

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
 وزارة التعليم العالي
 MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
 و البحث العلمي
 ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université de M'Hamed Bougara-Boumerdes

Faculté des **H**ydrocarbures et de la **C**himie

Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques

Mémoire de master

Présenté par :

M^{lle} SALIM Rabea

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER 2** en

Filière : Génie des Procédés **Option** : Pétrochimie

Juin 2022

**Nouvelle Approche sur le Traitement du Rejet
 Photovoltaïque à partir du Charbon Actif issu
 du Rejet Pétrolier/Organique**

Devant le jury composé de :

Pr HACHEMI Messaoud	Professeur	UMBB Jury Président
P ^r MIMOUN Hadj	Professeur	UMBB Examineur
		UMBB Examineur
D^r BOUTOUCHENT-GUERFI Nabila	Maitre de Recherche A	Encadreur

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

*Au terme de cette étude, qu'il nous soit permis de témoigner toute notre reconnaissance et nos sincères remerciements à DIEU « **ALLAH** » le tout puissant, puis à tous ceux qui ont participés d'une manière ou une autre à l'élaboration de ce travail, il s'agit plus particulièrement de :*

Pr M.HACHEMI pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider notre jury , l'aide , son vue en détails ; professionnalisme .

Mes profonds remerciements vont également au Mme BENOUAR Wafa, pour les informations et son aide dans ce travail.

Ma reconnaissance s'adresse également à l'ensemble du personnel du complexe G1P/Z, en particulier : Mr le chef de la Division Fabrication et production au niveau de ARZEW AOUBDI Sid Ahmed , et l'ingénieur Mr BENAMEUR Bachir.

Nous tenons à exprimer nos plus profondes reconnaissances et respect a tous nos enseignants pour leurs encouragements et leurs aides tout au long du chemin.

Dédicace

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma profonde considération pour les sacrifices consentis pour mon instruction et bien être « **Que le Bon DIEU vous garde** » : ma mère **Aicha** et mon père **Belkhir**

A mes chers frères , sœurs , oncle et tantes, **Mohammed, Zino, Fadwa, Ameer, Fatiha, Nacira, Zohra** , et les Chères **Mostapha, Khaled, Kader,**

A ma grande mère et grande père

A qui je deviens tout respect et hommage d'avoir contribué à ma solide formation.

A tous **mes proches amis**

Pour leur aide et leur soutien moral durant l'élaboration du travail de fin d'études,

A ma chère amie **Hanane**, et les adorables **Roufaida, Alla, Moussa ...**

A tous ceux qui nous sont très chers et qu'on a omis de citer.

En ces quelques mots, je leur exprime tout mon amour et mon respect

SALIM Raben

Résumé

La production photovoltaïque est un remède en face de l'épuisement du pétrole et du gaz. Elle est exploitée au moyen des panneaux solaires constitués des cellules qui garantissent la conversion de la lumière en électricité par effet photovoltaïque. Pour la production des cellules solaire en silicium, un lingot de silicium grade solaire est découpé au fil métallique, avec une solution de polyéthylène glycol (PEG) contenant le carbure de silicium (SiC) utilisé comme un élément abrasif. Les grains abrasifs (SiC) sont emprisonnés entre le fil et le bloc de silicium. Ils enlèvent ainsi des fragments de matières par divers mécanismes. Environ 50% du silicium grade solaire (So-Si) de haute pureté est perdu dans le rejet accompagné par des fragments métalliques provenant du fil de sciage, et qui ne peut être ni brûlé ni jeté. A cet égard, le rejet du CRTSE a été traité physico-chimiquement pour dissoudre le PEG. Ensuite, la poudre obtenue après le séchage a subi la séparation magnétique à voie sèche pour éliminer les métaux. Toutefois, le rejet obtenu a été activé chimiquement et transformé en charbon actif pour pouvoir l'appliquer afin de séparer le Si du SiC. Ce travail a permis d'élaborer une nouvelle technique dans le traitement du rejet photovoltaïque tout en utilisant un rejet issu du l'hydrotraitement de Naphta lourd au cours de la production d'essence supérieure.

Mots clés :

Photovoltaïque, pétrole, rejet, charbon actif, caractérisation.

المخلص

يعد إنتاج الخلايا الكهروضوئية حلاً في مواجهة نضوب النفط والغاز. يتم استغلاله عن طريق الألواح الشمسية المكونة من الخلايا التي تضمن تحويل الضوء إلى كهرباء بالتأثير الكهروضوئي. لإنتاج خلايا السيليكون الشمسية، يتم قطع سبيكة من السيليكون الشمسي بسلك معدني، بمحلول من البولي إيثيلين جليكول (PEG) الذي يحتوي على كربيد السيليكون (SiC) المستخدم كعنصر كاشطة. حبيبات الكشط (SiC) محاصرة بين السلك وكتلة السيليكون. وبالتالي يزيلون شظايا المادة باليات مختلفة. يُفقد حوالي 50% من السيليكون عالي النقاء الشمسي (So-Si) في النفايات المصحوبة بشظايا معدنية من سلك المنشار، والتي لا يمكن حرقها أو التخلص منها. في هذا الصدد، تمت معالجة إطلاق CRTSE فيزيائياً كيميائياً لحل PEG. بعد ذلك، يخضع المسحوق الذي تم الحصول عليه بعد التجفيف لفصل مغناطيسي جاف لإزالة المعادن. ومع ذلك، تم تنشيط البقايا التي تم الحصول عليها كيميائياً وتحويله إلى كربون نشط من أجل التمكن من تطبيقه لفصل Si من SiC. مكن هذا العمل من تطوير عملية جديدة في معالجة البقايا الكهروضوئية أثناء استخدام البقايا الناتجة عن المعالجة بالهيدروجين للنافتا الثقيلة أثناء إنتاج البنزين الممتاز.

الكلمات المفتاحية :

الكهروضوئية، النفط، النفايات، الكربون المنشط، التوصيف، المعالجة.

Abstract

Photovoltaic production is a remedy in the face of the depletion of oil and gas. It is exploited by means of solar panels made up of cells which guarantee the conversion of light into electricity by photovoltaic effect. For the production of silicon solar cells, an ingot of solar grade silicon is cut with metal wire, with a solution of polyethylene glycol (PEG) containing silicon carbide (SiC) used as an abrasive element. The abrasive grains (SiC) are trapped between the wire and the silicon block. They thus remove fragments of matter by various mechanisms. About 50% of the high purity solar grade silicon (So-Si) is lost in the waste accompanied by metal fragments from the saw wire, which cannot be burned or discarded. In this regard, the CRTSE release was physico-chemically treated to dissolve the PEG. Then, the powder obtained after drying underwent dry magnetic separation to remove metals. However, the waste obtained was chemically activated and transformed into activated carbon in order to be able to apply it to separate Si from SiC. This work has made it possible to develop a new process in the treatment of photovoltaic rejection while using a waste resulting from the hydro-treatment of heavy naphtha during the production of superior gasoline.

Keywords:

Photovoltaic, petroleum, waste, activated carbon, characterization.

Liste des abréviations

CRTSE	Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique
SiC	Carbure de silicium
PEG	Polyéthylène glycole
Si₃N₄	Nitrure de silicium
SOG	Silicium de qualité solaire
PV	Photovoltaïque
GaAs	Arséniure de gallium
GW	Gigawatt
SiO₂	Dioxyde de silicium
CVD	Chemical Vapor Deposition
ID	Inner Diameter
DWS	Fil diamanté mobile (Moving diamond wire)
TRC	Transport par Canalisation
DGRSDT	Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement technologique
IUPAC	Internationale de Chimie Pure et Appliquée
µm	Micromètre
BET	Brunauer-Emett-Teller
MEB	Microscopie Electronique à Balayage
SEM	Scanning Electron Microscopy
CAG	Charbons actifs en grains
FTIR	Infrarouge de transformé de Fourier

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Critères de distinction entre l'adsorption physique et chimique.....	24
Tableau III .1 : Composition des mélanges RS/solvant préparés.....	33
Tableau IV.1 : Groupements fonctionnels caractéristiques du rejet.....	51

Liste des schémas

Schéma III.1. Plan de travail.....	34
Schéma III.2. Schéma récapitulatif sur la préparation du charbon actif à partir du rejet pétrolier.	37

Liste des figures

Figure I.1 : Capacité photovoltaïque globale cumulée à l’horizon 2030	6
Figure I.2 : Approvisionnement énergétique primaire total dans le monde en 2014.....	6
Figure I.3 : Taux de croissance annuel d’approvisionnement énergétique mondial.....	7
Figure I.4 : Cycle de distillation du composé de silicium.....	9
Figure I.5 : Méthode de cristallisation (Procédé POLIX pour la solidification unidirectionnelle du silicium polycristallin).....	9
Figure I.6 : Appareil De Sciage CRTSE	10
Figure I.7 : Principe d’une scie ID	10
Figure I.8 : Briquette du CRTSE	11
Figure I.9 : Procédé de sciage par DWS	11
Figure I.10 : Plaquette du CRTSE	11
Figure I.11 : Processus de système photovoltaïque	13
Figure I.12 : Grains de silicium pur utilisés au CRTSE.....	13
Figure II.1 : Fractions de pétrole	17
Figure II.2 : Section d’hydro-bon unité 12	21
Figure II.3 : Adsorption physique.....	23
Figure II.4 : Différence entre les deux types d’adsorption	24
Figure II.5 : Comparaison entre le processus d’adsorption et l’absorption.	25
Figure II.6 : Dispositif expérimental lors de l’élaboration d’un charbon actif	26
Figure II.7 : Macropores (Largeur supérieure à 500Å) suivant des grossissements croissant de gauche à droite	28
Figure II.8 : Phénomène d’adsorption par les pores de différentes tailles.....	28
Figure III.1 : Principe d’une scie à fil.....	31
Figure III.2 : Mécanisme de la spectrométrie Raman	38
Figure III.3 : Fonctionnement le MEB	39
Figure III.4 : Microscope Electronique à Balayage.....	40
Figure III.5 : Un spectromètre FTIR	40
Figure III.6. Séparateur suspendu	43
Figure III.7. Séparateur magnétique à voie sèche utilisé.....	44
Figure IV.1. Préparation des mélanges RS/solvant.....	47
Figure IV.2. Allure du mélange RS/solvant après la décantation.	48
Figure IV.3. Allure de la phase solide RS/solvant.	48

Figure IV.4. Allure de la phase solide RS/solvant après le séchage	49
Figure IV.5: Spectre FTIR de la poudre RS/Acétone	50
Figure IV.6: Spectre RAMAN de la poudre RS/Acétone.	50
Figure IV.7. Variation de pourcentage des éléments magnétiques récupérés à plusieurs essais	52
Figure IV.8. Microscope électronique à balayage la partie non magnétique de la poudre	53
Figure IV.9. Image MEB de la poudre du rejet de pétrole	53
Figure IV.10 : Isotherme d'adsorption.....	54
Figure IV.11. Image MEB du charbon actif.....	55

Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I: Production d'énergie photovoltaïque

I. Introduction.....	5
II. Principe de la conversion photovoltaïque et son historique	5
II.1. Développement du photovoltaïque dans le monde	6
III. Etapes de production la cellule solaire en silicium	7
III.1 Extraction et purification du silicium	7
III.2. Production de lingot.....	9
III.3. Etape du découpage du lingot	10
III.4. Etape du découpage des briquettes	10
III.5. Traitement physico-chimique des plaquettes.....	11
III.6. Encapsulation.....	12
IV. Rejets engendrés lors de la fabrication des cellules PV	14
V. Conclusion.....	14

Chapitre II : Déchet d'Arzew et l'adsorption

I. Introduction.....	16
II. Industrie Pétrolière.....	16
III. Raffinerie d'Arzew.....	17
III.1. Etapes de purification Nafta liquide à Arzew	17
III.2. Principales réactions d'hydrotraitement	19
III.3. Elimination des métaux.....	20
III.4. Formation des dépotes	22
IV. Phénomène d'adsorption.....	22
IV.1. Types d'adsorption	22
IV.1.1 Adsorption physique	22
IV.1.2 Adsorption chimique.....	23
IV.2 Phénomène d'absorption	24

IV.3. Application	24
V. Charbons actif.....	25
VI. Caractéristiques et qualité du charbon	27
Conclusion.....	28

Chapitre III : Partie Expérimentale

I. Introduction.....	30
II. Présentation le Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE).....	31
III. Protocole expérimental.....	31
III.1. Rejet du sciage (RS).....	31
III.2. Etapes de traitementle rejet photovoltaïque	32
III.2.1. Dissolution du PEG.....	32
III.2. Etapes de traitementle rejet photovoltaïque	32
III.2.1. Dissolution du PEG.....	32
III.2.2. Séparation la phase liquide de la phase solide	33
III.2.3. Elimination des métaux et caractérisation la poudre obtenue.....	33
III.2.4. Séparation Si du SiC	33
III.3. Rejet du pétrole (RP)	35
III.3.1 Raffinerie d'Arzew	35
III.3.2. Reforming catalytique.....	35
III.3.3. Préparation et activation du charbon actif	36
IV. Description les techniques d'analyses utilisées.....	37
IV.1. Spectrométrie Raman	37
IV. 2. Microscope électronique à balayage MEB	38
IV.1. Spectrométrie Raman	38

IV.3.	IV.3. Application	24
IV.3.	Infrarouge à transformée de Fourier	40
IV.4.	BET pour les mesures de surface	41
IV.5.	Séparateur magnétique à voie Sèche	43

Chapitre IV: Résultats et discussion

I.	Introduction	47
II.	Traitement du rejet photovoltaïque.....	47
	II.1. Préparation du mélange slurry/solvant	47
	II.2. Caractérisation de la poudre du rejet.....	50
	II.3. Elimination des métaux par la séparation magnétique à voie sèche	52
	II.4. Etude morphologique de la poudre Si/SiC après l'élimination des métaux.....	52
III.	Caractérisation du rejet pétrolier	53
	III.1. Caractérisation morphologique : MEB	53
	III.2. Analyse texturale : BET	54
IV.	Séparation Si du SiC par adsorption	54
	Conclusion générale	56
	Références bibliographiques	58
	Annexe.....	62

Introduction

générale

L'énergie solaire photovoltaïque peut être considérée comme l'une des énergies renouvelables qui se caractérise par le plus grand potentiel pour le développement. Parmi ses avantages, nous citons sa propreté et sa sécurité offerte lors de son utilisation [1-3]. Afin de répondre aux futurs besoins énergétiques mondiaux. Des efforts ont été renforcés pour développer cette technologie et de produire une énergie qui sera un remède face à l'épuisement du pétrole et du gaz. Récemment, la technologie de fabrication de modules photovoltaïques a été considérablement améliorée en termes de valeur et de qualité de fabrication [4-5].

Le volet industriel en Algérie vise à financer, construire et exploiter un certain nombre d'équipements et de composants pour installer des centrales électriques photovoltaïque. En particulier, le CRTSE contribue dans l'application cette stratégie et produit des panneaux solaires photovoltaïques à partir l'enrichissement du sable pour produire du silicium grade solaire, puis l'étape du découpage pour produire des plaquettes, jusqu'à l'étape d'encapsulation. En outre, des travaux de recherche ont été réalisés pour améliorer le rendement de ces derniers.

Toutefois, l'étape du découpage du lingot à l'aide d'une scie au fil métallique détermine le coût de la production photovoltaïque. Cette étape nécessite l'utilisation du SiC comme élément abrasif, le PEG comme lubrifiant. Suite à cette étape, un rejet est généré, il ne peut être ni jeté ni brûlé, il peut contenir les éléments intrants dans ce découpage mais aussi environ 50% du Si grade solaire. La récolte et le traitement de ce rejet est une nécessité. Pour cela, N.BOUTOUCHENT-GUERFI du CRTSE a affecté plusieurs travaux de recherche pour son traitement [6-8].

Toutefois, Mühlbauer a utilisé un procédé de solidification directionnelle pour éliminer le SiC des matériaux de silicium produits par réduction de la silice dans un four à arc en 1990[9] et en 2003, Nishijima a développé des méthodes magnétiques supraconductrices appliquées pour l'acquisition du SiC à partir du déchet de sciage [10]. Trois ans plus tard, Shibata a utilisé la flottation pour obtenir le SiC des déchets [11]. En 2008, Zhang a étudié l'élimination de SiC et de Si_3N_4 du rejet photovoltaïque par filtration en utilisant des filtres en mousse [12]. Dans la même année, Wang et Lin ont développé un procédé de purification du silicium obtenu à partir de la suspension : ce procédé comprend le traitement chimique, la centrifugation, le traitement à haute température et la solidification directionnelle [13]. Ensuite Tzu-Hsuan a utilisé l'électrocinétique pour éliminer les métaux du slurry [14].

Dans ce contexte, ce travail de fin d'études est proposé pour étudier une nouvelle approche pour séparer le Si du SiC par l'adsorption, récupérer le PEG et éliminer les métaux. L'étape de

séparation Si du SiC est effectué par l'adsorption en utilisant un précurseur qui a été récupéré au niveau d'Arzew sous forme d'un rejet organique issue d'hydrotraitement.

Le présent manuscrit comporte quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous identifions les étapes de la fabrication des cellules photovoltaïques et la formation du rejet issu de l'étape de découpage. Le second chapitre porte sur la description des étapes d'obtention le déchet issu de la raffinerie d'Arzew qui est notre précurseur, ceci nous mène à décrire les techniques d'analyses de séparation, en particulier l'adsorption par le charbon actif. Ensuite, le troisième chapitre décrit les étapes de récupération les éléments intrants dans l'étape du sciage, les techniques utilisées accompagnées par un plan descriptif. Enfin, le dernier chapitre est consacré aux résultats expérimentaux et à leurs interprétations. Les perspectives y sont proposés.

Chapitre I

Production d'énergie photovoltaïque

I. Introduction

Au cours des deux dernières décennies, le secteur photovoltaïque a augmenté son intérêt pour la valorisation du silicium de qualité solaire (SOG). Afin de développer davantage les technologies associées et pour trouver des applications commerciales adaptées à sa valorisation, il est essentiel de comprendre le savoir-faire et les avancées scientifiques [8].

Lors de la fabrication de plaquettes de silicium, un cristal de silicium est découpé par un fil métallique (fil d'acier recouvert de nickel), avec une solution de PEG contenant du SiC utilisé comme un élément abrasif [9].

Dans ce chapitre, nous décrivons l'énergie photovoltaïque, les étapes de fabrication des cellules à base de silicium ainsi que les panneaux solaires, en particulier les étapes adoptées au CRTSE. Ensuite, nous détaillons l'étape du sciage pour le découpage de lingot en briquettes et en plaquettes. Enfin, nous définissons le rejet issu de l'étape du sciage et les éléments intrants dans cette étape qui est l'objectif de notre travail [13].

