup>2</sup> d'après les différentes données de laboratoire étudiées.

#### 5.1.1.4 Prix par énergie

En considérant le prix par énergie délivrée<sup>3</sup>, on se rend compte que le gasoil est largement plus cher que le gaz et le FO180 qui eux-mêmes sont relativement plus chers que le mélange d'huiles usagées. Le CNSL se retrouve lui à peu près au même niveau de prix que le mélange huiles usagées, mais légèrement plus cher.

**Tableau 10: Récapitulatif des prix des combustibles par kilogramme et par unité d'énergie kWh**

	Gaz	Gasoil	FO180	Mélange huile usagées	CNSL
Prix combustible (FCFA/kg)	638.5	723.5	502	290	300
PCI combustible (kWh/kg)	13.9	11.8	11.6	11.1	10.9
Prix combustible par énergie (FCFA/kWh)	46	61.3	43.2	26.1	27,5

<sup>2</sup> Performance Evaluation of Kiln for Cashew Nut Shell Carbonization and Liquid, S. H. Sengar , A. G. Mohod , Y. P. Khandetod

<sup>3</sup> L'efficacité du bruleur n'a ici pas été considérée, car elle va varier au cas par cas en fonction de l'adéquation entre la conception du bruleur et son utilisation dans l'usine, son entretien, son paramétrage, etc. Ces facteurs ne dépendent pas du combustible en soit et ne peuvent donc pas être pris en compte dans le calcul présenté ici. Par contre ils auront un impact sur la consommation de combustible et in fine sur le gain économique. C'est pour cela qu'il est suggéré à la section 7.2.2 de ne pas négliger le suivi de la combustion lors de la phase pilote, de manière à s'assurer que le bruleur fonctionne au maximum de son efficacité et que la consommation de combustible est optimisée pour les besoins thermiques de l'usine.

**Tableau 11: Comparatif des avantages et inconvénients de chacun des combustibles**

	Avantages	Inconvénients
<b>Gaz</b>	Facilité d'utilisation, propreté	Investissement élevé à l'installation dû à sa dangerosité
<b>Gasoil</b>	Facilité d'utilisation, propreté	Prix élevé
<b>FO180</b>	Qualité constante	Difficile à utiliser car très pâteux
<b>Mélange huiles usagées</b>	Prix bas	Mauvaise qualité, peu constant, difficile à utiliser car visqueux et sale
<b>CNSL</b>	Prix bas, qualité constante	Difficile à utiliser car visqueux ; acide et donc risque d'usure prématuré des pièces du bruleur

## 5.1.2 Économies en achat de combustible

En reprenant les quantités estimées de combustible consommées dans chacun des scénarios et en prenant en compte les PCI des différents combustibles (plus le PCI d'un combustible est faible et plus il faudra en consommer comparativement pour produire la même quantité d'énergie thermique), il est possible de calculer les économies journalières liées à l'utilisation du CNSL.

**Tableau 12: Économies journalières liés à l'utilisation du CNSL en FCFA**

Combustible	Facteur de surconsommation du CNSL lié au PCI <sup>4</sup>	Scénario grande capacité	Scénario grande capacité
<b>Gaz</b>	1.27	292 775	30 818
<b>Gasoil</b>	1.08	454 976	47 892
<b>FO180</b>	1.06	208 524	21 950
<b>Huile usagées</b>	1.02	- 17 492	- 1 841

Le CNSL étant considéré un peu plus cher que les huiles usagées, on remarque une légère perte monétaire au niveau de la consommation de carburant.

## 5.2 Surcoûts utilisation CNSL

L'utilisation du CNSL peut engendrer des surcoûts de fonctionnement à 2 niveaux :

- Consommation électrique liée au préchauffage du CNSL pour sa combustion. Cela est vrai seulement par rapport à l'utilisation du gaz et du gasoil. Le FO180 et les huiles usagées ont eux aussi besoin d'un préchauffage. Le bruleur grande capacité a un préchauffeur de 18kW et celui de petite capacité de 3 kW
- Utilisation accrue de pièces de rechange due au pouvoir corrosif et acide du CNSL. Pour les estimations de la présente étude, il a été considéré l'achat de 2 kits de pièces de rechange par an, chacun des kits correspondant à 25% de la valeur Exworks du bruleur. Cette hypothèse sera à valider pendant les projets pilotes. Ce surcoût n'est pas à considérer pour les entreprises utilisant un mélange d'huiles usagées qui est lui aussi très demandeur en pièces de rechange d'après les retours d'expérience.

<sup>4</sup> Se référer au tableau numéro 10 pour les valeurs des différents PCI. Un rapport entre les PCI des différents combustibles et celui du CNSL a été effectué

Tableau 13: Surcoûts journaliers liés à l'utilisation du CNSL en FCFA/j

		Scénario grande capacité	Scénario grande capacité
Surpuissance électrique bruleur CNSL (kW)		18	3
Surconsommation électrique bruleur CNSL (kWh/j)		216	36
Surcoût surconsommation électrique (FCFA/j)	65.85 FCFA/kWh <sup>5</sup>	14 224	2 371
Surcoût pièces de rechange (FCFA/j)	2 sets/an	11 571	1 891

## 5.3 Gains économiques

En considérant les économies liées à l'achat et les surcoûts liés à l'utilisation du CNSL on obtient les tableaux et courbes suivantes. Ceux-ci représentent les gains économiques par rapport à chaque combustible et pour chaque scénario.

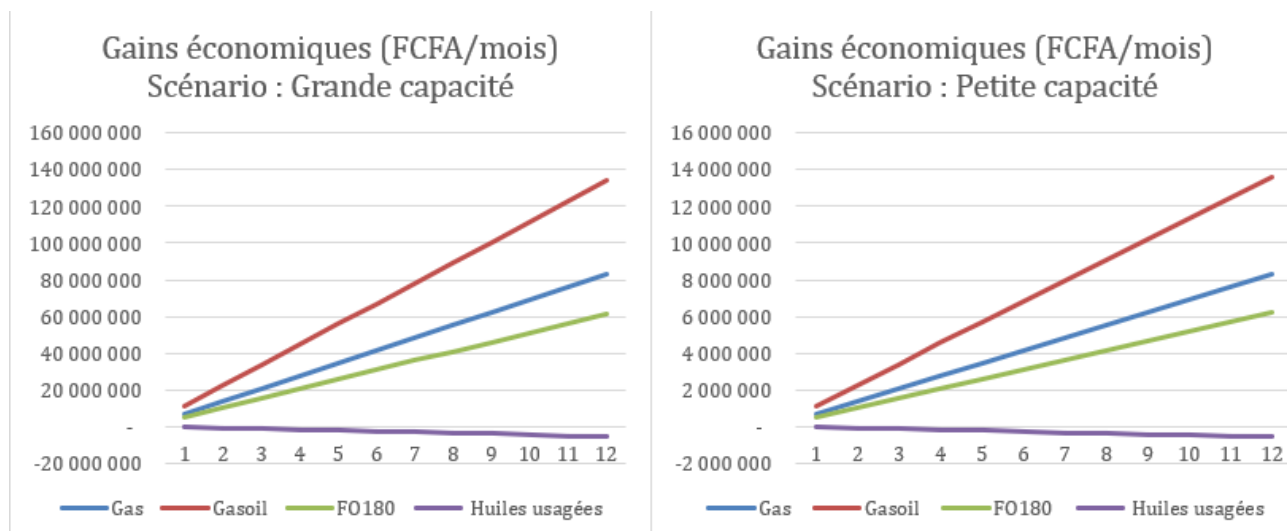
Tableau 14: Gains économiques journaliers et mensuels et temps de retour de l'investissement de l'installation par scénario et en fonction du combustible de base

