



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم

Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم هندسة الطرائق



Department of Process Engineering

N° d'ordre : M2...../GC&GPE/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique & génie de l'environnement

Thème

Etude de performance d'un charbon actif d'origine végétale par

Deux caractéristiques : indice d'iode et indice bleu de méthylène

Présenté par

1- Boualiane Sabrina

2- Bouabdelli Imen

Soutenu le 11/07/ 2021 devant le jury composé de :

Président :	A.KHELIFA	Professeur	université de Mostaganem
Examineur :	M.C.TERKHI	M.C.A	université de Mostaganem
Examinatrice :	A.DRIOUCH	M.C.A	université de Mostaganem
Examinatrice :	N.HADDOU	M.C.B	université de Mostaganem
Encadrante :	Z.MEKIBES	M.A.A	université de Mostaganem

Année universitaire 2020/2021

REMERCIEMENTS

Avant tous je remercie ALLAH Tout Puissant de m'avoir donné le courage et La patience pour accomplir cet humble travail, fruit de mes années de dur labeur.

Cette étude a été réalisée dans le Laboratoire de structure élaboration et application des matériaux moléculaire de l'Université Abdelhamid iBen Badis à Mostaganem.

*Bien évidemment nos premiers remerciements vont à **Dr.MKIBES. Z** pour nous avoir dirigé durant notre stage pour la réalisation de notre mémoire, nous la remercions pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

*Nos sincères remerciements à Monsieur **PR. KHÉLIFA.A** pour Avoir accepté d'être le président de cette soutenance.*

*Un très grand merci à Monsieur **DR.MC.TERKHI** pour avoir accepter d'examiner ce travail en un temps limité.*

*Nous remercions également grandement **MADAME DR.DRIOUCH.A**, pour avoir manifesté dans ce mémoire d'en être examinateur.*

*Un grand merci à **MADAME DR.HADDOU.N** pour avoir contribuer à examiner ce travail*

Nous exprimons également nos gratitude à tous les professeurs et enseignants Sans oublier de remercier les personnels des laboratoires de génie des procédés pour leurs efforts qu'ils ont fournis

depuis la première année d'étude jusqu'à la fin de cycle Universitaire.



Je dédie ce travail à :

Mon cher père.

Que dieu bénisse son âme qui surveillait mon confort et mon bonheur.

Ma très chère mère.

La lumière qui me montre le chemin quand je me sens perdue.

Mes sœurs et Mes chers frères

Mon soutien moral et le secret de mon sourire, qui étaient toujours présents pour moi.

A Mon amie et binôme de travail SABRINA.

A Tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin.

*« Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur
Elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries».*

Imen.



Je dédie ce travail à :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de Bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, La flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur maman que j'adore.

A ma chère sœur Meriem et son mari qui n'ont pas Cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes Études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon adorable petite sœur Bouchra qui sait toujours comment Procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant, Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme Imen pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Sabrina.

Sommaire

Introduction Générale	01
Chapitre I : Etude Bibliographique	
I.1. Généralités sur les charbons actifs	03
I.2. Composition.....	03
I.3.Préparation	03
I.3.1.Les matières premières	04
I.4.Transformation d'un matériau en charbon actif.....	04
I.4.1.La pyrolyse.....	04
I.5.L'activation de charbon actif... ..	04
I.5.1.Activation physique... ..	05
I.5.2.Activation chimique	05
I.6.Utilisations de charbon actif.....	05
I.6.1.Médecine	05
I.6.2.Agroalimentaire.....	06
I.6.3.Industrie chimique.....	06
I.6.4.L'environnement	06
I.6_Conclusion de l'étude bibliographique	07
Chapitre II : Partie Expérimentale	
II.L'objectif	08
II.2.Caractérisation du charbon actif	08
II.1.Indice d'iode	08
II.2.1.1. Préparation des solutions.....	08
II.2.1.2.Détermination de l'indice d'iode.....	08
II.2.1. Bleu de méthylène	18
II.2.1.1.Généralités.....	18
II.2.2.2.Indice de bleu de méthylène.....	18
II.2.2.3.Préparation des solutions	19
Conclusion générale	29
Références bibliographiques	