II. Principe de la conversion photovoltaïque et son historique

Le mot photovoltaïque (PV) est composé du mot grec "photo", synonyme de lumière, et "volt" du nom du physicien Italien Alessandro Volta. La tension est également attribuée. L'effet photovoltaïque a été découvert par : Becquerel, en 1839. Il a prouvé pour la première fois que certains matériaux peuvent convertir directement la lumière en énergie électrique [14]. Il a découvert que la lumière pénétrante dans les matériaux était à l'origine de l'expulsion des électrons de leur orbite par l'interaction entre photons et atomes, produisant ainsi un courant électrique.

En 1954, La première cellule photovoltaïque a été développée par des chercheurs du laboratoire Bell, aux États-Unis, et son efficacité n'était alors que de 4,5% [15, 11, 12]. En effet, c'est en 1958, que le premier satellite exploité par l'énergie photovoltaïque a été lancé, car l'industrie aérospatiale a investi beaucoup d'argent dans le développement des panneaux solaires.

En 1960, le développement en photovoltaïque était très avancé en utilisant de nouveaux matériaux semi-conducteurs comme l'arséniure de gallium (GaAs). Les premières applications des cellules photovoltaïques ont été développées au milieu des années 70, environ 15 ans après l'industrie spatiale. Cependant, il a fallu attendre la première crise pétrolière de 1973 pour qu'elle connaisse une véritable recrudescence et affronte la tendance à la hausse des coûts des combustibles fossiles [16].

D'autre part, les enjeux écologiques liés à l'utilisation des énergies fossiles ont conduit des subventions gouvernementales pour encourager les investissements dans l'énergie solaire. D'où elle va connaître une forte croissance [17,10].

II.1. Développement du photovoltaïque dans le monde

En raison de ses avantages intéressants, au cours des deux dernières décennies, l'énergie photovoltaïque s'est considérablement développée dans le monde entier. Depuis 1998, le taux de croissance annuel moyen des champs solaires photovoltaïques est de 35% [18].

En 2015, la production d'électricité photovoltaïque installée par l'industrie mondiale a augmenté de 50 GW (40 GW en 2014), et la capacité a cumulée pour atteindre 229 GW, soit plus de 100 fois la capacité en 2000. La prévision pour 2016 et 2017 était respectivement de 61 GW et 67 GW [19,20].

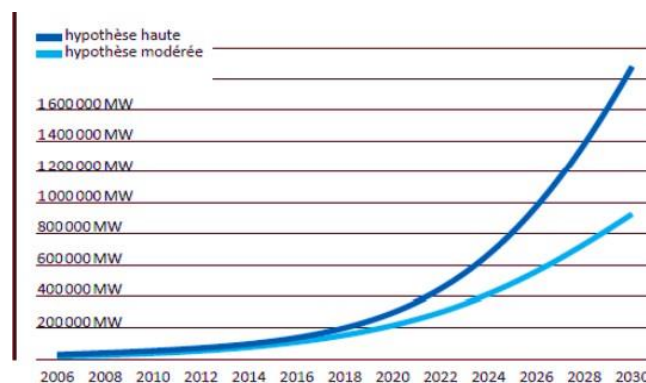


Figure I.1: Capacité photovoltaïque globale cumulée à l'horizon 2030 [18].

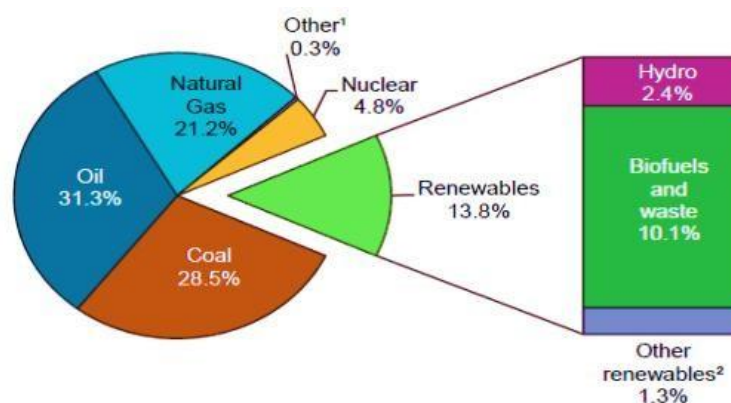


Figure I.2 : Approvisionnement énergétique primaire total dans le monde en 2014 [21].

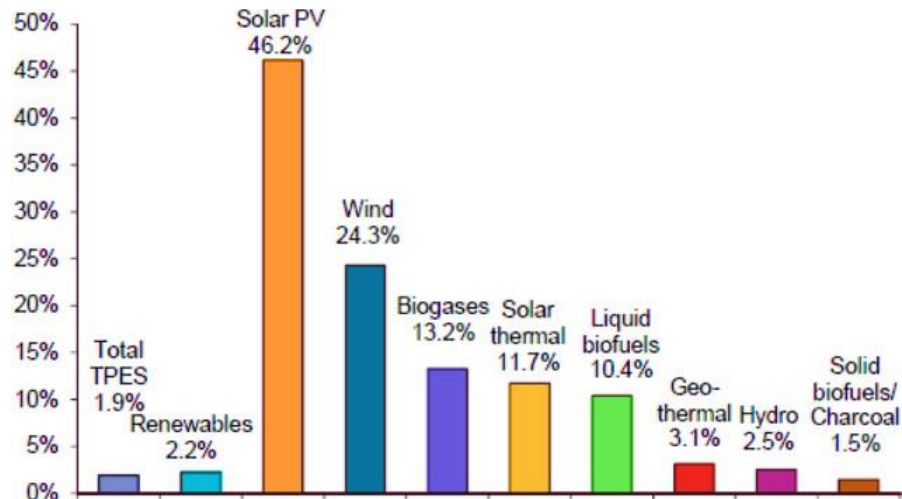


Figure I.3 : Taux de croissance annuel d'approvisionnement énergétique mondial [21].

III. Etapes de production la cellule solaire en silicium

La première génération comprend les monocristallins et les poly-cristallins. Le silicium monocristallin reste encore plus cher que le silicium poly-cristallin mais il permet d'obtenir un rendement d'environ 19,8 % contre 24,7% de rendement au laboratoire [10].

Les étapes de la production des cellules photovoltaïques sont [11,12] :

- Extraction du silicium ;
- Purification du silicium ;
- Cristallisation de silicium et formation de lingot ;
- Découpage de lingot de silicium en wafers ;
- Traitement des wafers et obtention des cellules solaires ;
- Encapsulation.

III.1. Extraction et purification du silicium

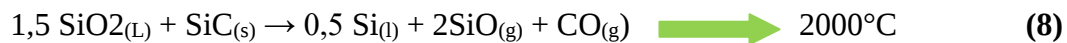
Le silicium est obtenu suite à l'étape d'enrichissement du sable et l'obtention de la silice (SiO_2). Le SiO_2 est introduit dans un four à arc électrique d'une puissance allant jusqu'à 30 MW pour subir la carbo-réduction par une série de réaction chimique mentionnée ci-dessous. Ce procédé consiste à porter un mélange de silice et de coke à haute température ($>1500^\circ\text{C}$) [30,31].

Le carbone se combine avec l'oxygène de la silice pour former du silicium et du monoxyde puis du dioxyde de carbone selon la réaction globale suivante :

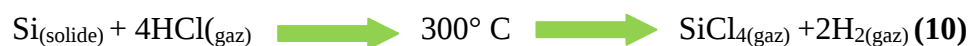
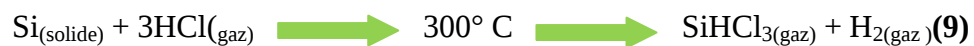


La pureté du Si 98%, dont les principales impuretés sont le fer, l'aluminium, le bore ou le phosphore [31].

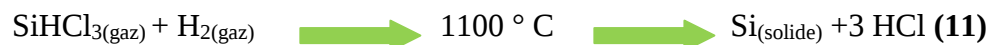
Pour augmenter la purification, la réaction de réduction de la silice en silicium résulte d'un grand nombre de réactions chimiques intermédiaires [30].



Le procédé SIEMENS est le plus largement utilisé pour purifier le silicium de qualité métallurgique en qualité solaire. Le silicium de qualité métallurgique est chloré sans l'utilisation d'un catalyseur pour former du trichlorosilane à : 300°C et 1 bar [32] :



Le mélange ($\text{SiHCl}_3 + \text{SiCl}_4 + \text{impuretés}$) est distillé, puis le SiHCl_3 est décomposé avec H_2 à haute température (1100° C).



Cette dernière phase se produit dans le réacteur CVD, avec des parois froides pour éviter le dépôt de silicium [33].

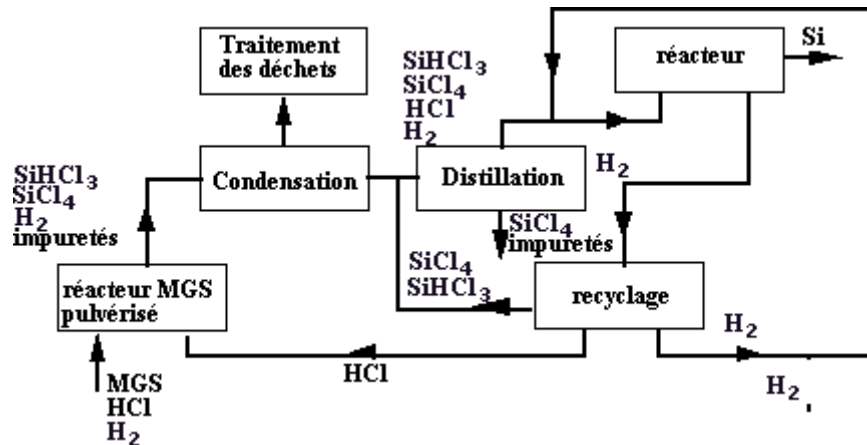


Figure I.4 : Cycle de distillation du composé de silicium [34].

III.2. Production de lingot

Le silicium est fondu dans un four puis solidifié à l'aide diverses techniques. Le principe d'élaboration des lingots de silicium polycristallin est basé sur une méthode de cristallisation orientée dans un creuset fixe soumis à un écoulement de chaleur unidirectionnel. La fusion de la charge de silicium est réalisée dans un creuset en graphite calorifugé sur toute sa surface [35].

La température du bain est stabilisée à une température légèrement supérieure à la température de fusion du silicium (1420 °C). En maintenant constante la puissance délivrée par le générateur à la valeur déterminée lors de la phase de stabilisation, la cristallisation est obtenue, en retirant une partie du calorifuge de la paroi inférieure du creuset (**Fig.I.5**). Ceci permet l'évacuation de la chaleur latente de solidification et conduit à une solidification dirigée. La phase suivante consiste à récupérer le lingot en retournant le creuset [35,29].

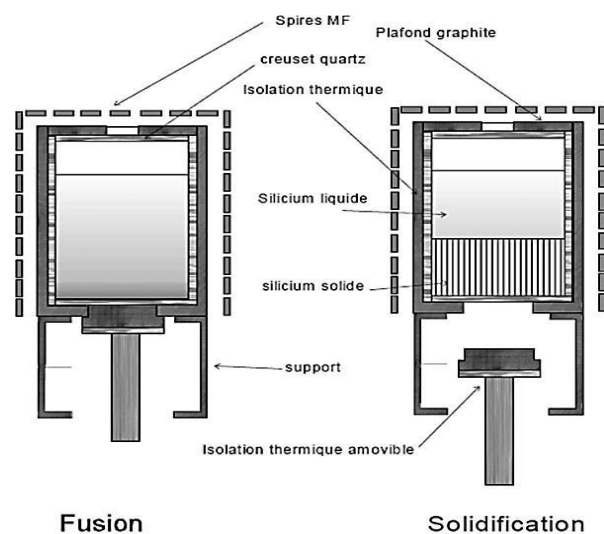


Figure I.5: Méthode de cristallisation [35].

III.3. Etape du découpage du lingot

Les lingots de 70 cm x 25 cm x 25 cm obtenus lors de la production des cellules photovoltaïques sont découpés à l'aide d'une scie à ruban diamanté pour obtenir des briquets. Les extrémités de ces briquettes sont éliminées avec des scies annulaires (ou des scies ID pour *InnerDiameter*). Les quatre faces sont rectifiées et leurs arêtes sont chanfreinées.



Figure I.6 : Image de l'appareil de Sciage du CRTSE.



Figure I.7 : Image de briquette du CRTSE

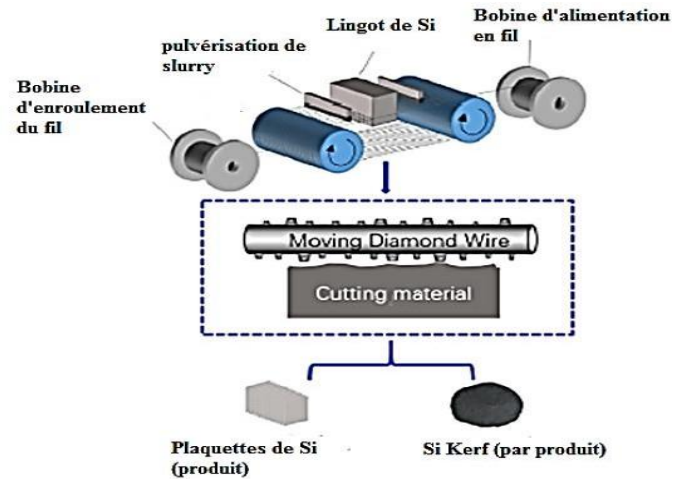


Figure I.8 : Procédé de sciage par DWS.

III.4. Etape du découpage des briquettes

Les briquettes, de dimensions connues dans les trois directions, sont collées sur des supports pour subir un second découpage pour obtenir des plaquettes à l'aide d'une scie au fil métallique comme l'illustre la figure I.9.

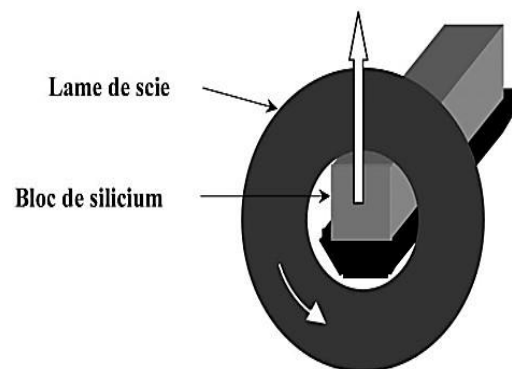


Figure I.9 : Principe d'une scie ID.



Figure I.10 : Plaquette du CRTSE.

III.5. Traitement physico-chimique des plaquettes

Les plaquettes subissent une série de traitement physico-chimique pour produire des cellules solaires capables de convertir les rayons solaires en électricité.

a. Dopage de silicium

On en distingue deux types de dopage : le dopage de type N et le dopage de type P: le dopage de type N consiste à ajouter un atome de phosphore au sein de la structure cristalline du silicium et le dopage de type P consiste à ajouter un atome de bore au sein de la structure cristalline du silicium.

b. Décapage

Les plaques dopées sont décapées dans un bain chimique afin d'éliminer les défauts superficiels créés par le sciage. Les bains souvent utilisés sont des bains acides à base d'acide fluorhydrique HF, d'acide acétique CH_3COOH et d'acide nitrique HNO_3 .

c. Texturation

La texturation de la surface en petites pyramides ou entonnoirs permet d'améliorer la collecte des photons dans toutes les directions en réduisant la réflexion. On parle aussi de confinement optique. La gravure sélective est par un bain alcalin de soude NaOH ou de potasse KOH avec des additifs organiques du type alcool iso-propyle IPA.

d. Métallisation

La métallisation de la face avant des cellules photovoltaïques est réalisée grâce au procédé de sérigraphie. Une pâte à base d'argent est imprimée avant d'être recuite à haute température. L'étape de métallisation est critique dans la chaîne de fabrication des cellules. D'un côté, les propriétés des contacts déposés déterminent les performances finales des cellules. D'un autre côté. Il est donc important d'optimiser le procédé de sérigraphie pour limiter la masse d'argent imprimée et maximiser le rendement des cellules.

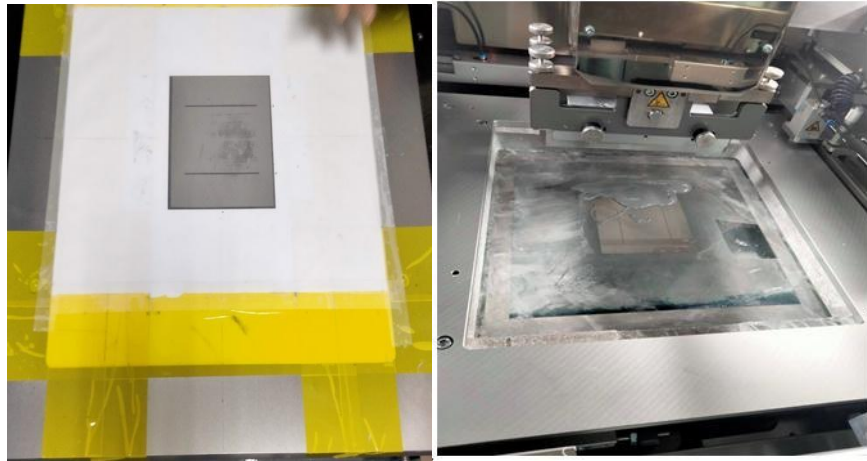


Figure I.11. Métallisation des cellules PV au CRTSE.

III.6. Encapsulation

Les cellules photovoltaïques sont assemblées entre elle en série et encapsulées pour devenir un module solaire PV selon les étapes illustrées par des images prises au CRTSE qui sont regroupées dans la **figure I.12**.