Scénarios	Variables	Grande capacité	Petite capacité
Gain économique total journalier (FCFA/j)	Gaz	266 981	26 557
	Gasoil	429 182	43 631
	FO180	196 954	20 059
	Huile usagées	- 17 492	- 1 841
Gain économique total mensuel (FCFA/mois)	Gaz	6 941 516	690 478
	Gasoil	11 158 734	1 134 396
	FO180	5 120 798	521 531
	Huile usagées	- 454 782	- 47 872
Temps de retour de l'investissement de l'installation <sup>6</sup> (jours travaillés)	Gaz	125	588
	Gasoil	90	383
	FO180	196	832
	Huile usagées		

<sup>5</sup> Le coût de l'électricité a été calculé en faisant une moyenne pondérée des prix des heures de pic, pleines et creuses dans le cas d'un industriel

<sup>6</sup> Le CNSL financé par le projet tel que décrit à la section 4.1.4, n'est pas pris en compte dans le prix de l'installation

**Figure 2: Gains économiques par mois pour chacun des scénarios d'utilisation du CNSL par rapport aux autres combustibles**



L'utilisation du CNSL est **très rentable par rapport au gaz, au FO180 et particulièrement au gasoil** avec des gains mensuels allant jusqu'à 11 millions par rapport au gasoil pour le scénario de grande capacité. Les temps de retours de l'investissement sont tous inférieurs à 1 an dans le scénario de grande capacité et entre 2 et 3 ans pour le scénario de petite capacité.

Au contraire, l'utilisation du CNSL n'est pas viable économiquement par rapport au mélange d'huiles usagées. Cela vient du fait que le CNSL a été considéré 10 FCFA/kg plus cher. Dans le cas d'un prix égal le rapport serait nul car ils ont ensuite les mêmes contraintes en termes de chauffage et pièces de rechange. Donc, le gain économique dépendra vraiment du prix de vente actualisé de l'un et de l'autre combustible.

Tout de même l'utilisation du CNSL en substitut de ces huiles usagées pourrait intéresser les usines qui ont l'air d'avoir de gros problèmes de constance de la qualité de ces mélanges d'huile. Le CNSL au contraire, étant produit en grande quantité par des équipements industriels et à partir de matières premières stables est réputé pour être assez constant en qualité.

# 6 GAINS ENVIRONNEMENTAUX

---

Même si les gains environnementaux ne seront pas la motivation première des dirigeants d'entreprise pour remplacer leur combustible actuel par du CNSL, il est important de pouvoir quantifier ces gains. En effet, les réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> pourront peut-être, à terme et si la conversion se fait à grande échelle, se monétiser sous la forme de crédits carbone. De plus, pour Enabel qui finance ce projet, la motivation est de fournir un débouché local au produit de la valorisation d'un déchet agricole abondant en Côte d'Ivoire ainsi que de contribuer à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de la pollution de l'air dans le secteur industriel.

## 6.1 Émissions de CO<sub>2</sub>

### 6.1.1 Émissions liées aux combustibles fossiles

L'ensemble des données présentes dans ce paragraphe a été récoltée sur le site de l'ADEME<sup>7</sup> (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) qui est une agence sous tutelle des Ministères de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et de la Transition Écologique et Solidaire Français. Cette agence est une référence en matière de données environnementale et d'émissions de polluants permettant de réaliser notamment des bilans carbone.

Les données fournies par l'ADEME l'ont été à partir d'une base de données assez complexe résultant de nombreuses années d'expérience et de recherche de l'ADEME sur le sujet. Malheureusement ces chiffres correspondent à des valeurs pour une utilisation en France. Des valeurs spécifiques pour l'utilisation en Côte d'Ivoire n'étant pas disponibles, nous considérerons ces valeurs égales.

Les informations correspondantes aux émissions de chacun des combustibles fossiles ont été récupérées du site de l'ADEME. Celles-ci ont été prises en g CO<sub>2</sub>/kWh (gramme de CO<sub>2</sub> émis par kWh d'énergie produite) puisque c'est la donnée qui nous intéresse et qui permettra de comparer les émissions dues à l'utilisation de différents combustibles. Ces émissions proviennent de deux sources :

- Les émissions de CO<sub>2</sub> de la combustion, qui correspondent à la quantité de CO<sub>2</sub> relâchée sur place lors de la combustion d'une certaine quantité de combustible
- Les émissions de CO<sub>2</sub> en amont de la combustion, qui correspondent à la quantité de CO<sub>2</sub> relâchée pendant la production et le transport de ce combustible. Cela correspond notamment à l'énergie qui a été dépensée et donc le CO<sub>2</sub> équivalent qui a été émis lors de l'extraction de ce combustible, lors de sa transformation ou encore lors de son transport vers l'utilisateur final.

C'est la somme de ces 2 types d'émission qui doit être pris en compte lors du bilan d'émission d'une activité et qui est appelée « Émissions directes de gaz à effet de serre ». Ces émissions pour les combustibles utilisés dans les usines visitées et d'autres biocombustibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Pour un combustible fossile, les 2 types d'émissions sont présentes avec une part bien plus prépondérante pour les émissions de combustion, la transformation et le transport étant ensuite relativement peu émetteurs vu les volumes en jeu.

---

<sup>7</sup>[https://base-empreinte.ademe.fr/donnees/jeu-donnees?state=WGt3d1B2TDhhaXVUZ1haNnRMTjR6SXdhSWJTznF5MEIENWY5RUVBfmZfSTBS&session\\_state=acf77b4b-03dc-4719-98ad-0a4f9e7c0aba&iss=https:%2F%2Fmoncompte.ademe.fr%2Fauth%2Frealms%2Fmaster&code=a3e9a601-5581-4c6d-9e66-021ace327c96.acf77b4b-03dc-4719-98ad-0a4f9e7c0aba.e8e7e1ec-ca0a-42ac-bf39-2abdf82b7fb2](https://base-empreinte.ademe.fr/donnees/jeu-donnees?state=WGt3d1B2TDhhaXVUZ1haNnRMTjR6SXdhSWJTznF5MEIENWY5RUVBfmZfSTBS&session_state=acf77b4b-03dc-4719-98ad-0a4f9e7c0aba&iss=https:%2F%2Fmoncompte.ademe.fr%2Fauth%2Frealms%2Fmaster&code=a3e9a601-5581-4c6d-9e66-021ace327c96.acf77b4b-03dc-4719-98ad-0a4f9e7c0aba.e8e7e1ec-ca0a-42ac-bf39-2abdf82b7fb2)

Il n'existe bien évidemment pas de données pour le mélange d'huiles usagées et de fioul que les usines utilisent ici. En effet, ce combustible ne répond à aucune norme. Pour cette étude, ses émissions ont été considérées égales à celles du FO180 car étant un combustible fossile, il va relâcher une quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère lors de sa combustion.

Des exemples d'autres biocombustibles ont aussi été extraits de la base de données ADEME. Celle-ci montre bien que l'émission lors de la combustion est égale à zéro, car le biocombustible relâche la même quantité de CO<sub>2</sub> qu'il a absorbé lors de la croissance de sa plante. Par contre la production de la matière première, le transport de la matière première vers son lieu de transformation, l'énergie utilisée lors de sa production et le transport vers l'utilisateur final, eux, émettent des gaz à effet de serre.