Listes des tableaux

Tableau.II.1 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 1h	09
Tableau.II.2 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 1h 30	10
Tableau.II.3 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 2h	11
Tableau.II.4 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapport fixe R1/1.....	12
Tableau.II.5 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapport fixe R1/2	13
Tableau.II.6 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapport fixe R1/3	14
Tableau.II.7 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 500C°..	15
Tableau.II.8 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 600C°..	16
Tableau.II.9 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 700C°..	17
Tableau.II.10 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 1h	20
Tableau.II.11 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 1h 30	21
Tableau.II.12 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 2h	22
Tableau.II.13 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/1.....	23
Tableau.II.14 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/2.....	24
Tableau.II.15 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/3.....	25
Tableau.II.16 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 500 °C.....	26
Tableau.II.17 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 600 °C..	27
Tableau.II.18 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 700 °C.....	28

Listes des figures

Figure.II.1 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 1h	10
Figure.II.2 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 1h30	11
Figure.II.3 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports, temps fixe 2h	12
Figure.II.4 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapports fixe R1/1	13
Figure.II.5 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapport fixe R1/2	14
Figure.II.6 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes temps, rapport fixe R1/3.....	15
Figure.II.7 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 500 °C...16	
Figure.II.8 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 600 °C...17	
Figure.II.9 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapport, température fixe 700 °C...18	
Figure.II.10 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 1h	20
Figure.II.11 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 1h 30	21
Figure.II.12 : Indice bleu de méthylène différent rapport, temps fixe 2h	22
Figure.II.13 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/1	23
Figure.II.14 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/2	24
Figure.II.15 : Indice bleu de méthylènes différents temps, rapport fixe R1/3	25
Figure.II.16 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 500 °C..	26
Figure.II.17 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 600 °C.....	27
Figure.II.18 : Indice bleu de méthylène différentes rapport, température fixe 700 °C.....	28

Introducción general

Introduction générale

Les propriétés physico-chimiques de l'eau sont certainement une des principales conditions qui ont permis la naissance de la vie il y a des milliards d'années mais, à cause de son utilisation irrationnelle par l'homme, elle subit de graves agressions avec la dégradation de ses qualités, entamant ainsi son rôle de garante de la vie, ses qualités, nécessaire à une utilisation saine par la nature et l'humanité, est en grand péril [1]. Parmi les nombreux dangers concernant l'eau, la pollution par les activités industrielles et agricoles constitue un sujet de préoccupation majeur de nos sociétés et, de ce fait, un vaste sujet d'études pour réduire cette pollution à la source si possible, dans les effluents si nécessaire avec des traitements curatifs appropriés [1,2].

Le génie des procédés, très concerné par la réduction des effets de l'industrie sur l'environnement, s'est depuis longtemps saisi de cette problématique. [1]

L'homme lui-même est le producteur de ces déchets et instigateur de ce grand déséquilibre. Ce fait doit donc stimuler et encourager l'amélioration des techniques de dépollution et le développement de nouveaux procédés. Permettant de satisfaire et de se conformer aux normes internationales de plus en plus restrictives. Les chercheurs scientifiques de différentes disciplines (chimie, géologie, agronomie, physiologie végétale, médecine,...) s'intéressent de plus en plus à l'identification et à l'élimination des éléments polluants impliqués directement dans l'apparition de déséquilibres au niveau des écosystèmes [3].

La prévention de la pollution repose sur les aspects suivants :

- aspect réglementaire qui consiste à fixer des normes.
- aspect scientifique et technologique qui correspond à l'amélioration des procédés de dépollution [3].

Le charbon actif comme matériau poreux, est couramment utilisé depuis des siècles, dans de nombreuses applications domestiques et industrielles. Les charbons actifs à pouvoir adsorbant très élevé, ont une place privilégiée dans la purification de l'air, la dépollution des effluents domestiques et industriels, la purification et la décoloration des produits agro-alimentaires. [4].

Dans ce contexte environnemental de plus en plus contraignant marqué par la production et la diversification des déchets, la réduction des rejets de polluants d'eaux usées dans la nature à travers la valorisation des matériaux plus respectueux de l'environnement est une actualité. Parmi les différentes technologies existantes (l'adsorption), l'adsorption sur charbon actif est

INTRODUCTION GENERALE

particulièrement intéressante du fait de son efficacité constatée, de sa simplicité de mise en œuvre, alternative simple, sélective et économiquement acceptable pour le traitement de la pollution des eaux usées. [5].