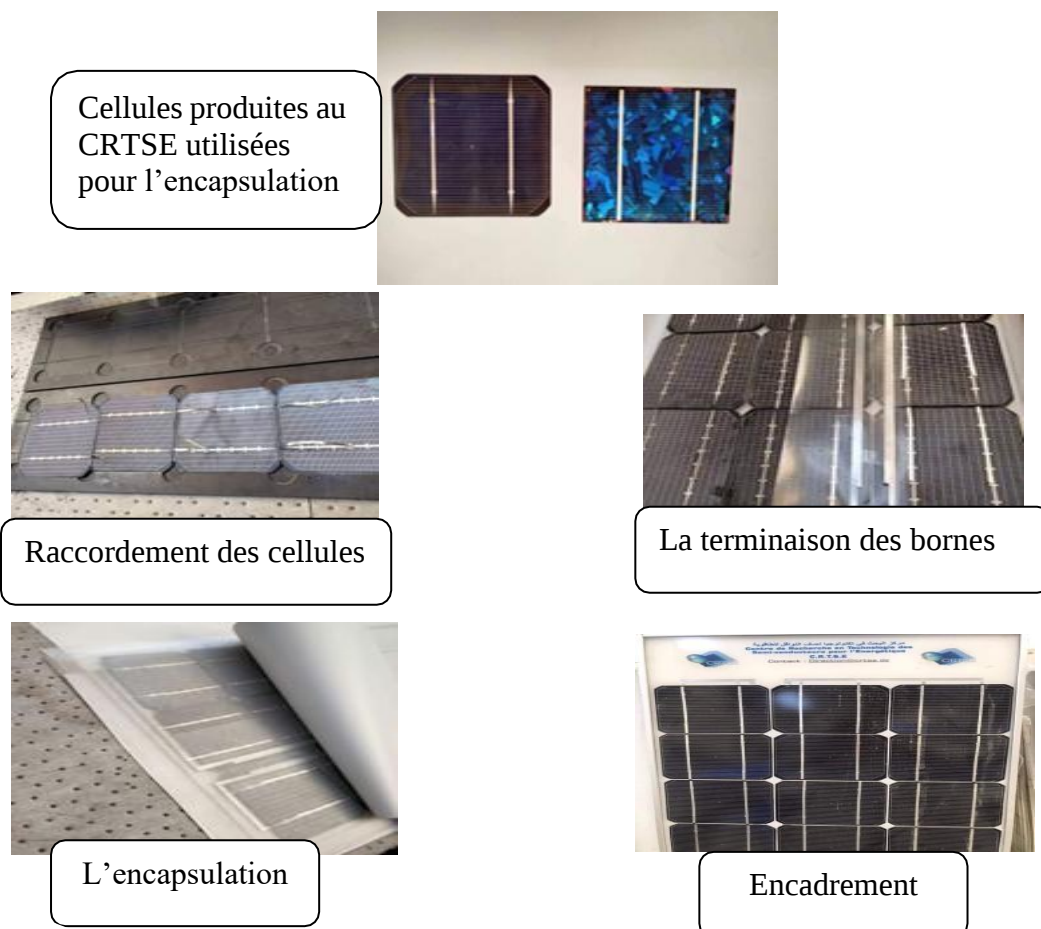


Figure I.12. Etapes d'encapsulation au CRTSE.

IV. Rejets engendrés lors de la fabrication des cellules PV

Le carbure de silicium pénètre avec le fil métallique la surface du lingot, ce qui va engendrer des fins copeaux de silicium pur emportés avec l'excès de lubrifiant et du carbure de silicium. On obtient un rejet huileux qui peut contenir :

- Plus de 40% de Silicium ;
- Des particules abrasives de SiC ;
- Des fragments métalliques issus de l'érosion de fil métallique ;
- Une solution de PEG.

Cet effluent il ne doit être ni abandonné, ni brûlé à l'air libre.

Le silicium contenu dans le rejet est une source potentielle de silicium de qualité solaire, afin de le récupérer, plusieurs étapes de purification sont suivies, l'élimination de la phase huileuse est une étape essentielle. Des fragments métalliques sont présents dans le rejet, tels que : Fe, Al, Ni, Cu, Mg, etc. La présence de ces métaux rend le processus de récupération du Si difficile et dégrade les performances du Si et SiC réutilisés. Le traitement de ce rejet de sciage et la récupération ses composants est l'objectif de notre travail.

V. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons conclu que la production d'énergie photovoltaïque génère des rejets qui déterminent le coût de cette production. Une nouvelle stratégie doit être développée et procès pour traiter ces rejets en particulier le rejet issu du découpage les briquettes tout en préservant l'environnement.

Chapitre II

Déchet d'Arzew et l'adsorption

I. Introduction

Dans ce second chapitre, nous allons discuter sur l'industrie pétrolière, à travers cette industrie, une coque se produit lors de l'hydrotraitement de naphta lourd.

Cette coque représente un déchet. Dans notre travail, nous allons récupérer cette coque de réacteur et l'échangeur a l'unité de production dans complexe raffinage Arzew pour l'utiliser comme un charbon actif capable de séparer le Si du SiC de la poudre du rejet photovoltaïque.

Dans ce contexte, nous allons définir l'industrie pétrolière ensuite le phénomène d'adsorption.

II. Industrie Pétrolière

L'industrie pétrolière est une chaîne industrielle du pétrole et du gaz naturel, qui assure leur production à partir du gisement jusqu'au consommateur. On retrouve partout des produits fabriqués avec du pétrole ou ses dérivés [10].

Cette production est effectuée par plusieurs étapes comme le montre la figure II.1

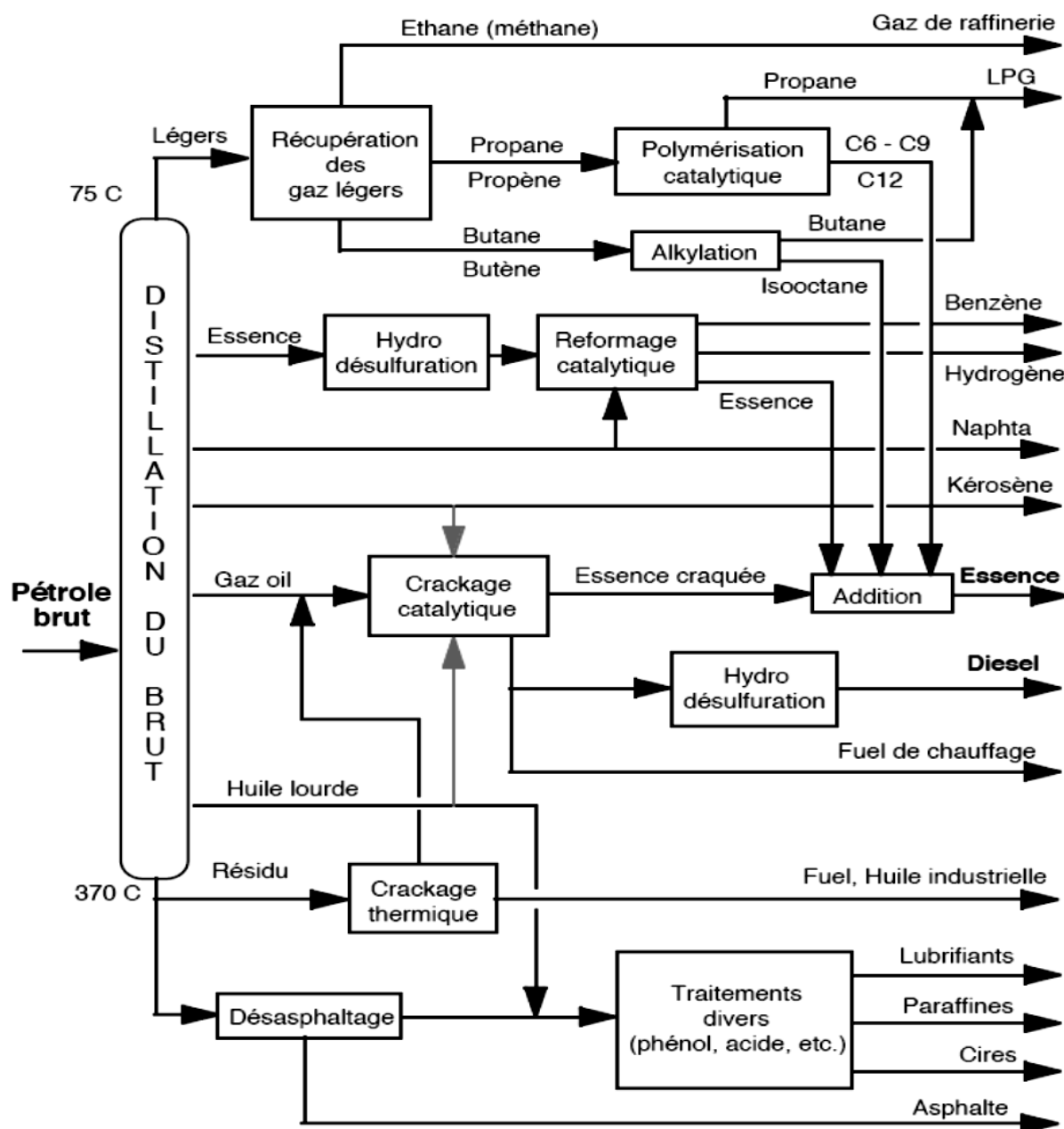


Figure II.1: Fractions de pétrole [données Arzew].

III. Raffinerie d'Arzew

Au niveau de la raffinerie d'Arzew, une purification de la Nafta liquide s'effectue au niveau de l'unité de reforming catalytique d'Arzew.

III.1. Etapes de purification Nafta liquide à Arzew

Dans le but de produire une **essence** à un indice d'octane élevé égal à 100 à partir de la

fraction pétrolière **naphta lourd** (HSRN), provenant de l'unité de distillation atmosphérique. L'installation est divisée en sections :

- **Section prétraitement de naphta**

Son but est de purifier la charge des impuretés telles que : Le soufre, l'azote, l'oxygène et les métaux, ces derniers provoquent l'empoisonnement du catalyseur.

- **Section platforming**

Ayant pour objectif la production du platformat unité avec un indice d'octane de 100 qui est utilisé comme base pour le mélange des essences.

- **Section hydrobon**

Le naphta lourd « HSRN » est aspiré du bac de stockage, puis refoulé par l'intermédiaire de la pompe de charge « 12-G1 » dont le débit est contrôlé par « 12FRC1 ». Cette charge est mélangée avec le gaz de recyclage riche en hydrogène, qui est lui-même refoulé par le turbo-compresseur « 12-G7 » de la section platforming.

La charge combinée passe à travers les échangeurs « 12-E1 » (A/B/C) coté calandre, puis elle est introduite dans le four « 12-F1 » pour la chauffer jusqu'à la température voulue; ce chauffage est contrôlé par la (12TRC1), la charge ainsi chauffée, et envoyée vers le réacteur « 12-C1 » appelé réacteur de garde, ce dernier est chargé avec le catalyseur « S-9 » de type « CO-MO » sur un support d'alumine « $Al_2 O_3$ »

L'effluent sortant du réacteur est récupéré tout en passant par l'échangeur « 12 E1 » (A/B/C), mais cette fois ci coté faisceau (tube); pour être en fin séparé dans le ballon séparateur « 12D-1 » qui fonctionne à une pression de service égale à $17,5 \text{ kg/cm}^2$, sous contrôle de la (PRC4-A).

Dans le ballon séparateur on obtient deux phases :

- **Phase vapeur** : c'est le gaz riche en hydrogène.
- **Phase liquide** : elle représente le naphta hydrotraité.

La quantité de gaz riche en hydrogène sortant du séparateur « 12D1 » est envoyée vers le ballon tampon du fuel-gaz le « 12D-8 » lequel est fourni comme combustible aux fours d'hydro-

bon et de platforming «12F1», «12F2», «12F3». Une partie de ce fuel gaz est envoyée vers le ballon équilibreur du fuel gaz «35-D1» où se trouvent les installations d'utilités.

Une injection d'eau distillée assurée par la pompe « 12-G5 » est prévue périodiquement à la sortie du « 12-E1 » vers le « 12-D1 » ; afin de dissoudre les chlorures d'ammonium formés à « 12-C1 ».

Le naphta hydro-traité du fond du « 12-D1 » garde un niveau constant, ce niveau est contrôlé par la (LCV-1), dans la partie inférieure du ballon (appendice), une accumulation d'eau riche en métaux dissous ; elle-même contrôlée par, indicateur de niveau (LIC-2) avec une vanne de purge manuelle.

Le naphta hydro-traité passe par l'échangeur « 12-E4 » (A/B) coté calandre, avant d'être acheminé vers le (stripper) « 12-C2 » par la pompe « 12-G4 » la charge rentre à température de (130°C).

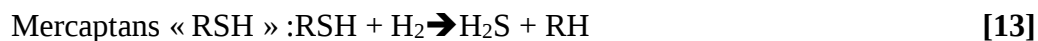
Les gaz de tête sont refroidis et condensés et cela au moyen de l'aéro-réfrigérant «12-E6», puis par le condensateur « 12-E7 ». Une fois condensée au sein du ballon «12-D1», la partie liquide sert de reflux de tête du stripper, réglé et contrôlé par la (12-FRC5) et assurée par la pompe de reflux « 12-G3 ». L'excès du liquide est dirigé vers la colonne de stabilisation de l'unité de topping «11-C5», les gaz du ballon «12-D2» rejoignent le système fuel-gaz par la (12-PRC2).

Le produit chimique « DARACORC » est injecté dans la conduite de tête du stripper « 12-C2 » (colonne de stabilisation) comme inhibiteur de corrosion. Le fond du stripper «12-C6» est appelé unifiant ; une partie de ce dernier sert de rebouillage du fond de colonne, sous contrôle des régulateurs de débits (12-FRC6/7), après son passage dans le «12-F1» contrôlé par la (12-TRC2).

L'autre partie est envoyée vers stockage et sera la charge de la section platforming, après refroidissement coté faisceau dans l'échangeur « 12-E4 » (A/B). La pompe « 12-G8 » est chargée du transport et sert comme pompe de charge de la section platforming. Le débit de l'unité d'hydrotraitement est de 56m³/h. Le circuit de la charge dans la section hydrotraitement est donné dans la (figure II.2).

III.2. Principales réactions d'hydrotraitement

Au niveau de réacteur « 12-C1 », des réactions d'hydrogénation ont lieu sur le site catalytique, ces principales réactions sont des réactions de :

• Désulfuration**• Dénitrification****• Hydrogénation des Hydrocarbures Oxygénés****• Hydrogénation des Oléfines**

La pression partielle d'hydrogène dans les conditions de température et pression (T, P) du réacteur permet la saturation des oléfines et des dioléfinés sans influencée aux aromatiques.

III.3. Elimination des métaux

Les métaux sont éliminés sous forme de dépôts sur le catalyseur sans pour autant d'influencer son activité, car il a été conçu pour supporter ces dépôts.

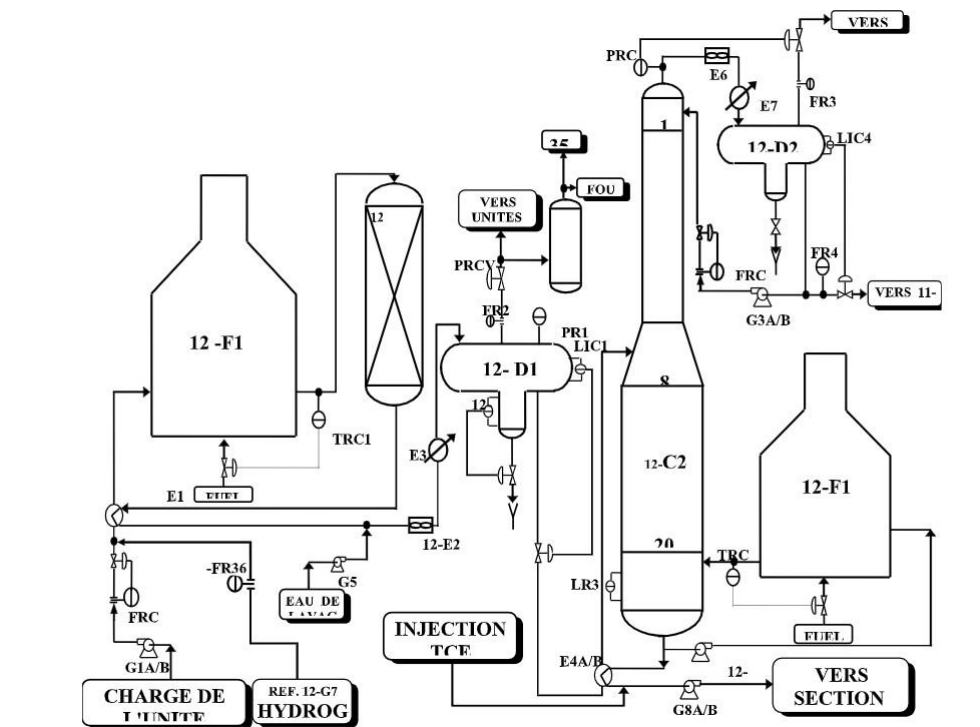


Figure II.2 : Section d'hydro-bon unité 12.

Les conditions technologiques (opératoires) de fonctionnement de reforming catalytique sont telles qu'on obtient le maximum de réformât avec un pourcentage élevé en hydrocarbures aromatiques et iso-paraffiniques ; ce qui fait augmenter le « NO ».

Des paramètres opératoires ont été prises en considération, tels que :

- Température ;
- Pression ;
- Taux de circulation du gaz riche en hydrogène (H_2/HC).

Afin d'augmenter la sélectivité et l'aromatisation des hydrocarbures des différentes familles de la matière première ; ainsi que distribution différentielle de la température du catalyseur et la pression partielle d'hydrogène (P_{H_2}) dans les étages de réacteurs. Des dépôts vont être formés.

III.4. Formation des dépotes

- Pour une essence à haut « NO » (20-40 atm) pour les fractions « 105-180°C », « 85-180°C » avec formation remarquable de **coke**.
- Obtention des « B.T.X » (10-20 atm) pour les fractions « 85-105°C », « 105-140°C » et « 62-140°C » avec faible formation de **coke**.

La coque obtenue est un déchet. Cette dernière est récupérée et valorisée. Sa valorisation s'articule sur son application comme un précurseur pour adsorber le Si contenu dans le rejet de sciage. Pour cela, nous donnons quelques définitions sur le phénomène d'adsorption.

IV. Phénomène d'adsorption

L'adsorption est un phénomène d'interface (phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide) pouvant se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide. A l'interface, les attractions intermoléculaires ne sont pas compensées dans toutes les directions, et il subsiste par des forces résiduelles dirigées vers l'extérieur. Ces forces représentent une énergie superficielle par unité de surface, comparable à la tension superficielle des liquides. Ces forces sont neutralisées lorsque des particules mobiles (un gaz ou un soluté) se fixent en surface, on dit qu'elles s'adsorbent [37].

L'étude des équilibres d'adsorption permet de connaître le degré maximal de séparation susceptible d'être obtenu dans des conditions thermodynamiques données [36].

Les charbons actifs sont les plus utilisés, fabriqués à partir d'une variété de précurseurs à teneur élevée en carbone [38,39].

IV.1 Types d'adsorption

L'adsorption est un phénomène de surface qui se produit par des forces physiques mais parfois, une faible liaison chimique participe également au processus d'adsorption. Contrairement à l'absorption qui désigne le processus dans lequel une substance pénètre à l'intérieur. L'adsorption peut être physique ou chimique et le phénomène inverse qui décrit le détachement d'adsorbat s'appelle la désorption. [40].(Figure II.3) montre les deux types de sorptions existants et la différence entre eux.

IV.1.1 Adsorption physique

L'adsorption physique est caractérisée par une faible énergie de liaison (< 40 KJ), elle ressemble à la condensation des gaz en liquides et dépend de la force d'attraction physique, ou de van der Waals, entre l'adsorbant solide et les molécules d'adsorbat. Il n'y a pas de spécificité chimique dans l'adsorption physique, tout gaz ayant tendance à être adsorbé sur tout solide si la température est suffisamment basse ou la pression du gaz suffisamment élevée.