## 6.1.2 Émissions liées au CNSL

**Tableau 15 : Emissions de gaz à effet de serre des différents combustibles fossiles étudiés et exemple d'autres biocombustibles**

	Combustibles fossiles étudiés				Exemples d'autres biocarburants			
	Gaz (butane/GPL)	Gasoil	FO180	Huiles/ fioul usagé	Biodiesel colza	Biodiesel tournesol	Biodiesel soja	Biodiesel palme
Emission CO <sub>2</sub> combustion par énergie (g CO <sub>2</sub> /kWh)	232	256	283		0	0	0	0
Emissions CO <sub>2</sub> amont par énergie (g CO <sub>2</sub> /kWh)	38	67	44		134	90	80	78.5
<b>Emissions directes de GES (g CO<sub>2</sub>/kWh)</b>	<b>270</b>	<b>323</b>	<b>327</b>	<b>327</b>	<b>134</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>78.5</b>

Le CNSL, comme les biocombustibles ci-dessus, n'émet pas par définition de CO<sub>2</sub> lors de sa combustion. En effet, les émissions de combustion des biocarburants sont considérées nulles par convention car durant son développement, la matière première dont ils sont issus absorbe du CO<sub>2</sub> qui sera libéré lors de la combustion<sup>8</sup>. C'est le cycle court naturel du carbone. Par contre il en émet lors sa production et de son transport vers le client final. En revanche, le CNSL étant produit à partir de coques d'anacarde qui sont considérées comme un sous-produit de l'amande de cajou, tout ce qui est en amont de la production de CNSL (culture d'anacarde, transport des noix, décorticages de celles-ci, etc.) est comptabilisé dans le bilan carbone de l'amande et non de la coque.

<sup>8</sup> Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, Annexe V, Partie C, point 13 : « Les émissions du carburant à l'usage dont considérées comme nulles pour les biocarburants et les bioliquides »

Il nous faut donc évaluer les émissions :

- Liées à la production de CNSL lors de sa transformation
- Liées à son transport vers l'utilisateur final

Il n'y a pas d'émissions liées au transport des coques car dans les différents cas en Côte d'Ivoire la coque se trouve directement sur le lieu de transformation en CNSL.

### 6.1.2.1 Emissions liées à la production de CNSL

La transformation d'une tonne de coques consomme en moyenne 65 kWh d'électricité<sup>9</sup>. Le rendement de CNSL étant de 20%<sup>10</sup>, il faut 325 kWh d'électricité par tonne de CNSL produit, ou 0.325 kWh/kg de CNSL.

En Côte d'Ivoire la production de 1 kWh électrique du réseau engendre l'émission de 445 grammes de CO<sub>2</sub><sup>11</sup>.

Les émissions liées à la production de CNSL sont donc de **144.6 grammes de CO<sub>2</sub> par kg**.

### 6.1.2.2 Emissions liées au transport du CNSL

Le transport est celui entre le lieu de production de CNSL et l'utilisateur final. Dans notre cas, on considère que la distance entre ces 2 sites n'est pas supérieure à 200 km.

En considérant un camion chargé de 20 000 kg de CNSL consommant 100 kg de gasoil pour parcourir ces 200 km. Chaque kg de gasoil consommé émet 3.75 kg CO<sub>2</sub>/kg<sup>12</sup>, donc le camion émet 375 kg de CO<sub>2</sub> pour transporter 20 000 kg de CNSL. Cela correspond à 18.75 grammes de CO<sub>2</sub>/kg de CNSL transporté.

### 6.1.2.3 Emissions totales liées au CNSL

**Tableau 16: Emissions de CO<sub>2</sub> des différents combustibles fossiles étudiés et du CNSL**

	Combustibles fossiles étudiés				CNSL
	Gaz (butane/GPL)	Gasoil	FO180	Huiles/ fioul usagé	
Emission CO <sub>2</sub> combustion par énergie (g CO <sub>2</sub> /kWh)	232	256	283		0
Emissions CO <sub>2</sub> amont par énergie (g CO <sub>2</sub> /kWh)	38	67	44		15.0
Emissions directes de GES (g CO <sub>2</sub> /kWh)	<b>270</b>	<b>323</b>	<b>327</b>	<b>327</b>	<b>15.0</b>

En ajoutant ces 2 valeurs on obtient des émissions de 163.4 g CO<sub>2</sub>/ kg de CNSL consommé.

<sup>9</sup> Données des équipementiers Goyum et Kumar spécialisés dans la production de CNSL

<sup>10</sup> Données des équipementiers Goyum et Kumar spécialisés dans la production de CNSL

<sup>11</sup> Source : Base de données de l'ADEME

<sup>12</sup> Source : Base de données de l'ADEME

La valeur du PCI du CNSL étant de 10.9 kWh/kg on en déduit que les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la combustion du CNSL à Abidjan sont de **15.0 g CO<sub>2</sub>/kWh** d'énergie produite.

On peut noter que les émissions de CO<sub>2</sub> du CNSL sont très faibles par rapport aux combustibles fossiles et même par rapport aux autres biocombustibles vus plus tôt. Cela est notamment dû au fait que le CNSL est produit à partir de déchets, que sa production à partir de la coque ne demande pas beaucoup d'étapes de transformation et qu'elles ne sont pas très gourmandes en énergie et enfin que l'utilisateur final se trouve très proche de l'endroit de production.

### 6.1.3 Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par l'utilisation du CNSL

A raison d'une utilisation de 12h/jour des bruleurs avec des puissances moyennes de 1 000 et 110 kW respectivement pour le scénario grande et petite capacité, on obtient des puissances thermiques nécessaires à nos cas d'étude de 12 000 et 1 320 kWh thermique par jour.

En utilisant les données d'émissions de chacun des combustibles on obtient les valeurs brutes d'émission de CO<sub>2</sub>/jour pour chaque scénario en fonction du combustible utilisé.

**Tableau 17: Emissions journalières de CO<sub>2</sub> par combustible pour chacun des scénarios (kg CO<sub>2</sub>/j)**

Scénario			Grande capacité	Petite capacité
Puissance produite par jour (kWh/j)			<b>12 000</b>	<b>1 320</b>
Emissions CO <sub>2</sub> journalières (kg CO <sub>2</sub> /j)	<i>Gaz</i>	270	3 240	356
	<i>Gasoil</i>	323	3 876	426
	<i>FO180</i>	327	3 924	432
	<i>Huile usagées</i>	327	3 924	432
	<i>CNSL</i>	15	180	20

Cela nous donne les valeurs journalières et mensuelles de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> suivantes grâce à l'utilisation du CNSL :

**Tableau 18 : Réduction des émissions journalières et mensuelles de CO<sub>2</sub> grâce à l'utilisation de CNSL par rapport aux différents combustibles fossiles et par scénario**

Scénario	Combustible remplacé	Grande capacité	Petite capacité
Réduction des émissions CO <sub>2</sub> journalière (kg CO <sub>2</sub> /j)	<i>/Gaz</i>	3 060	337
	<i>/Gasoil</i>	3 696	407
	<i>/FO180</i>	3 744	412
	<i>/Huile usagées</i>	3 744	412
Réduction des émissions CO <sub>2</sub> annuelle (tonnes CO <sub>2</sub> /an)	<i>/Gaz</i>	955	105
	<i>/Gasoil</i>	1 153	127
	<i>/FO180</i>	1 168	129
	<i>/Huile usagées</i>	1 168	129

Grande capacité : Dans le cas de ce scénario consommant environ 30 tonnes de combustibles par mois, l'utilisation de CNSL permet d'économiser entre 955 et 1 168 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Petite capacité : Dans le cas de ce scénario consommant environ 3 100 tonnes de combustibles par mois, l'utilisation de CNSL permet d'économiser entre 105 et 129 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

## 6.2 Polluants de l'air

Outre les émissions de CO<sub>2</sub>, les usines visitées émettent aussi dans leur fumée des polluants nocifs pour la qualité de l'air (CO, particules, etc.). Il est donc également important de quantifier les éventuelles réductions d'émissions de tels polluants avec l'utilisation de CNSL. Comme expliqué ci-dessous, ces émissions dépendent principalement de la qualité de la combustion et ne peuvent donc pas être anticipées par le calcul, comme c'est le cas pour le CO<sub>2</sub>. C'est pourquoi il est important de prévoir une activité d'analyse des fumées dans les projets pilotes d'utilisation de CNSL dans les usines.