Les déchets qu'ils sont introduits dans la fabrication des charbons actifs sont d'origine organique, végétale ou minérale tels que : le bois, la tourbe, la noix de coco, les noyaux de dattes...) . La préparation de charbons actifs à partir de ces déchets végétaux est pourtant très intéressante du point de vue économique, car nous profitons à partir de transformations simples, à une application directe de ces matériaux de départ. [6]

L'objectif de cette étude est de valoriser un déchet végétal existant sur le territoire national en vue de l'élimination des polluants organique et inorganique.

Ce mémoire est comprend deux parties :

- Une partie bibliographique qui traitera en premier lieu des informations sur les charbons actifs, leurs modes de fabrication et leurs compositions et les différentes utilisations.
- Une partie expérimentale, dans laquelle on étudie la caractérisation de charbons actifs activés on déterminant deux paramètres l'indice d'iode et l'indice du bleu de méthylène et une étude comparative entre les différentes valeurs des résultats obtenus des charbons élaborés.

Ce travail est clôturé par une conclusion générale qui résume les résultats de notre travail

Chapitre I : Etude bibliographique

I.1.Définition et généralités

Le charbon actif également appelé charbon activé est un matériau noir principalement sous forme granulaire ou pulvérulente composé essentiellement de matière carbonée à structure poreuse. De part cette porosité, la surface développée par le charbon actif est énorme, un gramme de charbon actif présente une surface interne pouvant atteindre plus de $1500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ et cette caractéristique unique est responsable de ses propriétés d'adsorption. [8].

Au début du 20ème siècle les méthodes de fabrication s'améliorent et certains procédés sont mis au point pour augmenter les performances de ces matériaux. Cette révolution ayant comme point de départ, il y a deux méthodes de base de la production de charbon actif à savoir l'activation chimique et l'activation physique les premiers produits commerciaux ont été fabriqués en 1909 à partir de bois sous le nom d'Eponite et en 1911 à partir de tourbe [8].

I.2.Composition

La composition chimique du charbon actif dépend de la nature de la matière première initiale ainsi que des traitements qu'elle peut subir (activation). Il peut renfermer en dehors du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote ou du phosphore. Le charbon actif est le terme générique employé pour décrire une famille des adsorbants carbonés avec une forme fortement cristalline [9].

Le charbon actif est un matériau solide, sans goût. Il est un adsorbant à très large spectre, la plupart des molécules organiques se fixent à sa surface, les plus mal fixées étant les molécules les plus courtes, c'est à dire celles qui contiennent moins de trois atomes de carbone (exemples : alcool simple, premier acide organique et les substances moins polaires).

Il contient un nombre considérable de cavités ou pores ce qui lui confère une surface de contact considérable comprise entre 700 et 2000 m^2/g . Le charbon actif se distingue du carbone élémentaire par l'élimination de toutes les impuretés non carbonées et l'oxydation de sa surface.[10]

I.3.Préparation

De nos jours, les innovations dans la fabrication et l'utilisation du charbon actif sont conduites par la nécessité de réutiliser des ressources naturelles et d'empêcher la pollution environnementale. La qualité du charbon actif est considérablement influencée par le précurseur de départ et les différents traitements effectués. [10]

I.3.1. Les Matières premières

Le charbon est un matériau peu coûteux, il peut être fabriqué à partir de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matière inorganique. Il est obtenu par pyrolyse de différents composés organiques : bois, coques de fruits (noix de coco), noyaux de fruits, bambous, charbon, lignite, tourbe et résidus pétroliers. Depuis quelques années, de nombreuses études ont pour objectif la fabrication de charbon actif à partir de déchets : on peut citer, par exemple l'utilisation des résidus de la fabrication du café. L'utilisation de sous-produits industriels s'inscrit dans une démarche de développement durable et de valorisation des déchets. Les matières premières sont transformées en charbon actif au moyen de deux étapes : la carbonisation et l'activation. [8,9].

I.4. Transformation d'un matériau végétal en charbon actif

I.4.1. La pyrolyse

C'est un processus dans lequel un échantillon est soumis à des températures élevées sous atmosphère inerte, sert à dégager l'humidité et les matières volatiles telles que le monoxyde de carbone, l'hydrogène, le méthane et d'autres hydrocarbures, dont le résultat est un résidu solide à haute teneur en carbone, avec une microporosité rudimentaire qui pourra ensuite être développée dans le processus d'activation. Les principaux paramètres déterminant la qualité, les propriétés et le rendement de la pyrolyse sont :

- La vitesse du chauffage du four (°C/min).
- La température finale de pyrolyse (°C).
- Le temps de résidence dans le four (h ou min).
- La nature du matériau de départ. [1.10, 11]

I.5. L'Activation des charbons actifs

Les charbons actifs sont produits à partir de deux méthodes d'élaboration différentes :
L'activation physique (deux traitements thermiques successifs : la carbonisation et l'activation) et l'activation chimique (un seul traitement thermique suivi de la mise en contact avec un agent activant). [11].