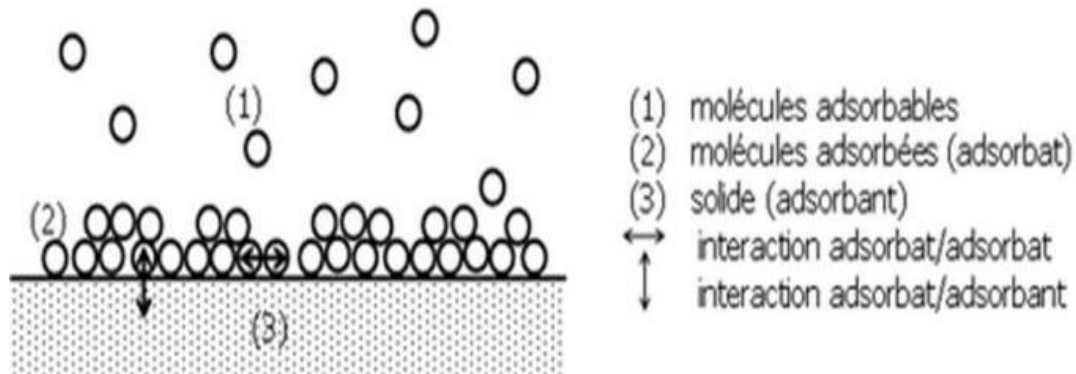


Figure II.3 : Adsorption physique [42].

IV.1.2 Adsorption chimique

Dans l'adsorption chimique, l'énergie de liaison est plus importante (> 40 KJ), les gaz sont maintenus sur une surface solide par des liaisons chimiques spécifiques à chaque surface et à chaque gaz. L'adsorption chimique se produit généralement à des températures plus élevées que celles auxquelles se produit l'adsorption physique ; en outre, l'adsorption chimique est habituellement un processus plus lent que l'adsorption physique et, comme la plupart des réactions chimiques, elle implique fréquemment une énergie d'activation [41].

Ce type d'adsorption est caractérisé par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide ;
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température ;
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique ;
- La non-réversibilité.

Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats. Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique [42].

La (**figure II.4**) illustre la différence entre les deux types d'adsorption. Et le **tableau II.1** regroupe les critères de distinction entre l'adsorption physique et chimique.

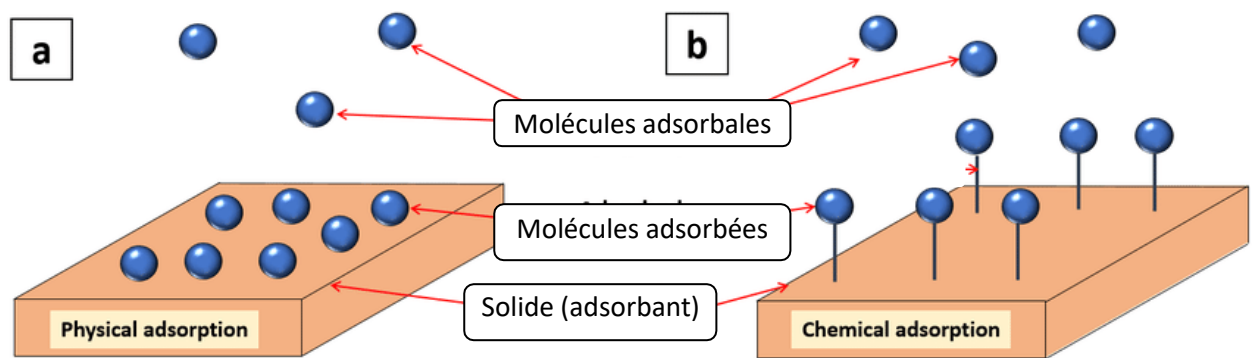


Figure II.4 : Différence entre les deux types d'adsorption.

Tableau II.1: Critères de distinction entre l'adsorption physique et chimique [41].

Paramètres	Adsorption physique	Adsorption chimique
Chaleur d'adsorption	Quelque kcal/mol	Quelque dizaine de kcal/mol
Nature de liaison	van der Waals	Covalente
Spécificité	Processus non spécifique	Processus spécifique
Température	Relativement basse comparée à la température d'ébullition de l'adsorbat	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat
Réversibilité	Réversible pour les solides non poreux	Irréversible
Cinétique	Très rapide	Très lente
Nature des couches	Formation de monocouche ou multicouches	Formation de monocouche

IV.2 Phénomène d'absorption

L'absorption est un phénomène de remplissage d'un corps par un autre, comme une éponge qui se remplit d'eau. L'eau reste prisonnière du fait des forces de capillarité. Tandis que l'adsorption est un processus physique ou chimique qui fixe des molécules à la surface d'un solide, comme les filtres à charbon actif qui servent à piéger les vapeurs de friture. Le Schéma comparatif entre le processus d'adsorption et l'absorption est représenté dans la (**figure II.5**)

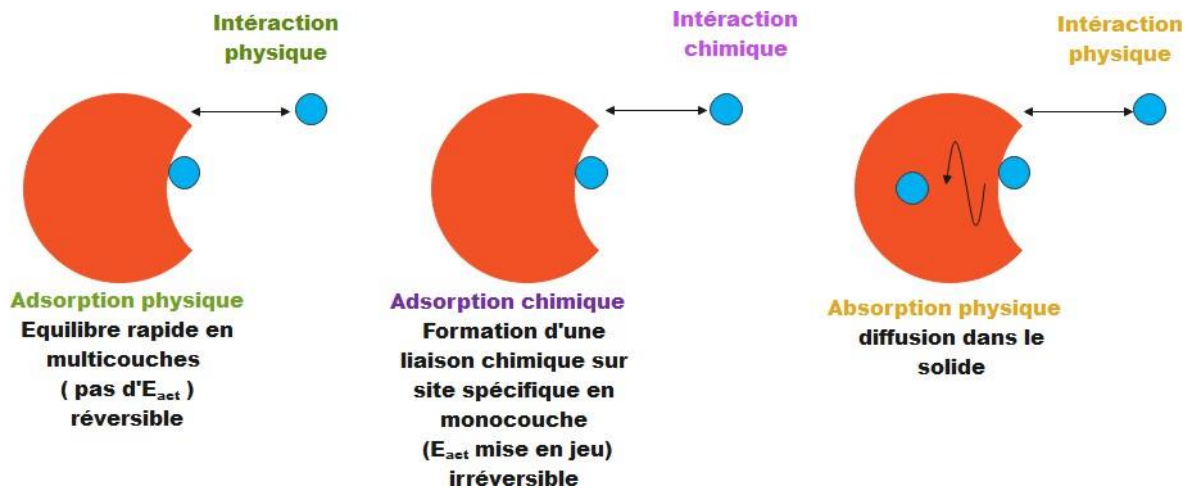


Figure II.5 : Comparaison entre le processus d'adsorption et l'absorption.

IV.3. Application

L'adsorption de nombreuses applications techniques :

- La rétention de très petites particules, comme les colloïdes;
- La rétention des composants à très faible concentration, par exemples des impuretés, des molécules et ions métalliques qui confèrent au produit couleurs, odeurs, ou saveurs désagréables, voire une toxicité;
- La sélectivité de l'adsorbant par apport à certains constituants du mélange.
- Le séchage, purification et désodorisation des gaz;
- Le raffinage des produits pétroliers;
- La catalyse de contact; La déshumidification et la désodorisation de l'air; [43].

V. Charbons actif

Charbon actif est un terme générique décrivant une famille d'adsorbants à base de différentes sources à haute teneur en carbone, principalement les charbons (anthracite, lignite, bitumineux) et les végétaux ligneux riches en fibres celluloseux comme le bois et les coquilles de noix de coco, ces derniers sont sous une forme cristallisée et possédant une porosité interne très développée. Il est important d'avoir une compréhension claire des caractéristiques physiques et d'adsorption de ces matériaux pour optimiser leurs performances [65].

Les charbons actifs sont préparés par pyrolyse d'une matière (contenant du carbone), pour conduire à un charbon de bois qui est ensuite oxydé par la vapeur d'eau dans des conditions contrôlées pour créer une structure microporeuse. Il existe plusieurs centaines de qualités de charbons actifs, suivant le précurseur et les conditions de traitement [45].

On peut aussi trouver des charbons actifs dits « chimiques », par une activation qui est généralement utilisée aux matériaux à base de tourbe ou de bois. Le matériau ou le charbon de départ est imprégné avec un agent fortement déshydratant, typiquement de l'acide phosphorique ou du chlorure de zinc préparé sous forme de pâte et calciné à 500-800 °C (milieu chaud), ces derniers sont des adsorbants hydrophobes dont la surface spécifique se situe entre 500 et 1500 m²/g [65]. Leur porosité, leur vaste domaine d'application et leur coût font des charbons actifs les adsorbants les plus répandus [45,44].

Le charbon actif résultant est lavé, séché, broyé en poudre, trié, tamisé et dépoussiéré. Il présente une structure très ouverte (macroporeuse), idéale pour l'adsorption de grandes molécules. De l'air est ajouté pour brûler les gaz sans brûler le carbone [65,66].

L'élaboration du charbon actif par voie physique est réalisée en deux étapes de chauffage : la pyrolyse et l'activation. La matière broyée et tamisée (une quantité M_0) est disposée dans un four électrique (**Figure II.6**) dont la température varie entre 600 °C et 1 000 °C, sous un flux de gaz inerte (argon ou azote) de 30 minutes à 3 heures.

À la fin de la réaction, le matériau carboné initial est transformé en charbon. Les meilleurs résultats sont souvent obtenus pour une température de 700 °C et 800 °C [66,67].

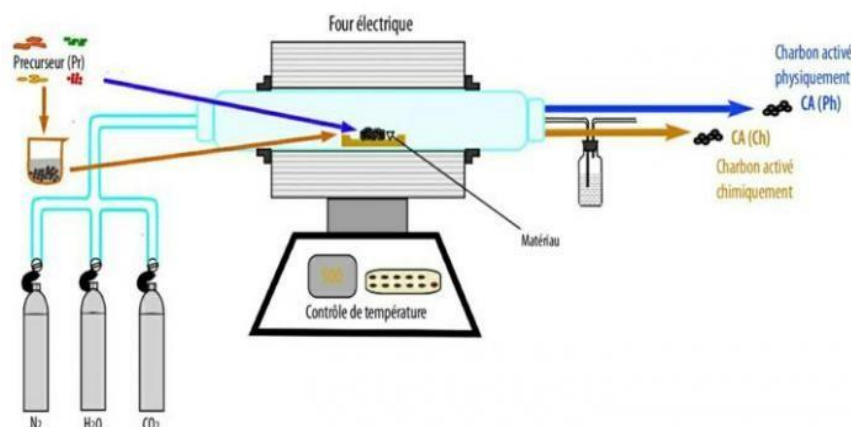


Figure II.6 : Dispositif expérimental lors de l'élaboration d'un charbon actif [66].

a) Etat de l'art

Parmi les matières de base (précurseurs) utilisées aujourd'hui pour fabriquer le charbon actif, figurent la sciure de bois, la tourbe, le lignite, la houille, la cellulose [51], les résines échangeuses d'ions épuisées telles que les polymères styrène-divinyle benzène [52], les résines phénol formaldéhyde [53], les pneus automobiles usagés [54,55], les boues [56], et le marc de café [57]. Le charbon actif préparé à partir des déchets végétaux est aussi très intéressant du point de vue économique, comme l'ont montré différentes études [58].

Les matériaux les plus effectifs et commercialement viables sont les coques de noix, les noyaux de fruits, les coques d'amande [59-61], les noyaux d'olives, les noyaux de pêches [62], et la coque de pécan [63-64]. Le charbon actif peut être préparé à partir d'une diversité de matrices carbonées [64].

IV. Caractéristiques et qualité du charbon

La qualité d'un charbon dépend de sa teneur en carbone, en éléments volatils (méthane, hydrogène, etc), en eau, en soufre, en cendres et de son pouvoir calorifique (l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la combustion) [47].

Caractériser par :

- Porosité
- Structure poreuse d'un charbon activé : on peut trouver des pores de différentes tailles. Selon la définition de l'IUPAC la porosité est classifiée de la manière suivante :
 - Micropores : Largeur inférieure à 20Å°
 - Méso pores : Largeur entre 20 Å° et 500Å°.
 - Macrospores : Largeur supérieure à 500Å°.
- Densité apparente: recommande l'utilisation de charbons ayant une densité apparente supérieure à 350 kg/m³.
- La surface spécifique: Elle est généralement exprimée en m²/g, s'étendre de 400 à 2000 m²/g

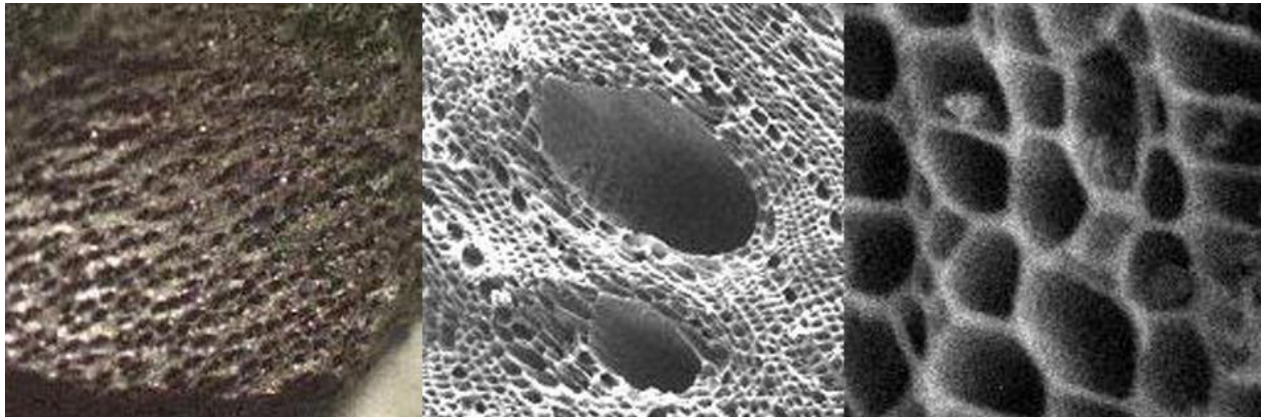


Figure II.7 : Macropores (Largeur supérieure à $500\text{\AA}$) suivant des grossissements croissant de gauche à droite [65].

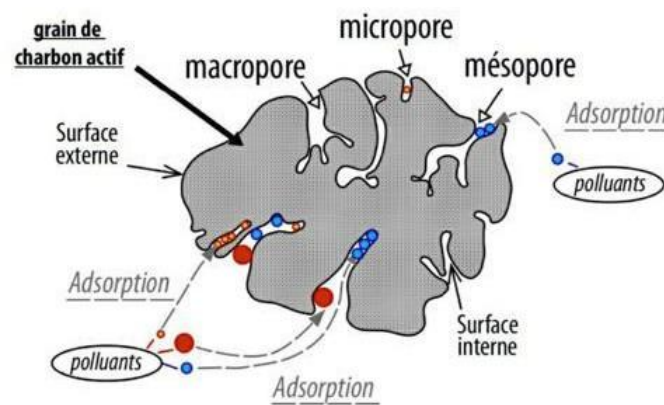


Figure II.8 : Phénomène d'adsorption par les pores de différentes tailles [46].

Conclusion

Au cours de ce chapitre, il nous a été possible présenter le domaine pétrolière en particulier : de reforming catalytique ainsi que le coup naphtha lourd, mise en vue comment notre rejet A est former et son relation avec le domaine d'adsorption, aussi de définir cette opération unitaire comme étant essentiellement une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimio-sorption.

Nous avons présenté aussi les différents types d'adsorption et exposé les modèles les plus utilisés pour illustrer ces isothermes.

Chapitre III

Partie expérimentale

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous expliquons le mode opératoire adopté pour le traitement du rejet de sciage dans la production des cellules photovoltaïques qui a été récupéré du Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE). Le rejet récupéré est composé de : silicium (Si), carbure de silicium (SiC), polyéthylène glycol (PEG) et les fragments métalliques. Pour cela, nous traitons physico-chimique ce rejet pour dissoudre le PEG et obtenir une poudre. Ensuite, nous appliquons un champ électromagnétique pour éliminer les métaux issus du fil de sciage. Enfin, nous préparons mécaniquement puis chimiquement notre précurseur qui est la coque issu de l'hydrotraitement de Naphta lourd pour obtenir un charbon actif qui va servir de séparer le Si du SiC par l'adsorption.

Toutefois, nous présentons le Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE) et nous décrivons l'ensemble des techniques de caractérisation adopté pour cette étude.

II. Présentation CRTSE

Le Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE) est une entité de le DGRSDT (Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement technologique) sous tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique selon le Décret exécutif n°12-316 du 3 Chaoual 1433 correspondant au 21 août 2012 portant sur la Création du Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique, le CRTSE est chargé d'élaborer les procédés métallurgiques pour valoriser l'ensemble des segments de traitement de minerais de base à la technologie des semi-conducteurs (en particulier le silicium) et de développer les techniques de croissance cristalline de ces matériaux. Le CRTSE est chargé également de :

- Maîtriser les procédés technologiques des dispositifs à base de semi-conducteurs pour la filière "silicium massif" et la filière émergente "couches minces";
- Développer les technologies industrielles associées aux procédés sur les matériaux et les dispositifs de conversion énergétique ;
- Développer des dispositifs à haut rendement de conversion.

III. Station physico-chimique d'El Harrach

Notre stage a été effectué à la station physico-chimique d'El Harrach qui est une unité consacrée au découpage des briquettes de silicium pour obtenir des plaquettes fines minces qui sont la base des cellules photovoltaïques grâce à une scie à fil en acier recouvert de nickel. La figure III-1 illustre le principe du procédé, montrant les quatre guide-fils supportant la nappe, les bobines émettrices et réceptrices de fil, et une brique de silicium traversant cette nappe.

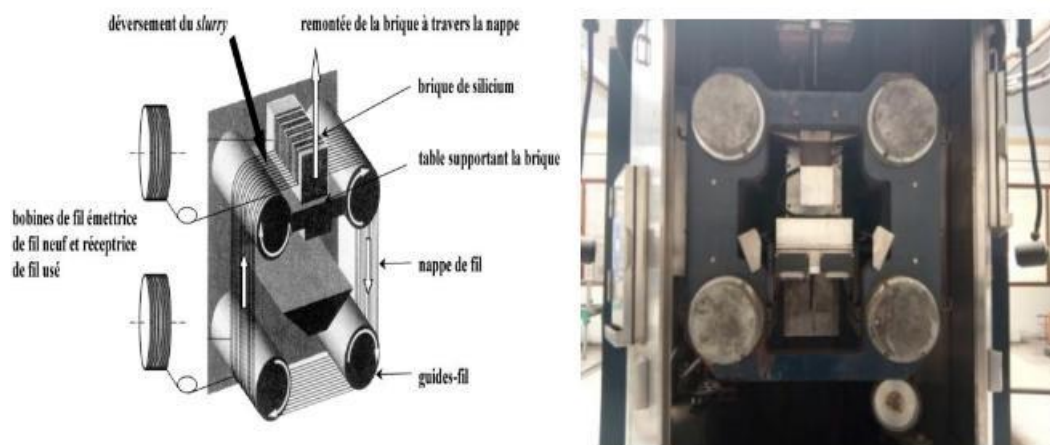


Figure III.1. Schéma de principe d'une scie à fil.