# 7 ANALYSE DES FUMÉES

## 7.1 Normes d'émission en Côte d'Ivoire

Premièrement, il est à noter que nous parlons de gestion des émissions de sources fixes (ESF), à l'inverse de la méthode de prélèvement des retombées autour du site d'émission – faisant référence à la gestion de l'air ambiant (AA). Les ESF permettent de caractériser plus directement les émissions des systèmes à l'étude comme les chaudières dans notre cas.

En Côte d'Ivoire, les normes sur les émissions de pollution de l'air sont données dans « le décret n°2017-125 du 22 Février 2017 Relatif à la qualité de l'air », dans la « Chapitre II : Valeurs maximales des paramètres de qualité de l'air ambiant, Article 5 ».

On y retrouve les informations ci-dessous :

**Figure 3: Normes d'émission applicables en Côte d'Ivoire sur les seuils maximaux d'émission des installations classées**

Substances	Flux horaire total	Concentration maximal admissible (mg/m <sup>3</sup> )
Poussières totales	< 1kg/h	100
	>1kg/h	50
Monoxyde de carbone	>1 kg/h	50
Oxyde de soufre (exprimés en dioxyde de soufre)	>25 kg/h	500
Oxyde d'azote (exprimés en dioxyde d'azote)	>1 kg/h	50
Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore (exprimé en HCL)	>1kg/h	50
Fluor composés inorganiques du fluor (gaz, véhicules et particules exprimés en HF)	>500 g/h	5 pour les composés gazeux
		5 pour l'ensemble des véhicules et particules
Rejets de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés.	>1 g/h	0,2
Rejets d'arsenic, sélénium et tellure, et de leurs composés.	>5 g/h	1 mg/m <sup>3</sup> (exprimé en As+Se+Te)
<b>METAUX ET COMPOSES DE METAUX</b> Rejets d'antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, plomb, vanadium, zinc et leurs composés.	>25 g/h	5 mg/m <sup>3</sup> (exprimé en Sb + Cr + Co+ Cu+ Sn +Mn + Ni+Pb +V+Zn)
<u>Rejets de divers substances gazeuses</u> -Acide cyanhydrique (HCN) ou de brome et de composés inorganiques gazeux du brome (HBr) ou de chlore exprimé en HCL ou d'hydrogène sulfuré	>50mg/h	5 mg/m <sup>3</sup> pour chaque produit
<u>Ammoniac</u>	>1mg/h	50
<u>Amiante</u> Si la quantité d'amiante mise en œuvre dépasse 100kg/ an		0,1 pour l'amiante
		0,5 pour les poussières totales
<u>Autres fibres</u> Si la quantité de fibres, autres que l'amiante, mise en œuvre dépasse 100kg/ an		1 pour les fibres
		50 pour les poussières totales

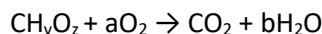
Pour résumer les principaux paramètres qui peuvent nous intéresser :

- Poussières totales : si <1kg/h → <100 mg/m<sup>3</sup>  
si >1kg/h → <50 mg/m<sup>3</sup>
- CO (Monoxyde de carbone) : <50 mg/m<sup>3</sup>
- SOx (Oxyde de soufre) : <500 mg/m<sup>3</sup>
- NOx (Oxyde d'azote): <50 mg/m<sup>3</sup>

Il est à noter que le décret ne fait pas de différence de combustible et que les seuils sont communs aux installations à combustible liquide, gazeux ou solide et de provenance hydrocarbure ou non et sont non différenciés en fonction de la puissance des équipements installés. Ceci semble être assez réducteur car il semble difficilement compréhensible qu'une installation au gaz ait le droit d'émettre autant qu'une installation au fioul lourd ou à la biomasse ou qu'une grosse installation puisse émettre autant qu'une petite (en termes de ratio).

## 7.2 Types d'émissions de fumées et prélèvement

Le CNSL est composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Une réaction de combustion parfaite mènerait à l'équation suivante :



Avec  $\text{CH}_y\text{O}_z$  le combustible (le CNSL) et  $a\text{O}_2$  le comburant (l'air). Ces réactions totales, correspondant à une combustion parfaite, n'existent malheureusement pas et les réactions sont toujours incomplètes, conduisant à la formation de produits imbrûlés tels que le CO (monoxyde de carbone), les COV (composés organiques volatils), des particules (de différentes tailles et nature), des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), etc.

Finalement, l'équation générale de combustion peut s'écrire



Les imbrûlés forment des particules que l'on retrouve dans les fumées.

L'analyse des fumées permet donc non seulement de mesurer la quantité d'éléments potentiellement nocifs, mais également d'évaluer l'efficacité de la combustion.

### 7.2.1 Les particules

Les particules sont appelées de différentes manières dans la littérature ce qui illustre en quelque sorte la grande diversité des éléments qu'elles regroupent. Les techniques de l'ingénieur stipulent que : « Contrairement aux polluants sous forme gazeuse, les rejets de particules dans l'atmosphère doivent être différenciés selon la taille des particules. La composition des particules peut être très diverse (carbone, métaux lourds...) et servir de support à d'autres substances ».

Ainsi, les particules sont normalement caractérisées, d'une part par leur taille et, d'autre part, par leur composition. La norme ivoirienne ne fait pas cas de ces différences et ne donne qu'une valeur d'émission globale de particules ce qui correspond très probablement à la catégorie ci-dessous :

- TSP pour « Total Suspended Particulates » : poussières totales en suspension dans l'air quelle que soit la taille. Il est admis généralement que les particules respirables ont un diamètre maximal de 50  $\mu\text{m}$ . Les particules de très grosses tailles sédimentent très rapidement.

C'est pourquoi les particules seront directement collectées dans les analyses de fumée, sans distinction de composé ni de taille qui aurait entraîné des systèmes de filtrage et séparation adéquat, complexes et coûteux.

En général, des émissions de particules élevées signifient que la combustion est incomplète et que de nombreux composants s'échappent sans avoir été brûlés, entraînant des nuisances et une réduction de l'efficacité de la combustion.