I.5.1.L'activation physique

I.5.1.1.La carbonisation de la matière première

Elle permet l'élimination des atomes autres que le carbone (N, H, O, S) contenus dans la matière première pour donner un matériau carboné avec une structure poreuse rudimentaire appelée carbonisât. Cette étape du procédé est réalisée dans une atmosphère inerte à des températures inférieures à 1 000 °C (comprises entre 600 °C et 900 °C en fonction de la matière première). Elle fournit des matériaux ayant une structure poreuse limitée (surface spécifique comprise entre 10 m². g⁻¹ et 100 m². g⁻¹), qui est ensuite développée durant le processus d'activation.[8,9.12].

I.5.1.2.L'activation physique

Est une oxydation ménagée du carbonisât réalisée à haute température (entre 700 °C et 1 000°C) par un gaz oxydant pendant un temps donné en fonction de la porosité désirée. Les réactifs gazeux principalement utilisés sont l'air, la vapeur d'eau ainsi que le dioxyde de carbone. Généralement, les charbons actifs produits par cette activation physique présentent une structure poreuse fine. [10].

I.5.2.L'activation chimique

Contrairement à l'activation physique, l'activation chimique est classiquement réalisée simultanément avec l'étape de carbonisation. Dans un premier temps, il s'agit de mettre en contact l'agent activant et la matière première, les agents oxydants les plus utilisés sont l'acide phosphorique (H₃PO₄), la potasse (KOH) et le chlorure de zinc (ZnCl₂). [5,10]. Le charbon actif est ensuite lavé (par exemple à l'acide nitrique HNO₃) puis rincé à l'eau distillée Jusqu'à l'obtention d'un filtrat neutre.

I.6.Utilisations du charbon actif

Les domaines d'application des charbons actifs sont nombreux et variés :

I.5.1.Médecine

- ✓ Chélateur dans un grand nombre d'intoxications,
- ✓ Epuration digestive et abaissement du taux de cholestérol total et en particulier du taux des LDL.
- ✓ Anti-diarrhéique dans les cas des diarrhées.

- ✓ Aigreurs d'estomac, aérophagies, flatulences.
- ✓ Dans les cas de gastro-entérites, de gastralgies et dans les états d'infection de l'intestin accompagnés de constipation.

I.5.2. Agroalimentaire

- ✓ Décoloration des eaux et autres liquides alimentaires tels que les boissons gazeuses.
- ✓ Décoloration des édulcorants (glucose, saccharose), des acides organiques issus de procédés fermentaires, des acides aminés et des vitamines.
- ✓ Purification des huiles végétales et animales,
- ✓ Abattement de toxines dans les jus de fruits.
- ✓ Détachage des vins blancs, comme le Champagne produit à partir de raisin noir.
- ✓ Décoloration du sucre. [4].

I.5.3. Industrie chimique

- Stockage de l'hydrogène (nano-fibres de charbon actif ou de dérivés du charbon),
- Support pour métaux catalytiques ultra divisés (platine ou nickel sur charbon actif),
- Elimination des hydrocarbures dans l'eau,
- Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif),
- Balais (frotteurs) dans les générateurs et moteurs (utilisation de plus en plus rare), [12].

I.5.4. L'environnement

➤ *Traitement des eaux*

On utilise le charbon actif pour traiter les eaux potables, les eaux usées, les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de piscine, etc... Selon les types d'eaux à traiter, le charbon actif est employé principalement de deux façons :

-En suspension, dans le cas du charbon actif en poudre.

-Comme lit filtrant, dans le cas du charbon actif en grains.

➤ *Traitement de l'air*

Aujourd'hui, la réglementation environnementale devient de plus en plus stricte sur la qualité de l'air émis par les industries. Elles utilisent donc le charbon actif pour récupérer les solvants et les hydrocarbures volatils dans l'air. Le charbon actif est également utilisé pour la désodorisation de l'air. L'utilisation du charbon actif à base de noix de coco est assez répandue pour la purification de l'air. [4,12].