III. Protocole expérimental

III.1. Rejet du sciage (RS)

Le découpage des lingots de silicium nécessite l'arrosage de la nappe du fil à l'aide d'un mélange de densité entre $1,59-1,62 \text{ kg/m}^3$ constitué de PEG et de carbure de silicium. Au cours de découpage, les grains abrasifs carbure de silicium (SiC) sont emprisonnés entre le fil et le bloc de silicium. Ils enlèvent ainsi des fragments de matières par divers mécanismes, fragments évacués ensuite par le rejet (RS). Par conséquent, plus de 40% du matériau de silicium est perdue pendant le sciage. Avec une scie à fil, il faut donc $570 \mu\text{m}$ de silicium pour produire une tranche de $350 \mu\text{m}$.

Pour déterminer la composition du RP, une étude a été réalisée par Wang qui constaté à l'aide de la centrifugation que le rejet issu du sciage est composé de :

- 27% en poids de fines particules de Si ;

- 35% en poids de particules abrasives de SiC ;
- 31% en poids d'huile lubrifiante (polyéthylène glycol) ;
- 7% en poids d'impuretés métalliques provenant du fil de coupe en particulier le Fe [49].

III.2. Etapes de traitement du rejet photovoltaïque

Le traitement du rejet issu de la production des cellules multi cristallines comporte les étapes suivantes :

- Lavage du rejet (RS) avec du solvant ;
- Séparation la phase solide de la phase liquide après le lavage ;
- Récupération les phases du rejet après le lavage : la phase solide contenant : le Si, SiC et les fragments métalliques. Et la phase liquide composée du PEG et de l'acétone ;
- Séparation du PEG de solvant ;
- Préparation mécanique de la phase solide pour obtenir une poudre ;
- Élimination des fragments métalliques contenus dans la phase solide en utilisant la séparation magnétique à voie sèche ;
- Récupération la poudre non magnétique qui peut contenir du Si et SiC, qui va subir l'adsorption par le charbon actif.

III.2.1. Dissolution du PEG

Tableau III .1. Composition des mélanges RS/solvant préparés.

	Mélange 1	Mélange 2	Mélange 3
Masse (g)	200	50	50
Solvant	Acétone	Ethanol	Eau Distillée

Pour dissoudre le PEG contenu dans le PS, nous avons fait appel aux trois solvants : acétone, éthanol et l'eau. Le lavage avec du solvant est effectué avec une quantité en masse

du solvant avec la même quantité du RS comme il est mentionné dans le **tableau III.1**. Une agitation est effectuée pendant 3h. Le mélange est laissé à décanter jusqu'à l'apparition des deux phases. La phase liquide est récupérée à l'aide d'une pipette. Cette dernière a subi une centrifugation pour pouvoir séparer le PFG du solvant.

III.2.2. Séparation la phase liquide de la phase solide

Après la décantation, la phase liquide a été séparée de la phase solide à l'aide d'une pipette, la phase solide a été séchée dans un four pendant 30 min à des températures suivantes :

- A 70°C : la phase solide qui était en contact avec de l'acétone ;
- A 80°C : la phase solide qui était en contact avec de l'éthanol ;
- A 100°C : la phase solide qui était en contact avec de l'eau distillée.

Après le séchage la phase solide a été pesée puis broyée avec un mortier pour une poudre.

III.2.3. Elimination des métaux et caractérisation la poudre obtenue

La poudre obtenue a été caractérisée morphologiquement à l'aide d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB), puis une analyse spectroscopique a été effectuée à l'aide de FTIR et spectroscopie Raman. Ensuite, elle a subi une séparation magnétique à voie sèche. La partie non magnétique obtenue a été analysée par la microscopie électronique à balayage (MEB).

III.2.4. Séparation Si du SiC

Après avoir éliminé les métaux dans la poudre de RS, la poudre obtenue est composée donc de Si et SiC, cette poudre de son tour va subir une seconde séparation par adsorption à l'aide d'un précurseur obtenu du rejet pétrolier pour pouvoir séparer le Si du Si qui est l'objectif de notre travail. Pour récapituler le mode opératoire, un plan du travail a été réalisé et schématisé dans le **Schéma III.1**

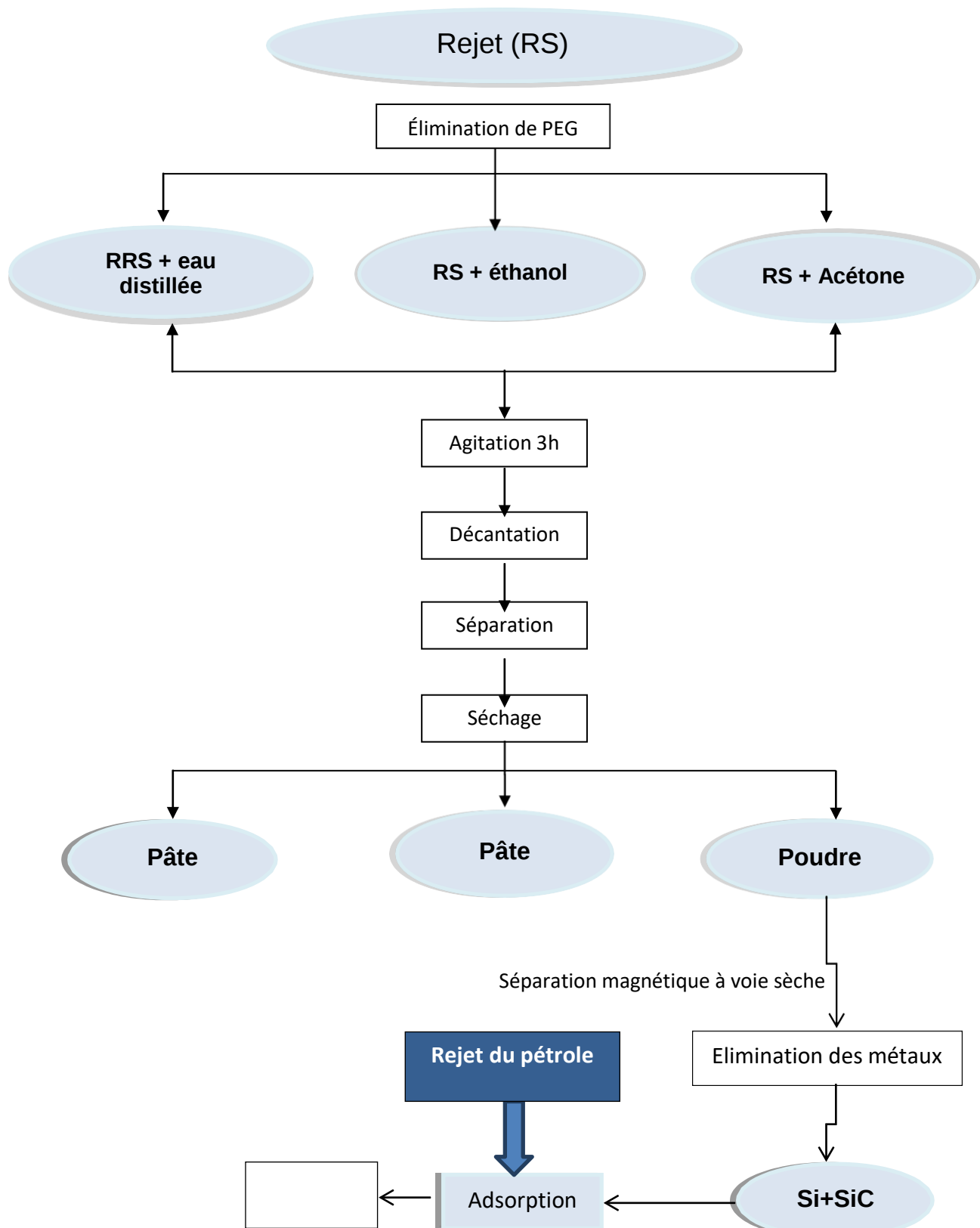


Schéma III.1. Plan de travail.

III.3. Rejet du pétrole (RP)

Dans le domaine de recherche sur les matériaux adsorbants riche en carbone , on a essayé de tester une matière considérer comme rejet riche en carbone obtenue a une quantité énorme au cours de la production d'essence supérieure à partir de naphta lourd, qui avant tous subit a un traitement d'activation bien définie pour l'obtention d'une matière adsorbant avec une structure poreuse apte de capter le Si. Le rejet est obtenu de la raffinerie d'Arzew.

III.3.1. Raffinerie d'Arzew

La raffinerie d'Arzew par sa diversité de production se classe au premier rang des complexes industriels édifiés sur le territoire national. La raffinerie d'Arzew (RA1Z) occupe une superficie de 170 hectares de la zone industrielle sur le plateau d'El-Mouhgoun à l'Est d'Oran et à environ 5 km de la mer méditerranée.

La construction de la raffinerie d'Arzew a démarré en 1972, suivie par une extension majeure au début des années 80 pour augmenter sa capacité en lubrifiants.

La capacité de traitement est de 2,5 millions de tonnes par an pour le pétrole de Hassi Messaoud arrivant par pipeline et de 279 000 tonnes par an pour le brut réduit imports(BRI) destiné à produire des bitumes.

III.3.2. Reforming catalytique

Le but du procédé est la transformation de coupes pétrolières à faible indice d'octane (40-60), issues de la distillation (naphta) ou depuis quelques temps produits par des procédés de transformation thermique (viscoréduction) ou catalytique (hydrocraquage et craquage catalytique), en basés pour carburants à haut indice d'octane (95-100).

Par ailleurs, le reforming catalytique peut aussi être une source d'hydrocarbures aromatiques pour la pétrochimie. Enfin, l'hydrogène produit parallèlement, est utilisé dans la raffinerie pour répondre à l'accroissement des besoins des unités d'hydrotraitement, lié à l'effort de valorisation des fractions lourdes. Les charges traitées sont des mélanges d'hydrocarbures (paraffines, naphènes et aromatiques) contenant de 5 à 11 atomes de carbone et majoritairement 7,8 et 9. Elles sont aussi caractérisées par leur intervalle de distillation, leur densité, leur poids moléculaire moyen, leurs teneurs en impuretés (soufre, azote, métaux) et

bien entendu leur indice d'octane. Mais au cours de ce processus dans l'échangeur coté tube et aussi calandre on aura une formation de cock, dans notre travail ce cock sera caractériser et ensuite activer.

III.3.3. Préparation et activation du charbon actif

La coque est broyée puis tamisée pour avoir une poudre avec une granulométrie homogène. Cette poudre est séchée dans une étuve à 105°C pour éliminer les traces d'eaux. Sachant que cette température de séchage n'influe pas sur les propriétés de notre poudre, étant donné que la coque obtenue a été obtenue à 180°C.

a. Activation chimique du charbon actif

Dans le processus d'activation chimique, le précurseur a été mélangé avec des agents d'activation chimique. L'activation chimique offre plusieurs avantages puisque elle est effectuée en une seule étape, combinant la carbonisation et l'activation, réalisée à des températures plus basses et permettant donc le développement d'une meilleure structure poreuse. L'agent chimique qui a été utilisé est l'acide phosphorique H_3PO_4 (pureté 85%).

Le mélange réactionnel est agité puis maintenu pendant plusieurs heures à température ambiante.

Pour augmenter la surface spécifique, le mélange a été placé dans des flacons fermés dans une étuve à 85 °C pendant 2 heures, pour permettre à l'agent activateur de pénétrer davantage à l'intérieur du précurseur.

Les charbons imprégnés ont été introduits dans des creusets en porcelaine thermorésistants, ensuite placés dans un four muni d'un régulateur thermique dont la programmation en température est la suivante :

- La vitesse de chauffe est 5°C/min⁻¹
- La température du début de chauffe est la température ambiante
- La température maximale de chauffe est 450°C
- Un palier d'une heure à 450 °C

La température finale de chauffe est la température ambiante.

b. Lavage des charbons actifs

Cette étape permet d'éliminer les résidus de carbonisation, ces résidus sont principalement issus de l'agent d'activation.

Après le refroidissement de l'échantillon activé avec du H_3PO_4 , le lavage a été effectué au début avec de l'eau distillée jusqu'à ce que le pH de l'eau de lavage soit neutre. Ensuite, une filtration a été réalisée.

Après le lavage, un séchage a été effectué à l'air libre puis à étuve à 105 °C jusqu'à poids stable .

La préparation du charbon actif est illustrée par le schéma représentatif dans le Schéma III.2.



Schéma III.2. Schéma récapitulatif sur la préparation du charbon actif à partir du rejet pétrolier.

c. Séparation Si du SiC

Une quantité du charbon actif est dispersée dans la solution de Si-SiC avec un rapport de 1g CA/ 2,5 g Si-SiC, le tout sous agitation à 300 tr/mn durant 3h. A la fin le mélange est filtré à l'aide d'un entonnoir de Buchner, les grains de charbon récupéré après adsorption sont rincés avec l'eau distillée puis caractérisés par la spectroscopie Raman, BET.

IV. Description les techniques d'analyses utilisées

IV.1. Spectrométrie Raman

La spectrométrie Raman est un outil d'analyse physico-chimique de milieux très divers (solides ou liquides, organiques ou minéraux, semi-conducteurs ou isolants, etc) qui nous renseigne sur la structure : liaisons chimiques, arrangement cristallin, symétrie, phase, etc. Elle fournit une identification d'une substance dans un mélange ou un matériau hétérogène. Elle est par conséquent employée dans de larges domaines

Effet Raman provient de la diffusion inélastique d'un faisceau lumineux par un milieu (gaz, liquide ou solide).

La différence d'énergie entre le photon incident de longueur d'onde λ_i et le photon diffusé de longueur d'onde λ_d est exactement égale à l'énergie de vibration (ou de rotation) de la molécule diffusante. Cet échange d'énergie permet sous certaines conditions d'accéder aux différents états d'énergie vibrationnelle (ou rotationnelle) d'une molécule ou d'un réseau cristallin : l'enregistrement de l'intensité de cette lumière diffusée en fonction de la différence d'énergie constitue le spectre Raman

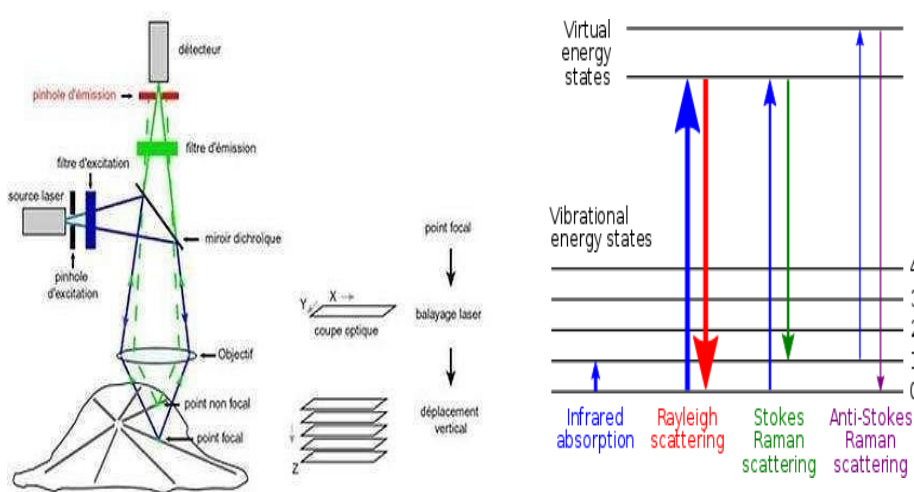


Figure III.2 : Mécanisme de la spectrométrie Raman

V.2. Microscope électronique à balayage MEB

Microscope électronique à balayage (MEB ou SEM pour Scanning Electron Microscopy en anglais) est un appareil d'analyse, pouvant fournir rapidement des informations sur la morphologie et la composition chimique d'une substance solide ou poudre. Il occupe une place privilégiée dans le domaine de la caractérisation microstructurale des matériaux qui permet de donner des renseignements sur l'échantillon relatif à la morphologie et à la répartition des constituants mais aussi des informations cristallographiques et compositionnelles [44].

Cette technique est capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon. Ses particules sont analysées par différents détecteurs qui permettent de reconstruire une image de la surface. L'intensité des émissions varie d'un point à un autre de l'échantillon et apporte des informations localisées. Le MEB, associé à tous ses périphériques, permet de recueillir des informations à caractères :

- Cristallographiques: identification de la structure cristalline ;
- Structurale: étude de l'organisation de la structure atomique ;
- Morphologique: taille et forme de poudre ultrafine, présence d'hétérogénéités.

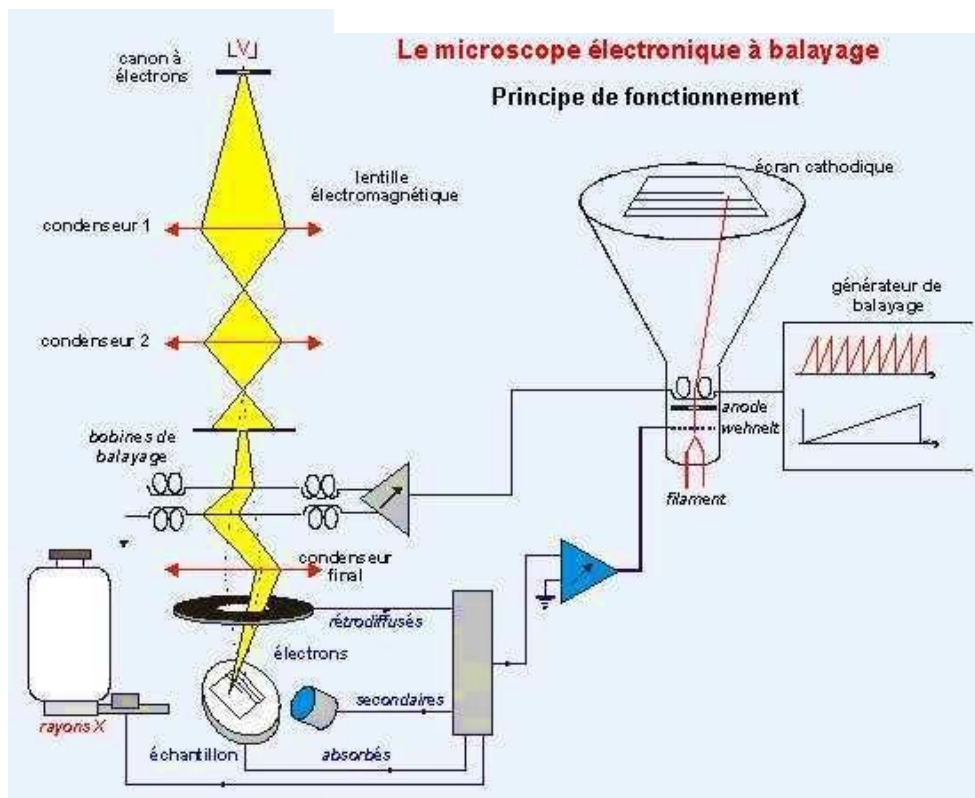


Figure III.3 : fonctionnement le MEB.