## 7.2.2 Contrôle de combustion

Certains paramètres sont indispensables à relever afin de connaître l'efficacité de la combustion, notamment le CO, le CO<sub>2</sub>, le O<sub>2</sub> ou l'excédent d'air. Cela permet de s'assurer de l'efficacité optimale du système. À partir de la littérature<sup>13</sup>, nous pouvons donner la cible suivante à atteindre dans le cas du CNSL combustible :

**CO** = minimum (max 100 ppm)  
**CO<sub>2</sub>** = 11 à 12 %  
**O<sub>2</sub>** = 4.5 à 6 %  
**Excédent d'air** = 30 à 40 %  
**Efficacité** = > 75%

- Une valeur de CO minimale signifiera qu'il y a assez d'oxygène pour alimenter la combustion et donc qu'aucun combustible n'est gaspillé car non brûlé.
- Une valeur de CO<sub>2</sub> supérieure à 10% signifiera de même qu'il y a assez d'oxygène pour la combustion et donc ne pas former de CO. Sa valeur maximale théorique est de 13% et le but est de s'en rapprocher le plus possible.
- Une valeur faible en O<sub>2</sub> signifiera que l'on n'envoie pas trop d'air inutile qui au final refroidirait la chaudière sans servir à la combustion.
- De même pour l'excédent d'air qui ne doit pas être trop important sous peine de refroidir la chaudière sans servir à la combustion.
- L'analyseur permet de calculer l'efficacité totale de la combustion (en fonction des paramètres ci-dessus et de la température de la fumée mesurée). Certaines chaudières avec certains combustibles permettent d'atteindre des valeurs très hautes. Dans notre cas un rendement de 75 à 90% est attendu (norme française de 83% dans la plupart de nos cas d'étude<sup>14</sup>).

## 7.2.3 Types de prélèvement

Les prélèvements devront toujours se réaliser après les cyclones et les systèmes de filtres éventuellement installés, et donc normalement au niveau de la cheminée d'échappement. Pour cela, en général un petit trou est percé où il est ensuite possible d'introduire les différentes sondes de mesure ou prélèvement.

Les mesures in-situ : utilisé pour indiquer que l'échantillon n'est pas extrait du conduit mais que l'analyte est directement mesuré dans le flux de gaz. Ces mesures peuvent être réalisées en installant directement le capteur dans le flux. Cette technique permet notamment la détermination des paramètres physiques des fumées : température, pression et débit.

Les mesures extractives : Les mesures extractives sont réalisées au moyen d'un système de prélèvement. Une sonde est utilisée pour extraire un échantillon représentatif des fumées du flux principal. On peut dans ce cas parler de prélèvement. En général, les mesures extractives sont utilisées pour déterminer la composition chimique des fumées et la concentration en poussières.

---

<sup>13</sup>

[https://energypedia.info/images/9/9a/Formation\\_Efficacit%C3%A9\\_%C3%A9nerg%C3%A9tique\\_dans\\_l%E2%80%99industrie.pdf](https://energypedia.info/images/9/9a/Formation_Efficacit%C3%A9_%C3%A9nerg%C3%A9tique_dans_l%E2%80%99industrie.pdf)

[https://d3d1trwpytkozh.cloudfront.net/uploads/manual/pdf/40/Guide\\_des\\_%C3%A9valuations.pdf](https://d3d1trwpytkozh.cloudfront.net/uploads/manual/pdf/40/Guide_des_%C3%A9valuations.pdf)

<sup>14</sup> <https://aida.ineris.fr/reglementation/decret-ndeg-98-817-110998-relatif-rendements-minimaux-a-lequipement-chaudieres>

## 7.3 Analyses internes

Des analyseurs simples permettent de faire des analyses temporaires directement dans la cheminée sur les paramètres basiques comme le CO, le CO<sub>2</sub>, l'O<sub>2</sub>, l'excédent d'air ou encore l'efficacité du système. Par exemple **le TPI709<sup>15</sup> ou encore le TEST300<sup>16</sup>**. Ces équipements sont relativement peu onéreux, environ 2 000 euros HT en Europe avec leur sonde de prélèvement mais auront besoin d'être recalibrés périodiquement. En comptant le transport et le dédouanement de cet appareil on peut extrapoler son prix à 4500 euros, soit 3 millions de FCFA. Il en existe un grand nombre sur le marché. Il sera intéressant d'acheter un de ces instruments afin de s'assurer que les réglages des brûleurs, et donc la combustion est optimale, comme vu au 7.2.2 .

Ces appareils étant relativement faciles d'utilisation, ces analyses seront les premières réalisées et pourront l'être à intervalle régulier pour s'assurer de l'optimisation du système. Cela limitera les dépenses inutiles en combustible et par la même les émissions de polluants inutiles.

D'autres équipements un peu plus complets existent pour mesurer les NOx ou SO<sub>2</sub>. Nous pouvons par exemple penser au Testo 350 qui permet de mesurer jusqu'à 6 critères simultanés dont les Nox et SO<sub>2</sub> (et aussi ceux vu précédemment pour le TESTO300). Son prix d'achat est un peu plus élevé, 4400 euros HT en Europe, auquel il faut ajouter les sondes désirées, soit un coût total estimé à 6 500-7 000 euros HT Europe (13.8 millions de FCFA à Abidjan). Il ne semble pas indispensable dans un premier temps puisque ces analyses particulières pourront aussi être réalisées par un laboratoire d'analyse locale, une fois les paramètres du brûleur bien réglés.

Enfin les mesures de particules peuvent être réalisées grâce au TESTO380. Son prix d'achat est de 10 000 euros HT en Europe et de 13.4 millions de FCFA à Abidjan. De même que pour le TESTO350, des laboratoires locaux pouvant réaliser ces analyses, il ne semble pas forcément opportun dans un premier temps d'en acquérir.

## 7.4 Analyses laboratoires externes

La norme ivoirienne n'impose aucun prélèvement périodique par un organisme externe. D'ailleurs le CIAPOL, Centre Ivoirien Antipollution, n'est pas équipé pour réaliser ces prélèvements.

A Abidjan SGS et le Bureau Veritas sont capable de réaliser ces analyses. De plus ils sont agréés par le CIAPOL pour cela. Particules, NOx, CO, CO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> peuvent être analysés par SGS, de même, sauf particules, pour le Bureau Veritas. Le coût pour le prélèvement sur 2 chaudières est de 800 000 FCFA HT pour SGS et 600 000 FCFA HT pour le Bureau Veritas.

Ces analyses permettront de réaliser celles qui n'auront pas pu être effectuées en interne et de confirmer celles qui ont été réalisées.

Dans l'idéal, il faudrait réaliser un prélèvement avec l'utilisation de l'ancien système (combustible fossile) puis une analyse avec le nouveau système (utilisation de CNSL), afin de pouvoir se rendre compte de l'impact du changement de combustible sur les différents types d'émissions. Dans ce cas-là il faut prévoir un **budget d'environ 2 millions de FCFA** pour réaliser les analyses avant et après changement de combustible sur 2 sites.

## 7.5 Conclusion sur les analyses de fumées

Les analyses de fumées les plus importantes à réaliser sont celles assurant le meilleur fonctionnement et donc la meilleure combustion du CNSL afin d'éviter les pertes inutiles entraînant des surcoûts économiques et des émissions supplémentaires de polluants. Celles-ci doivent être réalisées pendant toute la phase de test des brûleurs, puis à intervalles réguliers. Il est donc conseillé d'acheter un analyseur afin de pouvoir l'utiliser régulièrement sur site, d'autant plus que les coûts d'achats sont raisonnables, de l'ordre de grandeur de 2 000 euros HT en Europe.

---

<sup>15</sup> <https://www.tequipment.net/TPI/709OIL/Combustion-Gas-Analyzer/Environ-Analyzer/#description>

<sup>16</sup> <https://www.testo.com/fr-FR/testo-300-premium/p/0564-3004-80>

Concernant les analyses de Nox, SO<sub>2</sub> ou particules, elles ne sont pas les meilleures pour se rendre compte de l'efficacité. Par contre, elles doivent tout de même être surveillées si l'on veut s'assurer de respecter les normes fixées par la loi. Les appareils pour les effectuer sont plus complexes et aussi relativement plus coûteux. Des laboratoires d'analyses locaux compétents et équipés étant à même de réaliser ces analyses, leur support dans un premier temps semble le plus judicieux avant éventuellement que l'utilisation du CNSL se standardise et que de plus grandes campagnes de mesures soient lancées.

# 8 CONCLUSION

Suite aux différentes visites effectuées, les 2 scénarios envisagés, appelés de « grande capacité » et de « petite capacité » semblent couvrir un spectre assez large de potentiels utilisateurs de CNSL et bénéficiaires de ce projet. D'autres usines de capacités supérieures auraient aussi pu être intégrées mais il existe plusieurs freins à la mise en place d'une unité pilote chez elles : des équipements très coûteux qu'il est assez difficile d'acheter et qui demandent des analyses poussées d'utilisation, des équipements complexes à manipuler et entretenir et qui ne peuvent être remplacés facilement, de nombreuses normes internes à respecter qui font que l'acceptation par la hiérarchie est beaucoup plus difficile et longue à mettre en place.

Concernant le combustible remplacé, sur le plan économique, il est beaucoup plus intéressant de remplacer le gasoil qui est le plus cher des combustibles, largement devant le gaz et le FO180. Le remplacement des huiles de vidanges usagées ne semble à première vue pas très intéressant économiquement parlant car ayant plus ou moins le même prix que le CNSL qui pourrait être vendu à 300 FCFA/kg. Cependant, les consommateurs actuels ont tout de même montré un intérêt du fait de la mauvaise qualité du combustible qu'ils reçoivent. Il faut également noter, que d'un point de vue technique il sera plus facile pour eux de s'approprier le CNSL, celui-ci étant assez proche des huiles de par son aspect et ses caractéristiques.

Le but de ce projet étant de mettre en place une ou deux unités pilotes qui serviront de cas d'étude et de démonstration, pour qu'ensuite d'autres usines répètent le même schéma une fois que celui-ci a prouvé qu'il marchait, le retour sur investissement des équipements n'est pas le critère le plus important pour nous, mais bien le fait que les bénéficiaires choisis acceptent le CNSL et l'utilisent au jour le jour sur une période longue. Cela servira de base de preuve et de démonstration pour étendre ensuite les prospections auprès d'autres utilisateurs potentiels.

De même le scénario de petite capacité a des temps de retours sur investissement bien plus longs mais tout de même positifs et cela servira une fois de plus de site de démonstration pour plus tard pouvoir toucher des industries et des consommateurs de plus grand calibre qu'il est difficile de convaincre en partant « de zéro ».

Du côté environnemental, les calculs montrent que le CNSL est un biocombustible très peu émetteur de CO<sub>2</sub> du fait de sa production à base de sous-produits, de sa relative facilitée de production et de ses distances de transport très faibles entre le site de production et l'utilisateur dans notre cas. Il donne des valeurs d'émission 20 fois inférieures aux autres combustibles fossiles étudiés.

Le scénario de grande capacité permet par exemple, en remplaçant environ 360 tonnes de combustible fossile par an, d'économiser plus de 1 000 tonnes de CO<sub>2</sub> permettant de grandement réduire l'empreinte carbone des futurs utilisateurs. Le CNSL étant facilement certifiable par la norme ISCC par exemple, ses utilisateurs pourront facilement prouver les réductions d'émissions de gaz à effet de serre effectivement réalisées.

Le tableau ci-dessous résume les différents chiffres présentés dans cette étude. En particulier, le budget nécessaire pour le projet pilote pour chacun des scénarios est présenté, ainsi que les gains économiques et environnementaux (réduction des émissions de CO<sub>2</sub>) attendus.

**Tableau 19 : Récapitulatif des 2 scénarios envisagés**

Scénarios	Variables	Grande capacité	Petite capacité
<b>Données de base scénarios</b>			
Puissance thermique bruleur associée (kW)		1000-4000	110-450
Puissance thermique moyenne bruleur en utilisation (kW)		1000	110
Consommation théorique bruleur combustible (kg/h)		95-380	10-40
Consommation théorique moyenne combustible (kg/h)		95	10
Consommation journalière moyenne (kg/j)	12h	1140	120
Consommation mensuelle moyenne (kg/mois)	26j	<b>29640</b>	<b>3120</b>

Investissements nécessaires pour installation équipements CNSL				
<i>Cuve PEHD stockage CNSL</i>	Origine :			
	RCI		20.000 litres	10.000 litres
<b>Sous-total Cuve PEHD stockage CNSL</b>			<b>3 200 000</b>	<b>1 920 000</b>
<i>Système de tuyauterie, filtration et compteur</i>	Origine : RCI, seconde main			
<b>Sous-total Système de filtration et tuyauterie (FCFA)</b>			<b>4 885 000</b>	<b>3 935 000</b>
<i>Bruleur</i>	Origine : Importé		1000-4000 kW, modulant	100-400 kW, 2 vitesses
<b>Sous-total Bruleur (FCFA)</b>			<b>25 386 699</b>	<b>9 759 524</b>
<i>Achat CNSL</i>	Origine :	<b>Jours</b>		
	RCI		15	30
Quantité de CNSL (litres)			17 100	3 600
<b>Sous-total CNSL (FCFA)</b>			<b>5 147 100</b>	<b>1 083 600</b>
<b>GRAND TOTAL COUTS FOURNITURE ET INSTALLATION EQUIPEMENTS CNSL (FCFA)</b>			<b>38 618 799</b>	<b>16 698 124</b>
Investissements et coûts pour le suivi (réalisation d'analyses de fumées)				
<i>Analyseur de combustion type TESTO 300</i>	Origine : Importé			
<b>Sous-total Analyseur de combustion (FCFA)</b>			<b>3 000 000</b>	
<i>Analyses laboratoire externe</i>	Origine : Locale			
2 sites analysés, 1 analyse avant et une après changement de combustible par site				
<b>Sous-total Analyses externes (FCFA)</b>			<b>2 000 000</b>	
<b>GRAND TOTAL COUTS PRESTATION ET SUIVI (FCFA)</b>			<b>5 000 000</b>	
Gains économiques				
Gain économiques combustible (FCFA/j)	<i>Gaz</i>	<i>1.27</i>	292 775	30 818
	<i>Gasoil</i>	<i>1.08</i>	454 976	47 892
	<i>FO180</i>	<i>1.06</i>	208 524	21 950
	<i>Huile usagées</i>		-	-
			17 492	1 841
Surcoût surconsommation électrique (FCFA/j)	<i>65.85</i>	<i>FCFA/kWh</i>	4 224	2 371
Surcoût pièces de rechange (FCFA/j)	<i>2</i>	<i>sets/an</i>	11 571	1 891
<b>Gain économiques total journalier (FCFA/j)</b>	<i>Gaz</i>		266 981	26 557
	<i>Gasoil</i>		429 182	43 631
	<i>FO180</i>		196 954	20 059
	<i>Huile usagées</i>		-	-
			17 492	1 841
<b>Gain économiques total mensuel (FCFA/mois)</b>	<i>Gaz</i>		6 941 516	690 478
	<i>Gasoil</i>		11 158 734	1 134 396
	<i>FO180</i>		5 120 798	521 531
	<i>Huile usagées</i>		-	-
			454 782	47 872
<b>Temps de retour des investissement (jours travaillés)</b>	<i>Gaz</i>		125	588
	<i>Gasoil</i>		90	383
	<i>FO180</i>		196	832
	<i>Huile usagées</i>			