Dans notre cas, l'étude de la microstructure et la porosité de nos poudres a été effectuée avec un microscope électronique à balayage (MEB) de marque PHILIPS XL 20 au niveau du laboratoire de recherche de UMMTO.



Figure III.4 : Microscope Electronique à Balayage.

IV.3. Infrarouge à transformée de Fourier

La spectroscopie infrarouge est un outil d'analyse systématique qui peut être réalisé dans un temps court pour la caractérisation des différentes phases. Cette analyse permet de donner des informations sur la matière à partir de son interaction avec le rayonnement selon la fréquence du rayonnement incident (c'est-à-dire son énergie), typiquement l'ultraviolet, le visible ou l'infrarouge, l'interaction matière rayonnement concerne divers types de niveaux d'énergies de la matière, le type d'information obtenue dépendra de la sensibilité de l'appareillage et de la nature de l'échantillon (état physique).

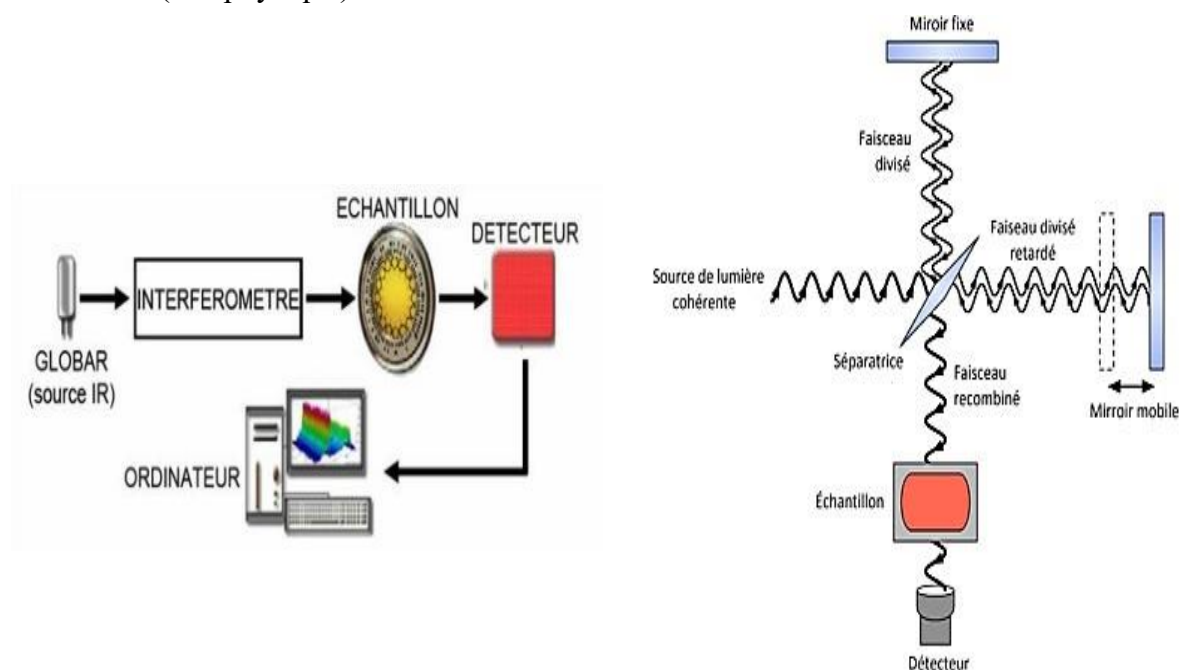


Schéma III.5 : Principe d'un spectromètre FTIR.

Afin d'automatiser ces opérations, des spectromètres dispersifs « double faisceau » ont été développés, le faisceau provenant de la source est partagé en deux faisceaux à l'aide de miroir un faisceau « référence » et un faisceau « mesure », traversant l'échantillon, sont ainsi produits. Un miroir tournant, dit modulateur dirigé alors alternativement les deux faisceaux vers le monochromateur, donc vers le détecteur, une détection synchrone (avec la rotation du modulateur) est alors appliquée ou signal et un calcul du rapport signal de mesure/signal de référence est effectué en temps réel.

Les spectromètres infrarouges à transformée de Fourier correspondent à un montage optique à simple faisceau qui comporte comme pièce essentielle un interféromètre- souvent de type Michelson -placé entre la source et l'échantillon. Les radiations issues de la source polychromatique viennent frapper une séparatrice, constituée d'un film semi-transparent de germanium déposé sur une lame de KBr.

Ce dispositif permet de générer deux faisceaux dont l'un se dirige vers un miroir fixe et l'autre vers un miroir mobile dont on fait varier la distance à la séparatrice. Ces deux faisceaux, recombinaison ensuite sur le même trajet, traversent l'échantillon avant de venir frapper le détecteur qui reçoit l'intensité lumineuse globale. Le cœur de l'interféromètre de Michelson est le miroir mobile, seule pièce en mouvement, qui oscille au cours du temps entre deux positions extrêmes.

Dans notre cas, l'appareil utilisé est Spectrum two of Perkin ELMER, scanné entre 400 et 4000 cm^{-1} pour le spectre d'IR.

IV.4. BET pour les mesures de surface

La méthode BET utilise une mesure de la physisorption d'un gaz pour déterminer une valeur de "aire surfacique" d'un échantillon

Les molécules du gaz peuvent pénétrer entre les particules et dans tous les pores, fissures et dans la texture de surface, pour obtenir une mesure de la surface microscopique de l'échantillon.

Très souvent, l'échantillon est en forme d'une poudre ou des granulés, et le résultat est cité en aire par unité de masse, ou aire massique, ou encore aire spécifique. Il est également possible de le calculer en aire par unité de volume, ou comme la surface absolue d'un objet.

La détermination des surfaces spécifiques BET représente une tâche majeure pour la caractérisation des solides poreux et finement dispersés.

L'adsorption de gaz est la méthode la plus appropriée pour mesurer la surface spécifique BET. Si un gaz entre en contact avec un matériau solide, une partie des molécules de gaz dosées est adsorbée sur la surface de ce matériau.

La quantité de gaz adsorbé dépend de la pression du gaz, de la température, du type de gaz et de la taille de la surface. Après avoir choisi le gaz de mesure et la température, la surface spécifique d'un matériau solide peut être calculé de manière

Une expérience typique comprend

1. Le chargement d'une quantité connue du matériau dans une cellule, tube ou porte-échantillon.
2. Le dégazage, ou autre traitement de l'échantillon, pour enlever les impuretés et les traces d'humidité éventuelles.
3. L'augmentation de la pression, avec mesure du taux d'adsorption sur la surface de l'échantillon. Pour la meilleure précision, ça s'effectue avec un nombre de paliers discrets, avec un délai d'équilibration à chaque valeur de pression.
4. Souvent, il y a une mesure de la pression saturante de vapeur P_0 , ou un calcul de sa valeur à partir de la température d'analyse.

Les analyses BET se font typiquement avec l'azote comme adsorptive, à 77 K, la température d'ébullition de l'azote liquide, mais d'autres espèces et températures sont aussi utilisées.

- Argon à 87 K (température de l'Argon liquide)
- Krypton à 77 K
- Dioxyde de carbone, CO_2 à 0 °C ou à 25 °C
- L'eau à 20 °C avec les appareils DVS, comme l'IGAsorp et SPS.

a) La courbe isotherme d'adsorption

Pour BET, la courbe isotherme d'adsorption est affichée comme le « taux d'adsorption », en adsorbé en abscisse contre la « Pression Relative », P/P_0 , où P est pression d'adsorption et P_0 est la pression saturée à la température expérimentale. Elle est basée sur une conception très simplifiée d'un processus d'adsorption idéale sur une surface plane, où la surface influence uniquement la première couche de molécules adsorbées, et à l'absence d'interactions latérales.

- Il est improbable qu'un couple matériau-adsorptive ces propriétés, mais on trouve pour beaucoup de matériaux non-microporeux qu'un ajustement à la courbe BET est possible dans la gamme de P/P_0 entre 0,05 et 0,3.
- Néanmoins, l'apparition d'une courbe linéaire n'est suffisante ni pour assurer la validité du modèle, ni pour avoir des résultats comparables entre différents échantillons. Des conseils et recommandations ont été formalisés dans plusieurs normes internationales pour assurer que les analyses BET sont réalisées et communiquées de manière reproductible et sans ambiguïté.
- Il faut quand-même faire attention à la préparation des échantillons et l'utilisation correcte de l'instrument de mesure.
- Dans la présence de microporosité, la partie linéaire de la courbe apparaît à des pressions plus faibles - dans ces cas, et en général, un degré de circonspection est conseillé dans l'utilisation du terme "Surface Spécifique".

IV.5. Séparateur magnétique à voie Sèche

Le régime de ces machines est automatique, afin de séparer les éléments métalliques contenus dans les rejets, les sables de fonderie, ou bien pour enrichir les minerais ferromagnétiques. Le séparateur peut être constitué d'aimants permanents ou d'électroaimants, ils sont en trois classes.

- **Séparateur suspendu**

Cette technique est très efficace pour éliminer les éléments ferreux indésirables. Ce séparateur peut se placer dans une position longitudinale ou transversale [32].

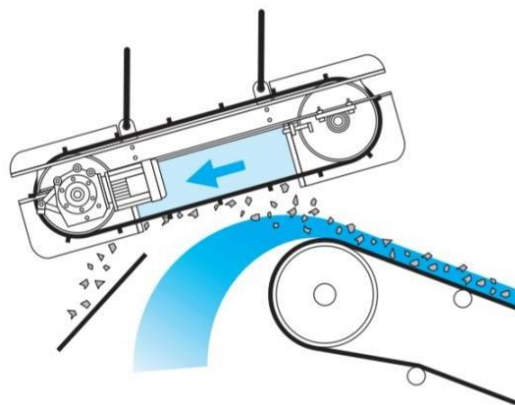


Figure III.6 : Séparateur suspendu.



Figure III.7 : Séparateur magnétique à voie sèche utilisé.

Chapitre IV

Résultats et discussion

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous discutons sur l'effet du solvant sur le lavage du rejet photovoltaïque, l'élimination du PEG, par l'observation de la nature de la phase solide obtenue après le séchage. Néanmoins, nous étudions le comportement de la phase solide obtenue pour obtenir la poudre de ce dernier. Pour valoriser notre travail, nous analysons la poudre de rejet obtenue après le séchage en utilisant une caractérisation morphologique et spectroscopique. Ensuite, nous étudions effet du champ électromagnétique sur l'élimination des métaux.

Enfin, nous appliquons le charbon actif qui a été obtenue à partir du rejet pétrolier pour piéger le Si et le séparer du SiC.

II. Traitement du rejet photovoltaïque

II.1. Préparation du mélange slurry/solvant

Nous avons préparé 03 mélanges avec différents solvants : eau distillée, acétone et éthanol comme le montre la **figure IV.1**



RS/eau distillée



RS/Ethanol



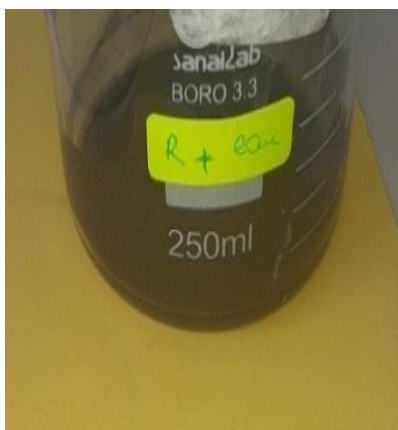
RS/Acétone

Figure IV.1 : Préparation des mélanges RS/solvant.

Les mélanges ont été mis sous l'agitation pendant 3h. Ensuite, les mélanges ont été décantés pendant plusieurs jours. Après l'apparition des deux phases et leur distinction, comme le montre la **figure IV.2**, ces deux dernières ont été séparées à l'aide d'une pipette.



RS/Acétone



RS/Eau distillée



RS/Ethanol

Figure IV.2 : Allure du mélange RS/solvant après la décantation.

Pour étudier le comportement du rejet vis-à-vis le solvant, une observation sur la phase solide a été effectuée après la séparation, la **figure IV.3** montre l'allure de la phase des mélanges après la séparation.



RS/Acétone



RS/Eau distillée



RS/Ethanol

Figure IV.3 : Allure de la phase solide RS/solvant.

Ensuite, ces mélanges ont été laissés pour se décanter pendant plusieurs jours pour étudier le séchage de la phase solide naturellement. Après l'observation, nous avons constaté la nécessité de sécher cette phase dans une étuve :

- Dans le cas su mélange PS/Acétone: A 70°C pendant 10 mn ;
- Dans le cas su mélange PS/Ethanol : A 80°C pendant 10 mn ;
- Dans le cas su mélange PS/Eau distillée : A 100°C pendant 10 mn ;

La **figure IV.4** montre allure de la phase solide obtenue après le séchage dans l'étuve.

Après le séchage à l'air libre



Après le séchage dans l'étuve



RS/Acétone

RS/Eau distillée

RS/Ethanol

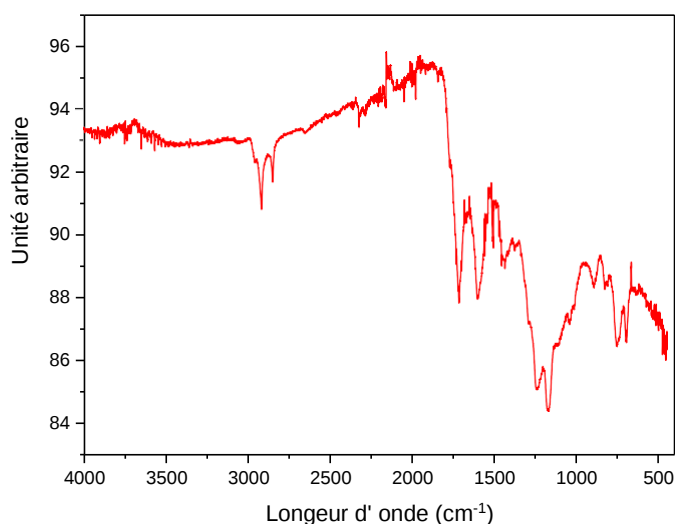
Figure IV.4 : Allure de la phase solide RS/solvant après le séchage.

Suite aux étapes citées ci-dessous, nous observons que les particules en suspensions dans la phase liquide dans le cas des mélanges RS/Eau distillée et RS/Ethanol contrairement au mélange RS/Acétone. *Cela signifie que l'acétone a effet meilleur dans la séparation les particules contenues dans le rejet via le PEG.*

Entre outre, après le séchage la phase solide des mélanges, nous remarquons que la phase solide obtenue dans de l'acétone est mieux séchée par rapport aux autres mélanges, et que, ces derniers sont restés pâteux, la figure IV.4 montre nettement cette différence. Cela signifie que le PEG a été complètement dissous dans l'acétone que l'eau dans distillée et l'éthanol. Donc, *nous pouvons constater que l'acétone est le solvant approprié pour dissoudre le PEG dans notre rejet.*

II.2. Caractérisation de la poudre du rejet

La phase solide obtenue du mélange RS/Acétone a été broyée et caractérisée par l'Infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). Le spectre obtenu est présenté dans la **figure IV.5**.

**Figure IV.5:** Spectre FTIR de la poudre RS/Acétone.

Nous remarquons que le spectre ne peut être interprété donc on fait appel à une technique d'analyse qui est la spectroscopie de Raman pour étudier l'effet du solvant sur ces mélanges. La **figure IV.6** montre le spectre de la poudre.

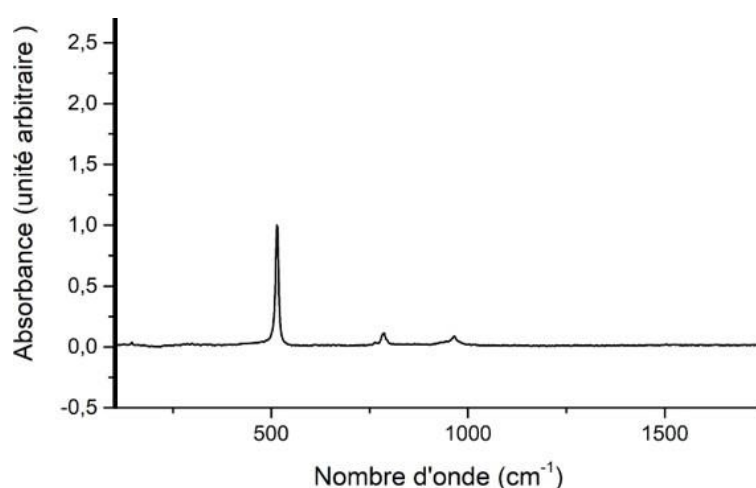


Figure IV.6: Spectre RAMAN de la poudre RS/Acétone.

Selon le spectre de la figure IV.5, nous remarquons qu'on a un seul pic important, nous observons aussi:

- Une absorption importante qui apparaît à 510 cm^{-1} attribuable aux vibrations d'élongation des liaisons SiC pour tous les mélanges ce qui indique la présence de SiC dans notre rejet.
- Une faible absorption qui apparaît à 295 cm^{-1} attribuable aux vibrations d'élongation Fe=Si, ce qui signifie la présence de Si et des impuretés métalliques.
- Une faible absorption qui apparaît à 775 cm^{-1} attribuable aux vibrations de déformation cycle aromatique, ce qui signifie une faible présence de PEG

Le (**Tableau IV.1**) ci-dessous regroupe Les groupements fonctionnels caractéristiques de rejet.

Tableau IV.1 : Les groupements fonctionnels caractéristiques du rejet.

Longueur d'onde	Type de liaison	Type de vibration
288-301	Fe=Si	Elongation
470-496	C=Si	Elongation
500-520	SiC	Elongation
750-800	C-C	Déformation
950-1000	Cycle aromatique	Déformation

Nous constatons que le PEG est faiblement présent dans le rejet, cela peut nous conduire à penser que ce lubrifiant a été absorbé dans la phase liquide sous l'effet de l'acétone.