<b>Gains environnementaux</b>			
<b>Puissance produite par jour (kWh/j)</b>		12 000	1 320
<b>Réduction des émissions de CO2 journalière (kg CO2/j)</b>			
	<i>/Gaz</i>	3 060	337
	<i>/Gasoil</i>	3 696	407
	<i>/FO180</i>	3 744	412
	<i>/Huile usagées</i>	3 744	412
<b>Réduction des émissions de CO2 annuelle (tonnes CO2/an)</b>			
	<i>/Gaz</i>	955	105
	<i>/Gasoil</i>	1 153	127
	<i>/FO180</i>	1 168	129
	<i>/Huile usagées</i>	1 168	129

# ANNEXE 1 : DETAILS DES INFORMATIONS DES USINES VISITEES

Informations générales	Nom de l'entreprise	Afripack	SNCV	Seritex
	Adresse	Abj, Yopougon	Abj, Vridy. A côté de terminal 19	Abj, Koumassi
	Domaine d'activité	Cartonnerie	Confiserie	Impression textile
	Nom du contact	M Rachid	M Gueye	M Yassine
	Poste du contact	Directeur	Directeur technique	Directeur
	Téléphone de contact	0708837070	0707032931	0707037272
	À quoi sert la chaleur	Formation des cartons, agglomération de la pâte	Fondre sucre	Vapeur pour impression
<b>Combustible utilisé</b>	Type de combustible utilisé (fioul lourd, diesel, DDO, bois, etc.)	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole	Mélange huiles usagées et résidus de pétrole
<b>Alimentation en combustible</b>	Fournisseur de combustible			
	Voie d'approvisionnement (camion-citerne, flexitank etc) ?	Camion-citerne	Camion-citerne	Camion-citerne
	Prix au litre ou au kg	290 FCFA/l ?	290 FCFA/l	200 et plus
<b>Stockage sur place</b>	Type de stockage	Citerne horizontale	Citernes horizontale	Citernes enterrées
	Capacité de stockage	12 tonnes	1x12 tonne, 2x6 tonne	2x22 tonnes, + 4 tonnes tampon
	Nombre de réservoirs de stockage	1	3	2
	Type de transfert du stockage au brûleur (pompe, gravitationnel, manuel, autre)	Double pompe, car système de filtre	Pompe jusqu'à cuve intermédiaire 1000 litres, puis pompe pour passer dans filtre	Pompe jusqu'à cuve intermédiaire, puis pompe pour passer dans filtre
	Stockage chauffé ?	Non	Non	Non
	Agitation des réservoirs de stockage	Non	Non	Non
<b>Utilisation combustible et installation</b>	S'il est chauffé, à quelle température	115°C	120°C	Dépend viscosité, 140°C
	Consommation de combustible (jour, mois)	1.4 t/jour 35 t/mois	1.2 t/j, 5j/7 30 t/mois	1.2 à 1.5 t/j, 7j/7 36 t/mois
	Cycle ou utilisation continue du brûleur ?	Continue	12h/j, 5j/7	Continue
<b>Brûleur</b>	Marque et modèle du brûleur	Unigas, KR512 MD.MD.S.TR.A.8.65	Weishaupt, RMS8/2	Inconnu

	Nombre de brûleurs	1	2	1
	Entretien du brûleur	Interne	Interne	Interne
	Sous garantie	Non	Non	Non
	Puissance thermique (kW <sub>thermique</sub> )	650-4500 kW	1010-3075	Estimé : 1200-2500 kW
	Puissance électrique (kW)	Réchauffeur 18 KW	Réchauffeur 13,2 KW	A déterminer
	Conso fuel (kg/h)		90-274 (pompe TA3)	
	Viscosité acceptée	400 cSt à 50°C	50 mm²/s à 100°C	-
<b>Chaudière</b>	Nombre de chaudières	1	2	1
	Capacité	5 t/h	4 et 5 t/h. 4t/h pour nous	2.5 t/h
	Marque et modèle	Erensan ESB500	Weishaupt	Inconnu, + de 50 ans
<b>CNSL</b>	Êtes-vous intéressé à acheter du CNSL au lieu de votre combustible actuel ?	Oui	Oui	Oui/non
	Vous souhaitez faire des tests sur votre brûleur actuel ?	Oui	Oui	Non
	Vous souhaitez faire des tests dans votre chaudière avec un nouveau brûleur ?			
	Des modifications de l'installation pour l'adapter au CNSL sont-elles faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t' il des moments où elles peuvent être réalisées ?			Non et non
	Des tests avec le CNSL sont faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t' il des moments où ils peuvent être réalisées ?	Oui, sauf stockage	Oui, tout est quasiment déjà là	Non et non

<b>Informations générales</b>	<b>Nom de l'entreprise</b>	<b>SAPROLAIT</b>	<b>SCCI, site 2</b>	<b>SCCI, site 1</b>
	Adresse	Abidjan, zone 4	Abj, PK24	Abj, PK24
	Domaine d'activité	Production de produits laitiers	Cimenterie	Cimenterie
	Nom du contact	M Souaré	M Olivier Doukrou	M Olivier Doukrou
	Poste du contact	Responsable maintenance	Directeur des opérations	Directeur des opérations
	Téléphone de contact	22508748678	0141612504	0141612504
	À quoi sert la chaleur	Stérilisation lait	Séchage des granulats	Séchage des granulats

<b>Combustible utilisé</b>	Type de combustible utilisé (fioul lourd, diesel, DDO, bois, etc.)	FO180	FO180	Gasoil
<b>Alimentation en combustible</b>	Fournisseur de combustible	Total	SIR	SIR
	Voie d'approvisionnement (camion-citerne, flexitank etc) ?	Camion-citerne	Camion-citerne	Camion-citerne
	Prix au litre ou au kg		426 FCFA/l	615 FCFA/l
<b>Stockage sur place</b>	Type de stockage	Citernes verticales	Citerne horizontale	Citerne horizontale
	Capacité de stockage	2x15 + 1x5 tonnes	30 tonnes	30 tonnes
	Nombre de réservoirs de stockage	3	1	1
	Type de transfert du stockage au brûleur (pompe, gravitationnel, manuel, autre)	Pompe, avec petit système de filtre	Pompe, avec filtre. Bruleur en hauteur	Pompe
	Stockage chauffé ?	Non	Oui, 65-80°C (électriquement)	Non
	Agitation des réservoirs de stockage	Non	Non	Non
<b>Utilisation combustible et installation</b>	S'il est chauffé, à quelle température	100-120 °C	65-80°C, depuis la cuve. Petit réchauffage sur la ligne	-
	Consommation de combustible (jour, mois)	0.3 à 0.5 t/j 7.5 t/mois	0.5-1 t/j >15t/mois	4 à 8 t/j > 100 t/mois
	Cycle ou utilisation continue du brûleur ?	De 6h à 22h, 5j/7	Continue	Continue
<b>Brûleur</b>	Marque et modèle du brûleur	Weishaupt MS8Z	Ray, BGEC 500	Inconnue
	Nombre de brûleurs	1	1	2
	Entretien du brûleur	Prestataire (M Dem)	Interne	Interne
	Sous garantie	non	Non	Non
	Puissance thermique (kW <sub>thermique</sub> )	675-2740	756-5814	Estimé sur conso : 800-3500 kW
	Puissance électrique (kW)	13.2 kW		A déterminer
	Conso fuel (kg/h)	60-244	48-520	75-310
Viscosité acceptée		Gas oil, LFO, MFO, HFO, Residual Oils and Green Fuels, liquefied fats, alcohols	-	
<b>Chaudière</b>	Nombre de chaudières	1	<b>1 four</b>	<b>2 fours</b>
	Capacité	2 t/h	-	-
	Marque et modèle	Standard Fasel	-	-