II.3. Elimination des métaux par la séparation magnétique à voie sèche

L'efficacité de séparation est liée à la granulométrie et la nature de la particule, et aussi à l'intensité du champ magnétique. En premier lieu nous avons met l'échantillon dans l'alimentateur ensuite nous avons met la partie magnétique dans l'alimentateur et nous avons refait cette opération jusqu'à la stabilisation de poids, les résultats de cette opération est exprimé dans la (figure IV.7).

Dans le cas des faibles intensités le nombre des opérations effectué est plus grand que l'intensité maximale.

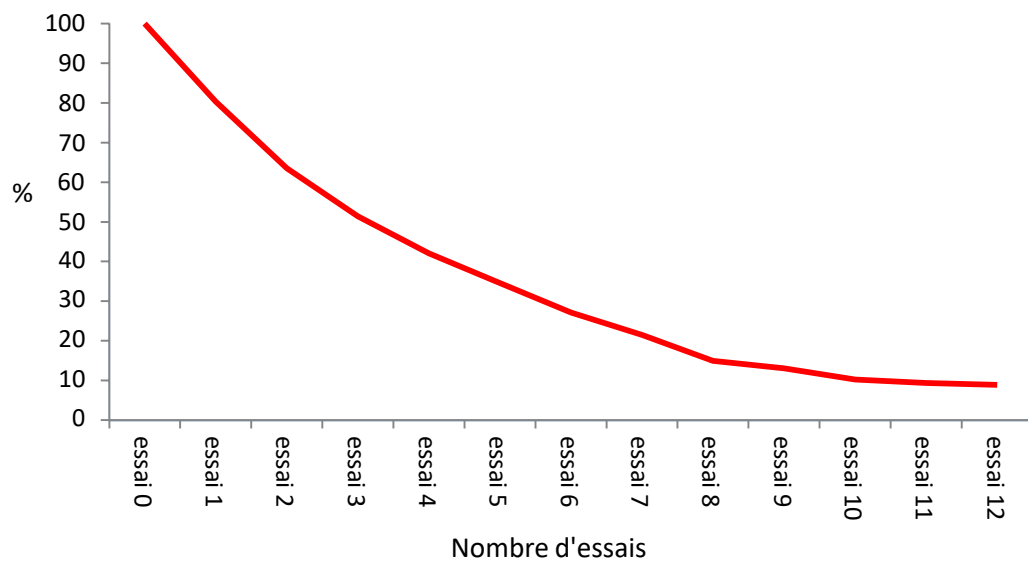


Figure IV.7 : Variation de pourcentage des éléments magnétiques récupérés à plusieurs essais.

II.4. Etude morphologique de la poudre Si/SiC après l'élimination des métaux

La **figure IV.8** présente une image de MEB de la poudre de rejet, nous remarquons la présence des particules compacts et allongés ou aciculaires de taille environ de 13 μ m. Selon l'image, une absence de particules de grande taille à ceux des fragments métalliques, ce qui signifie absence de métaux donc ce résultat confirme l'efficacité de la séparation magnétique à voie sèche sur l'élimination des fragments de métaux à partir d'un rejet photovoltaïque issu de l'étape de sciage.

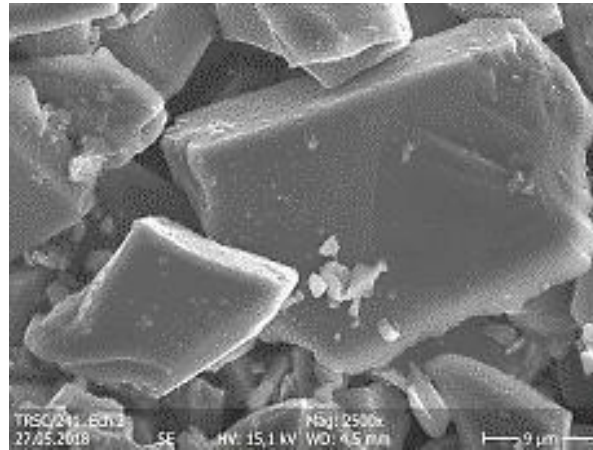


Figure IV.8 : Microscope électronique à balayage la partie non magnétique de la poudre.

III. Caractérisation du rejet pétrolier

D'abords, la coque issue du pétrole lors de la production de Naphta lourd, elle a été broyée puis tamisée, ensuite elle a été caractérisée morphologiquement par le MEB et textuellement par BET.

III.1. Caractérisation morphologique : MEB

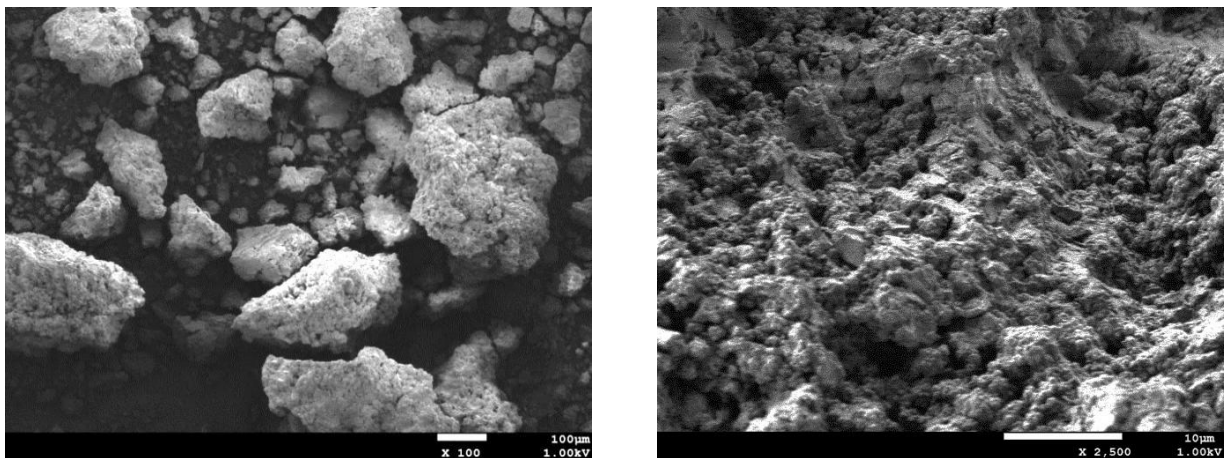


Figure IV.9 : Image MEB de la poudre du rejet de pétrole.

La **figure IV.9** montre l'image obtenue de la poudre du rejet pétrolier. D'après l'image de la figure IV.9, nous remarquons que cette coque a une structure irrégulière comme un chou, comme nous remarquons absence des micovides.

III.2. Analyse texturale : BET

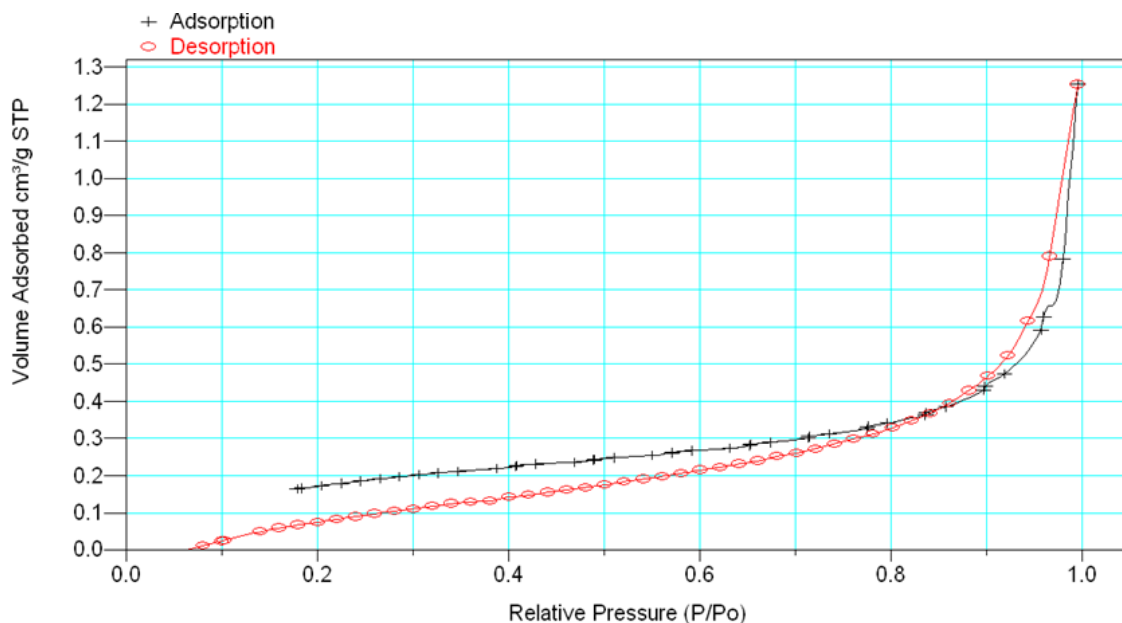


Figure IV.10 : Isotherme d'adsorption.

Afin d'étudier l'effet de l'imprégnation agent d'activation sur la surface et la porosité du précurseur, les isothermes d'adsorption de l'échantillon non modifié sont présentés dans la figure IV.10. On constate que la surface spécifique BET est 0,6276 (m²/g), elle très faible c'est pour cette raison que ce précurseur va subir un traitement par un agent d'activation pour créer des pores et augmenter les surface BET spécifique.

IV. Séparation Si du SiC par adsorption

Après avoir caractérisé le précurseur. Le précurseur a subi un traitement chimique par H_3PO_4 pour l'activer afin d'obtenir un charbon actif. Ce dernier été mélangé avec la poudre Si/SiC suite à un protocole. Après ce contact, la poudre du Si/SiC/charbon a été analys e morphologiquement par le MEB. L'image obtenue est présentée dans la **figure IV.11**.

Nous remarquons apparition des micro-vides de tailles supérieures à celle du Si ce qui permet le piégeage de ce dernier.

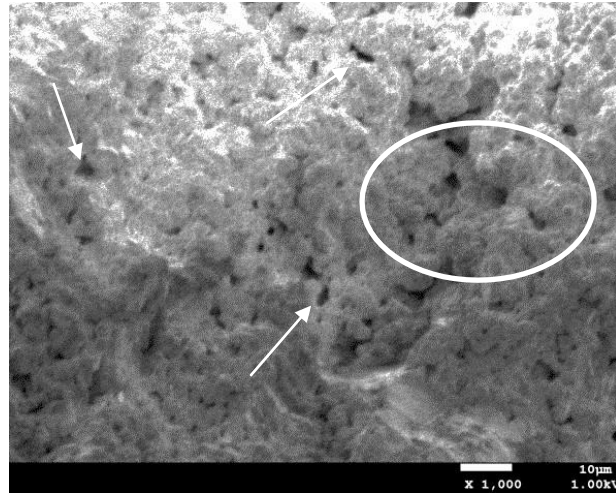


Figure IV.11 : Image MEB du charbon actif

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude a été effectuée au Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE). Elle a été motivée par les problèmes rencontrés lors du découpage le lingot et le rejet engendré qui ne doit être ni jeté ni brûlé à l'air libre.

Le rejet a été traité chimiquement, un lavage avec de l'acétone pendant 3h d'agitation était efficace pour dissoudre le PEG contrairement à l'éthanol et l'eau distillée. Un séchage à l'air libre pendant plusieurs jours puis à 70°C pendant 10 min nous permis d'obtenir une poudre. Cette dernière a subi la séparation magnétique à voie sèche. L'efficacité pour récupérer les métaux contenus dans le rejet a été démontré par l'étude morphologique par la microscopie électronique à balayage (MEB).

Toutefois, la coque obtenue lors du raffinage du pétrole pour produire du Naphta lourd, ce déchet a été traité physico-chimiquement et caractérisé. Ensuite, il a été activé chimiquement pour obtenir du charbon actif. Ce dernier a été appliqué pour piéger le Si du SiC.

En conclusion, ce travail a permis d'élaborer un nouveau protocole dans le traitement du rejet de sciage engendré lors de la fabrication des cellules monocristallines et la récupération des métaux via un déchet récupéré du raffinage du pétrole

Afin d'approfondir le présent travail comme perspective, il serait utile d'activer le précurseur par d'autres méthodes pour augmenter la surface spécifique et de faire une étude comparative avec l'optimisation les conditions opératoires.

Références bibliographiques

- [1] F.iFadila, «Potentiels et perspectives des énergies renouvelables en Algérie »,Cerist , Vol .11 :402 ,2022.
<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/147/11/1/187519>
- [2] N.BOULKEDRA, N. LAKHAL, « Les Photovoltaïques : une Idée, une Réalisation et un Impact Economique en Algérie », El Bechar économique, Vol.711 :1188-1201, August, 2021.
<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticlepdf/196/7/2/161151>
- [3] H..ATTOUI,“ Contribution à la synthèse de nouvelles stratégies de commande des systèmes d'énergie renouvelable“. Thèse de Doctorat Sciences. UNIVERSITE FERHAT ABBAS — SETIF 1 Algérie. 2017.
- [4] H. Yatimi and, E. Aroudam, "Assessment and control of a photovoltaic energy storage system based on the robust sliding mode MPPT controller," Solar Energy, vol. 139: 557–568, Dec. 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.10.038>
- [5] N.R. Aouchiche, « Défauts liés aux systèmes photovoltaïques autonomes et techniques de diagnostic - Etat de l'art »,Des Energies Renouvelables, Vol 21 :247 - 265, 2018.
- [6] N.Boutouchent-Guerfi, N.Drouiche, S.Medjahed, M.Ouldhamou, F.Sahraoui, Disposal of metal fragments released during polycrystalline slicing by multi-wire saw, Crystal Growth, Vol.447: 27-30, 2016.
- [7] N.Boutouchent-Guerfi, M. Boussourdi, A. Lami , M.Ouldhamou, N. Drouiche,“Dry Magnetic Separation on the Recovery of Metal Fragments from Kerf Slurry Waste Produced during the Manufacture of Photovoltaic Solar Cells”, Silicon, 2020.
- [8] H.Araibia, N.Boutouchent-Guerfi, S.Tazibet, Z.Boukhemikhem, Y.Izri, « Identification of the Silica Nanoparticles Appeared in the Slurry Generated during the Sawing Step to Manufacture the Photovoltaic Cells, Silicon,2020.
- [9] A. MÜHLBAUER, V. DIERS, A. WALTHER, J.G. GRABMAIER, « Removal of C/SiC from liquid silicon by directional solidification ». Crystal Growth, Vol.108: 1-2, 41-52, 1991.
- [10] S. NISHIJIMA, Y. IZUMI, S.I. TAKEDA, H. SUEMOTO, A. NAKAHIRA, S.I. HORIE, « Recycling of abrasives from wasted slurry by superconducting magnetic separation »,IEEE Transactions on Applied superconductivity, Vol.13:1596–1599, 2003.DOI: 10.1109/TASC.2003.812800

- [11] J. SHIBATA, N. MURAYAMA, K. NAGAE, « Flotation separation of SiC from wastes in the silicon wafer slicing process », Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol.32:93-98, 2006. DOI : 10.1252/kakoronbunshu.32.93
- [12] L. ZHANG, A. CIFTJA, « Recycling of solar cell silicon scraps through filtration, Part I: Experimental investigation », Solar energy materials and solar cells, Vol.92:1450-1461, 2008. DOI : 10.1016/j.solmat.2008.06.006
- [13] T.Y. WANG, Y.C. LIN, C.Y. TAI, R. SIVAKUMAR, D.K. RAI, C.W. LAN, « A novel approach for recycling of kerf loss silicon from cutting slurry waste for solar cell applications », Journal of crystal growth, Vol.310:3403–3406, 2008.

DOI : 10.1016/j.jcrysgro.2008.04.031
- [14] T. H. TSAI, « Pretreatment of recycling wire saw slurries Iron removal using acid treatment and electrokinetic separation », Separation and Purification Technology, Vol.68:24-29, 2009. DOI : 10.1016/j.seppur.2009.04.004
- [15] D. M. Chapin, C. S. Fuller, G. L. Pearson, "A New Silicon p-n Junction Photocell For Converting Solar Radiation into Electric Power", Appl. Phys, Vol.25: 676 ,1954.
- [16] P. Wolfe, Doctorat these " Solar Photovoltaic Projects in the Mainstream Power Market", Univ: Routledge , En 2013.
- [17] H. Procaccia, thèse Doctorat "L'énergie nucléaire, les énergies fissiles et renouvelables", 2014.
- [19] H. EPIA, Thèse doctorat "Le développement du photovoltaïque dans le monde", En 2012.
- [18] A. GOETZBERGER, C. HEBLING, H.W. SCHOCK, « Photovoltaic materials, history, status and outlook », Materials Science and Engineering , Vol.40:1-46, 2003.
- [19] [G.J.M. PHYLIPSEN, E.A. ALSEMA, « Environmental life-cycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules », Utrecht: Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, 1995.
- [20] S. Power Europe, "Wind Energy and Solar | Installed GW Capacity - Global and by Country", PowerWeb , Vol. 9:21-22 ,2016. <http://www.fipowerweb.com/Renewable-Energy.html>

- [21] Ministère de l'Energie, " Les énergies renouvelables en Algérie", CRGE, Berlin, Février (2016).
- [22] A. STOPPATO, « Life Cycle Assesment of photovoltaic electricity generation », Energy, Vol :33 :224-232, 2008.
- [23] IEA, "Key renewables trends: development of renewables and waste, in the world", International Energy Agency, Except From Renewables Information,2016.
- [24] S. NISHIJIMA, Y. IZUMI, S.I. TAKEDA, H. SUEMOTO, A. NAKAHIRA, S.I. HORIE, « Recycling of abrasives from wasted slurry by superconducting magnetic separation », IEEE Transactions on Applied superconductivity, Vol.13,1596–1599, 2003.
- [25] J. SHIBATA, N. MURAYAMA, K. NAGAE, « Flotation separation of SiC from wastes inthe silicon wafer slicing process », Kagaku KogakuRonbunshu, Vol.32, 93-98, 2006. DOI : 10.1252/kakoronbunshu.32.93
- [26] L. ZHANG, A. CIFTJA, « Recycling of solar cell silicon scraps through filtration, Part I: Experimental investigation », Solar energy materials and solar cells, Vol.92, 1450-1461, 2008. DOI : 10.1016/j.solmat.2008.06.006
- [27] T.Y. WANG, Y.C. LIN, C.Y. TAI, R. SIVAKUMAR, D.K. RAI, C.W. LAN, « A novel approach for recycling of kerf loss silicon from cutting slurry waste forsolar cell applications », crystal growth, Vol.310,3403–3406, 2008. DOI : 10.1016/j.jcrysgro.2008.04.031
- [28] T. H. TSAI, « Pretreatment of recycling wiresawslurriesIron removal using acid treatment and electrokinetic separation », Separation and Purification Technology, Vol.68:24-29, 2009. DOI : 10.1016/j.seppur.2009.04.004
- [29] N.B. GUERFI, N. DROUICHE, S. MEDJAHED, M.O. HAMOU, F. SAHRAOUI, « Disposal of metal fragments released during polycrystalline slicingby multi-wire saw », Crystal Growth, Vol.447: 27–30, 2016. DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2016.04.017
- [30] D. H. FILSINGER, D. B. BOURRIE, « Silica to Silicon: Key Carbothermic Reactions and Kinetics », the American Ceramic Society, Vol.73:1726–1732, 1990. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1990.tb09820.x>
- [31] C. MIQUEL et B. GAIDDON, Mémoire Master « Systèmes photovoltaïques : fabrication et impact environnemental »,Univ : HESPUL, Le 2009.
- [32] G. GILLET, « Séparation magnétique à basse et haute intensité », Techniques de l'Ingénieur, Vol. 3 : 223, 2003.

- [33] A. BRAGA, S. MOREIRA, P. ZAMPIERI, J. BACCHIN, et P. MEI. « New processes for the production of solar-grade polycrystalline silicon: A review », *Solarenergy materials and solar cells*, Vol.92: 418-424, 2008. DOI: 10.1016/j.solmat.2007.10.003
- [34] L. Crossman et J. Baker, "Polysilicon technology", *Semiconductor silicon* 1977, Electrochem. Soc., Pennington, New Jersey, 1977
- [35] G. Nouet, P. Lay, J.L. Chermant. « Le silicium polycristallin Polix : élaboration, propriétés et performances ». *Revue : de Physique Appliquée, Société française de physique*, Vol.22:535-547, 1987. <http://dx.doi.org/10.1051/rphysap:01987002207053500ff10.1051/rphysap:01987002207053500ff>.
- [36] P Wuithier, livre « Raffinage et génie chimique », Édition Technip. Paris, 1972.
- [37] P.Liao, Z.M.Ismael, W.Zhang, S. Yuan, M.Tong, K. Wang, J.Bao, “Adsorption of dyes from aqueous solutions by microwave modified bamboo charcoal”, *Journal: Chemical Engineering*; Vol. 32: 195-196 ,339–346 ,2012.
- [38] G.V Brião, S.L.Jahn, E.L. Foletto, G.L. Dotto, “Highly efficient and reusable mesoporous zeolite synthesized from a biopolymer for cationic dyes adsorption: Colloids and Surfaces “, *Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol556 :43-50 ,2018.
- [39] F.C.Wu, R.L. Tseng, R.S. Juang, “Preparation of highly microporous carbons from fir wood by KOH activation for adsorption of dyes and phenols from water”. *Journal: Separation and Purification Technology* , Volume 47:1- 2,10–19 le 2005
- [40] B.Rani, A.Anees, M.Shahadat ,Mechanism of adsorption on nanomaterials, *Adv environ analysi*, Vol.90:111, 2017.
- [41] M.O.Bello ,N.Abdus-Salam , F.A.Adekola , U.Pal, Isotherm and kinetic studies of adsorption of methylene blue using activated carbon from ackee apple pods, *Chemical Data Collections*, Vol 67:45, 2020.
- [42] C.E. Chitour, *Physico-chimie des surfaces*, Volume 2, Les interfaces gaz-solide et liquide-solide, Édition O.P.U. Alger. (1992). <https://www.univ-soukahrass.dz/eprints/2013-966-0a053.pdf>
- [43] E. Koller, livre :Aide-mémoire Génie chimique, 2 ème Edition DUNOD :364-366.. Avril .2005 ; <https://www.univ-soukahrass.dz/eprints/2013-966-0a053.pdf>

- [44] G.D. Halsey, "The role of surface heterogeneity", Journal:Advances Catalysis,Vol.4 :259- 269 ,1952. <https://www.univ-soukahras.dz/eprints/2013-966-0a053.pdf>
- [45] GUERRADI Ismahane. HECHACHNA Aicha, L'utilisation industrielle du charbon actif, Magister Université Amar Thladji de Laghouat Algérie ,2013
- [46] H. Paqueton, J. Ruste, « Microscopie électronique à balayage - Principe et équipement », Techniques de l'ingénieur,Vol.39 :865, 2006.
- [47] C. J. G. PLUMMER. « Caractérisation des polymères par microscopie électronique ». Techniques de l'Ingénieur, Vol.121 :3282, 2001.
- [48] A. MÜHLBAUER, V. DIERS, A. WALTHER, J.G. GRABMAIER, « Removal of C/SiC from liquid silicon by directional solidification ». Journal of Crystal Growth, Vol.108:1-2, 41-52, 1991. DOI: 10.1109/TASC.2003.812800
- [49] T.Y. Wang, Y.C. Lin, C.Y. Tai, R. Sivakumar, D.K. Rai, C.W. Lan, A novel approach for recycling of kerf loss silicon from cutting slurry waste for solar cell applications, Crystal Growth,Vol.56:3403–3406 ,2008. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2012.694215>
- [50] A.Bhatnagar, W.Hogland, M.Marques, M.Sillanpää, "The modification methods of activated carbon for its water treatment applications", Chemical engineering, vol.219: 499-511, 2013.
- [51] A. Lambiotte, "Process of continuous carbonation of cellulosic materials".US Patent ,vol.2: 289- 917, 1942.
- [52] H. Von Blucher, D. Ruiter De, "Process for producing granulated activated carbon", US patent ,vol.16:977 , 1999.
- [53] H. Teng, K. Wang, "S-C Preparation of porous carbons from phenolformaldehyde resins with chemical and physical activation". Carbon ,Vol.38:817-824, 2000.
- [54] M.Whittaker, L.I.Grindstaff, "Production of activated carbon from rubber and a carbonaceous binder".,US Patent ,Vol.3: 822- 218, 1974.
- [55] C.L. Teng, F.S. Wang, "Intermittent contiguous method for recovering refined activated carbon from waste tires and the like and the device therefor", US Patent , Vol.5: 976, 484, 1999.
- [56] N.R. Khalili, H. Arastoopour, L.K. Walhof, "Synthesizing carbon from sludge", US Patent ,Vol.30: 922, 2000.
- [57] A. Nanane, A. Mekarzia, K. Benrachedi, N. Belhaneche-Bensemra, A. Hellal.

- “Dermination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffee grounds chemical activation with ZnCl_2 and H_3PO_4 ”. Hazardous Mterials, Vol.119 :189- 194, 2005
- [58] B. Laila ,M.Khalil,” Adsorption “,Journal:Science and Technol, Vol.9 :17, 1999.
- [59] J.Laine, A. Calafat, “Factors affecting the preparation of activated carbons from coconut shells catalyzed by potassium”. Carbon,Vol.29 : 949-953, 1991.
- [60] H.M. Mozammel, O.Marsahiro,” Activated charcoal from coconut shell using ZnCl_2 activation”, Biomass and Bioenergy ,Vol.22: 397-400, 2002 .
- [61] F.J. Rodriguez,Z.Reinoso, K.Molina,E.Sabio, “ Activated carbons from lignocellulosic materials by chemical and/or physical activation: An overview”. Carbon ,Vol.30: 1111-1118 ,1992.
- [62] M.Ahmadena, W.E. Marshall, R.M. Rao, “Granular Activated Carbons From Agricultural By-Products Preparation Properties and Application in Cane Sugar Refining”, Ag Center Bulletin ,Vol.102:809, 2001.
- [63] R.Shawabkeh, D.A.Rackstraw, R.K. Bhada,” Activated Carbon feedstock”, US Patent ,Vol. 6: 225-256,2001.
- [64] K .i Kia Mayeko, M.Wamuanda, Nokivesituluta, M. eyul’anki, N.Panzi, P. Punzi, K.Badibanga, « adsorption du bleu de méthylène en solution aqueuse sur charbon actif obtenu à partir des sciures végétales : préparation et caractérisation du charbon actif », Congolaise des Science Nucléaire, Vol.20 : 216-223, 2004.
- [65] K.Paul , « société chimique de France : le charbon actif », l’actualité chimique, Vol.396 : page 63 ,2015.
chromeextension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2015-396-mai-p63-poisson-hd.pdf
- [66] V. **Jeanne-Rose** , « Les charbons actifs pour le traitement des eaux usées » Journal :Presses universitaires de Franche-Comté, Open Edition Books, Chapitre VIII, 241-273,2017 .
- [67] L’Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) », Entreposage du coke de pétrole : l’AQLPA s’inquiète des conséquences pour la santé, *Saint-Léon-de-Standon*, Vol.7 :45,2014 .

Annexes

DEMANDE DE VERIFICATION

Pour ECHANGEUR

I. ETAT DESCRIPTIF

Constructeur: NIIGATA ENGINEERING CO., LTD.
 N° code Client: 5800 Num du Client: SONATRACH
 Construit pour: UNITE REFORMING CATALYTIQUE
 Lieu d'installation de l'appareil: RAFFINERIE D'ARZEW
 Nom de l'appareil: ECHANGEUR D'ALIMENTATION COMBINEE HYDROGEN (12-ILA)
 N° de fabrication: 9B-7073 Année de fabrication: NOV.-1970
 Pression maxi. de service: côté de calandre 28.5 kg/cm² (28.0 lps)
 côté de tube 25.0 kg/cm² (24.5 lps)
 Pression de calcul: côté de calandre 28.5 kg/cm² (28.0 lps)
 côté de tube 25.0 kg/cm² (24.5 lps)
 Température de calcul: côté de calandre 280 °C
 côté de tube 205 °C
 Pression d'épreuve: côté de calandre 43.0 kg/cm² (42.1 lps)
 côté de tube 37.5 kg/cm² (36.8 lps)
 Fluides en circulation: côté de calandre: NAPHTA ET HYDROGENE
 côté de tube: NAPHTA ET HYDROGENE

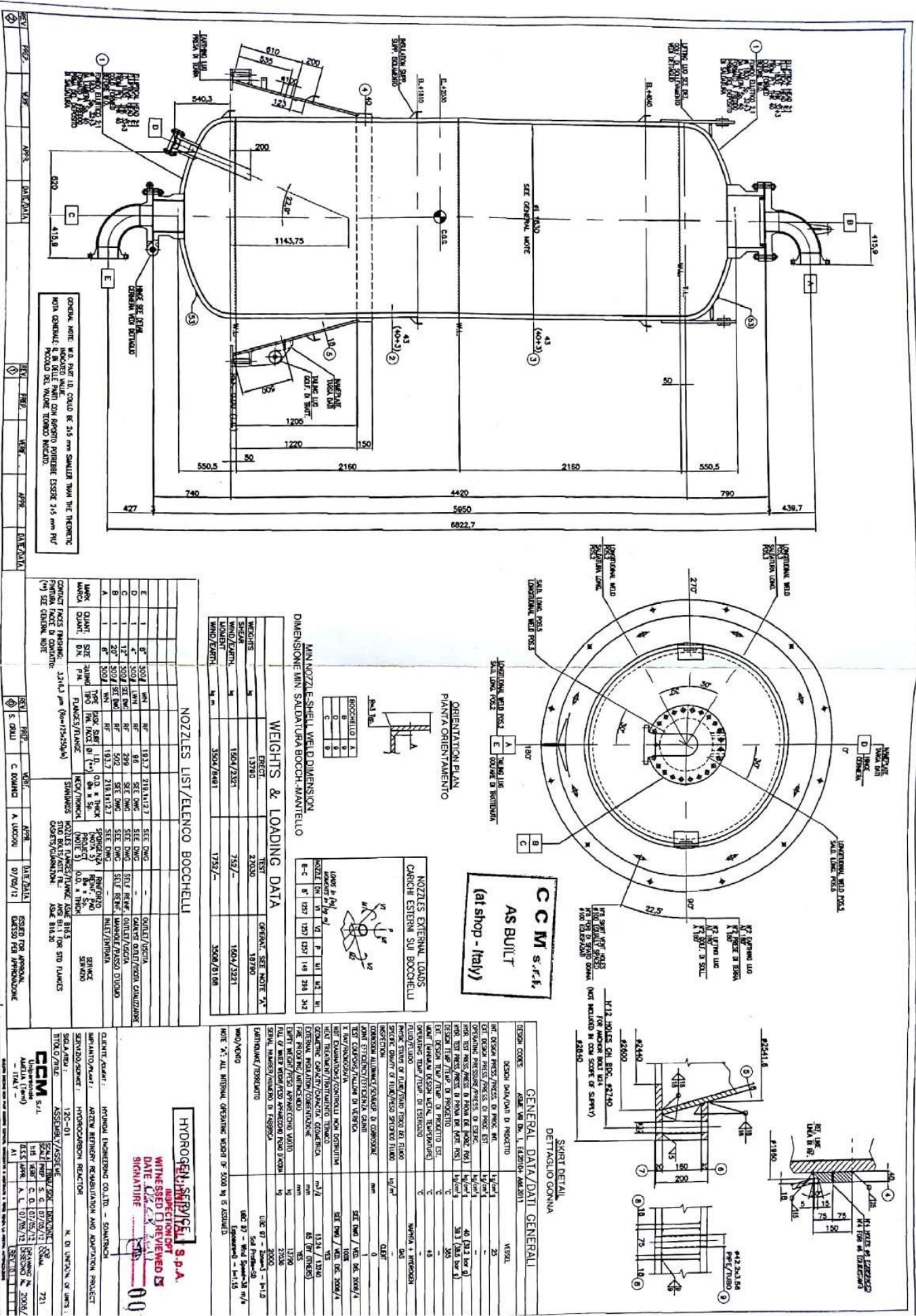
II. CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

Longueur: approx. 7848 mm Diamètre: 700 mm
 Surface du tube: 165 M² Nombre de tubes: 236
 Diamètre: 19.0 mm Longueur: 6000 mm
 Forme: U Caractéristiques des fonds: 2:1 ELLIP.
 Matériel
 Calandre: JIS G 3103 SB42-SH Fond: JIS G 3103 SB42-SH (CÔTÉ DE CALANDRE)
 CANAL: ASTM A-387 Gr.B (CÔTÉ DE CANAL)
 Plaque tubulaire: JIS G 4304 SUS51 Tube: JIS G 3463 SUS316
 Epaisseur
 Calandre: 16.0 mm Fond: 16 mm (maxi 14.5 mm) (CÔTÉ DE CALANDRE)
 CANAL: 14.0 mm 14 mm (CÔTÉ DE CANAL)
 Tube: 2.0 mm Plaque tubulaire: 60.0 mm

III. MODE D'ASSEMBLAGE ET EXECUTION

Soudage
 CALANDRE: LE-47 Automatique US-36 Sous-flux G80 } FAISEUR, KOBEL STEEL LTD.
 Arc manuel US-511
 CANAL: CMB-96
 Coefficient de soudure: 0: 8/10, T: 9/10
 Exécution (code): ~~TYPE SECTION VIII~~ Régl. de GAZ, SACT, ASME
 Radiographie: Stabilisation: côté de calandre OUI
 CÔTÉ DE CALANDRE: PARTIELLE côté de tube: OUI
 CÔTÉ DE CANAL: TOTALE
 Budgetage en soudage de tube: BUDGETAGE FAIT A YOKOHAMA JAPON 5-SEPT-1970
 Détails encastrés plans N°: 5800-12-EC102
 Plan d'ensemble N°: 5800-12-EC101

A. Inada
 AKIRA. INADA
 CHIEF OF INSPECTION SECTION



REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

REV.	DATE	BY	CHK.	APP.	DAI/DAIA
01	07/09/12	DAI/DAIA			

GENERAL NOTE: W.D. PART 10, COULD BE 215 mm SMALLER THAN THE THEORETICAL
WITH GENERAL 10 mm, FOR AVOID PROBLEMS ESSECE 215 mm MIN
PROVIDE THE WIDER TOWARD INSIDE.

Scanned by CamScanner



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي
مركز البحث في تكنولوجيا نصف النواقل للطاقة

JOURNÉES
PORTES OUVERTES
28 - 29 JUIN

CONTRIBUTION DU CRTSE A LA
SÉCURITÉ ET LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE EN ALGÉRIE

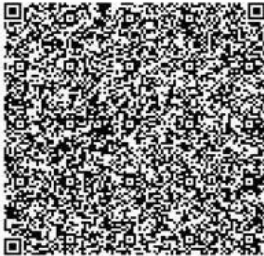
2022 8h00-16h00

Célébration du 60ème anniversaire de l'indépendance de l'Algérie

Et du 10ème anniversaire de la création du CRTSE.



مركز البحث في تكنولوجيا نصف النواقل للطاقة
يشارككم الاحتفال بالذكرى الستين لإستقلال
الجزائر، والذكرى العاشرة لتأسيس المركز.



Thèmes



www.crtse.dz



Coordonnées GPS



WWW.CRTSE.DZ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي
Directorate General for Scientific Research and Technological Development

Research Center on Semiconductors
Technology for Energetic

02, Bd. Frantz FANON - Algiers
Box : 140 les 7 merveilles, Algiers - 16038
Phone & Fax.: +213 (0)21 43 31 02 / +213 (0)21 43 35 11
Home page : www.crtse.dz



مركز البحث في تكنولوجيا نصف النواقل للطاقة

02 نهج فرانتز فانون ، الجزائر

ص ب 140 العجايب السبع - الجزائر - 16038

هاتف و فاكس : +213 (0)21 43 31 02 / +213 (0)21 43 35 11

Célébration du 60^e anniversaire de l'Indépendance de l'Algérie

&

10^e anniversaire de la création du CRTSE

EXPOSE DES MOTIFS

Organisation des journées portes ouvertes

**'Contribution du CRTSE à la sécurité et la transition Energétique
En Algérie'**

03 & 04 juillet 2022



JPO-CRTSE'22

Dans le contexte actuel de la politique de transition énergétique tracée par notre gouvernement, le Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE) se place au cœur de cette dynamique. Doté de potentiels remarquables, un vivier de compétences pluridisciplinaires et un savoir-faire avéré en technologie des semi-conducteurs et de l'environnement, le centre contribue dans le développement de nouvelles énergies alternatives.

Au regard des résultats de développement technologique prometteurs obtenus par ses équipes de recherche, le CRTSE et dans le cadre de la célébration du 60^e anniversaire de l'Indépendance de l'Algérie 1962 – 2022 et du 10^e anniversaire de la création du CRTSE 2012 – 2022, organise des manifestations scientifiques sous forme de journées d'études et portes ouvertes.

Ces journées permettent au Centre d'avoir plus de visibilité sur ses missions, les objectifs visés, les moyens mobilisés, les résultats obtenus et produits réalisés. Ce sera ainsi un espace de rencontre et d'échange entre chercheurs, étudiants, technologues d'une part et économistes, industriels, experts en politiques énergétiques d'autre part. Ces dernières œuvreront à éclairer les choix technologiques dans la perspective du développement des différentes filières à l'échelle nationale.

Les recommandations qui émaneront de cette manifestation serviront à dégager des voies de collaboration avec divers partenaires du secteur économique.

*Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique
02 Bd Frantz Fanon, B.P. 140 Alger 7 merveilles, 16038 Alger*