<b>CNSL</b>	Êtes-vous intéressé à acheter du CNSL au lieu de votre combustible actuel ?	Oui. Arrêt d'achat des huiles usagées car trop inconstant en qualité. Beaucoup de problèmes de réglage et de casse	Oui	Oui
	Vous souhaitez faire des tests sur votre brûleur actuel ?	Eventuellement	-	Pas possible
	Vous souhaitez faire des tests dans votre chaudière avec un nouveau brûleur ?	Oui	-	Eventuellement
	Des modifications de l'installation pour l'adapter au CNSL sont-elles faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t'il des moments où elles peuvent être réalisées ?	1 seule chaudière, installation à faire le weekend	Non	2 lignes, donc possible de se connecter sur une si production faible. Besoin d'un cuve forcément
	Des tests avec le CNSL sont faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t'il des moments où ils peuvent être réalisés ?	1 seule chaudière, installation à faire le weekend	Non, besoin de nouvelle cuve et filtration	2 lignes, donc possible de se connecter sur une si production faible.

<b>Informations générales</b>	<b>Nom de l'entreprise</b>	<b>Pharmivoire</b>	<b>COLAS</b>	<b>Brassivoire</b>
	Adresse	Abj, Yopougon	Abj PK22	Abj PK24
	Domaine d'activité	Pharmaceutique	Bitumage	Brasserie
	Nom du contact	Mme Tre Boulou	M Gbedahi	Jean-Jacques Maho
	Poste du contact	Directrice		Responsable utilités
	Téléphone de contact		0759131680	+225 57 01 45 57
	À quoi sert la chaleur	Stérilisation des solutés	Pour fondre bitume dans cuves	Fermentation et pasteurisation
<b>Combustible utilisé</b>	Type de combustible utilisé (fioul lourd, diesel, DDO, bois, etc.)	Gasoil	Gasoil	Gaz et Biogaz
<b>Alimentation en combustible</b>	Fournisseur de combustible			Oryx Energie
	Voie d'approvisionnement (camion-citerne, flexitank etc) ?	Camion-citerne	Camion-citerne	Camion-citerne
	Prix au litre ou au kg	615 FCFA/l	615 FCFA/l	580 FCFA/kg
<b>Stockage</b>	Type de stockage	Citernes horizontale	Citerne horizontale	Citernes horizontale

<b>sur place</b>	Capacité de stockage	2x12 tonnes	2x20 + 40 tonnes	
	Nombre de réservoirs de stockage	2	3	2
	Type de transfert du stockage au brûleur (pompe, gravitationnel, manuel, autre)	Gravitationnel	Manuel	Autre
	Stockage chauffé ?	Non	Non	Non
	Agitation des réservoirs de stockage	Non	Non	Non
<b>Utilisation combustible et installation</b>	S'il est chauffé, à quelle température	-	-	-
	Consommation de combustible (jour, mois)	1 t/shift, 1 à 2 shifts par jour 30 t/mois	Environ 100l/j sur containers 3 t/mois	60 t/mois
	Cycle ou utilisation continue du brûleur ?	Continue	Cycle de 10h	Continue
<b>Brûleur</b>	Marque et modèle du brûleur	Inconnu, non fonctionnel	ECOFLAM MAX 20	SAACKE SKVG-SF 60
	Nombre de brûleurs	1	2 par container	2.1 par chaudière
	Entretien du brûleur	Externe, annuel	Interne	Externe (Kuyper)
	Sous garantie	Non	Non	Non
	Puissance thermique (kW <sub>thermique</sub> )	Estimé : 700-1400 kW	86-237	1000-6000
	Puissance électrique (kW)	A déterminer	0.45 kW	
	Conso fuel (kg/h)		7.3-20	
	Viscosité acceptée	-	6 cSt	Gaz
<b>Chaudière</b>	Nombre de chaudières	2.1 fonctionnelle gasoil et une à réparer	5 containers de chauffage	2
	Capacité	1.5 t/h	-	8t/h
	Marque et modèle	Inconnu	-	HKB - SHPE9000HD13
<b>CNSL</b>	Êtes-vous intéressé à acheter du CNSL au lieu de votre combustible actuel ?		Oui	Eventuellement
	Vous souhaitez faire des tests sur votre brûleur actuel ?		Non, déjà abimé par CNSL	Non
	Vous souhaitez faire des tests dans votre chaudière avec un nouveau brûleur ?		Oui	Eventuellement
	Des modifications de l'installation pour l'adapter au CNSL sont-elles faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t' il des moments où elles peuvent		Oui	Oui sur 2eme chaudière qui n'est utilisé que 1 à 2 fois par semaine

	être réalisées ?			
	Des tests avec le CNSL sont faisables sans déranger le fonctionnement actuel ? Si non, existe-t' il des moments où ils peuvent être réalisées ?		Oui	Oui sur 2eme chaudière qui n'est utilisé que 1 à 2 fois par semaine

# ANNEXE 2 : LISTE DES PRIX DES CARBURANTS

MINISTRE DES MINES,  
DU PETROLE ET DE L'ENERGIE  
.....  
DIRECTION GENERALE  
DES HYDROCARBURES  
.....

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE  
Union-Discipline-Travail  
.....

3 4 4 6 --

N°...../MMPE/DGH/SESES/Akar

Abidjan, le 29 NOV 2024

## PRIX MAXIMA DE DETAIL DES PRODUITS PETROLIERS

Période du 1<sup>er</sup> au 31 décembre 2024

### I. Prix valables sur l'ensemble du territoire national

Produits		Prix
Super sans plomb	: 875	F CFA/Litre à l'ambient
Pétrole lampant	: 745	F CFA/Litre à l'ambient
Gasoil moteur	: 715	F CFA/Litre à l'ambient
Gaz Butane		
Bouteille de 6 kg	: 2 000	F CFA
Bouteille de 12,5 kg	: 5 200	F CFA
Bouteille de 15 kg	: 6 965	F CFA
Bouteille de 17,5 kg	: 8 125	F CFA
Bouteille de 25 kg	: 11 610	F CFA
Bouteille de 28 kg	: 13 000	F CFA

### II. Prix valables dans le District d'Abidjan

Produits		Prix
DDO	: 638	F CFA/kg
DDO exonéré	: 585	F CFA/kg
Fuel oil 180	: 502	F CFA/kg
Butane vrac industriel	: 638,504	F CFA/kg
Bouteille de plus de 28 kg	: 638,504	F CFA/kg



Ces prix doivent être affichés pendant toute la période de validité. Tout contrevenant s'expose aux sanctions en vigueur.



16 rue Jacques Mignard, 31700 Blagnac, France



+33 6 62 88 08 48



contact@marge.eu



www.marge.eu

**Siret :** 40073391100061