I.6. Conclusion de l'étude bibliographique

L'étude bibliographique nous a permis d'appréhender plus clairement l'état de notre sujet.

Dans cette partie bibliographique plusieurs études similaires sont menées non seulement sur les caractérisations de charbon actif par l'indice d'iode et l'indice de bleu de méthylène.

Les charbons actifs semblent être une alternative pour éliminer efficacement les polluants et purifier les effluents, d'après les résultats révélés ci-dessus. En s'inspirant des méthodes utilisées et des résultats obtenus de la littérature, le chapitre suivant sera axé sur la partie expérimentale et les méthodes pour la conduite de notre étude.

Chapitre II : Partie Expérimentale

II.1.L'objectif

Les expériences ont été faites sur des échantillons déjà préparés au préalable au laboratoire le but de notre travail est de discuter l'influence de trois paramètres qui sont le temps de séjour dans le four, le rapport d'imprégnation, et la température d'activation sur les performances des charbons actifs préparés.

II.2.Caractérisation du charbon actif

II.2.1.Indice d'iode

Un indicateur relatif de la microporosité d'un charbon actif. C'est le nombre de milligrammes d'iode adsorbé par gramme d'adsorbant à une concentration connue. La détermination des indices d'iode présente un double objectif : elle joue un rôle de l'activation du diamètre des pores, d'autre part c'est un test de contrôle de l'efficacité des charbons actifs obtenus dans les applications en phase aqueuse.

II.2.1.1.Préparation des solutions

Pour préparer une solution d'iode de concentration 0.1N, on pèse 16.6 g d'iodure de potassium cristallisé KI et on le dissout dans une quantité d'eau. Après on pèse aussi 12.69 g d'iode I₂ et rajouter à la solution précédente grain par grain à l'aide d'un entonnoir, On suite on laisse agité 24 heures. Après l'agitation, l'iode se dissout, on complète avec l'eau distillé jusqu'au trait de jauge (1L). Pour préparer la solution de thiosulfate de sodium de concentration 0.1N, on pèse 24.817g de Na₂S₂O₃ · 5H₂O et introduit dans une fiole jaugée. On ajoute l'eau distillé jusqu'à la dissolution du sel. On complète au trait de jauge. Pour préparer la solution d'acide Chlorhydrique HCL de la concentration de 37 %. Prélever à l'aide d'une pipette le volume 13.5ml de solution commerciale et introduire dans une fiole jaugée de 1000 ml. Compléter avec de l'eau distillée à l'aide de la pissette jusqu'au trait de jauge.

II.2.1.2.Détermination de l'indice d'iode

On Pèse 0.2 g de plusieurs échantillons de charbon actifs et on les met dans une étuve pendant 3h à 150 °C, A la sortie des échantillons on laisse refroidir dans un déshumidificateur. On Prend un des charbons actifs et introduire dans un Becher, ajouter 10 ml HCL qu'on a préparé déjà, porter à ébullition pendant 30 secondes et laisse refroidir à côté. D'autre côté on introduit 100 mL de la solution d'iode dans une éprouvette graduée. On mélange avec la solution précédente

et on agite pendant 30 secondes rigoureusement, on filtre, ensuite écarter 20 mL du filtrat et récupérer 50 mL dans un Becher. On met le thiosulfate dans la burette et commencer le titrage jusqu'à ce que la solution devienne jaune.

Ajouter Deux gouttes d'amidon Jusqu'à la disparition de la couleur (transparente) On note le volume V_{eq} . Refaire l'expérience avec les autres charbons actifs.

L'indice d'iode peut être calculé par la formule suivante :

$$\text{Indice d'iode (mg/g)} = [(V_2 - V_{eq}) * N * 126.93] / m$$

m : la masse de l'adsorbant charbon actif (0.2g).

N : normalité de thiosulfate (0.1N).

126.9 : la masse atomique d'iode.

V_{eq} : le volume de thiosulfate après l'adsorption (ml).

II.2.2. Résultats d'indice d'iode en fonction de temps de séjour

a) Température 500,600 et 700 °C ; Temps fixe 1heure

Tableau, II.1 : valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/ g)	760.14	852.63	1076.86	671.46	519.42	2001.70	406.08	603.17	760.14

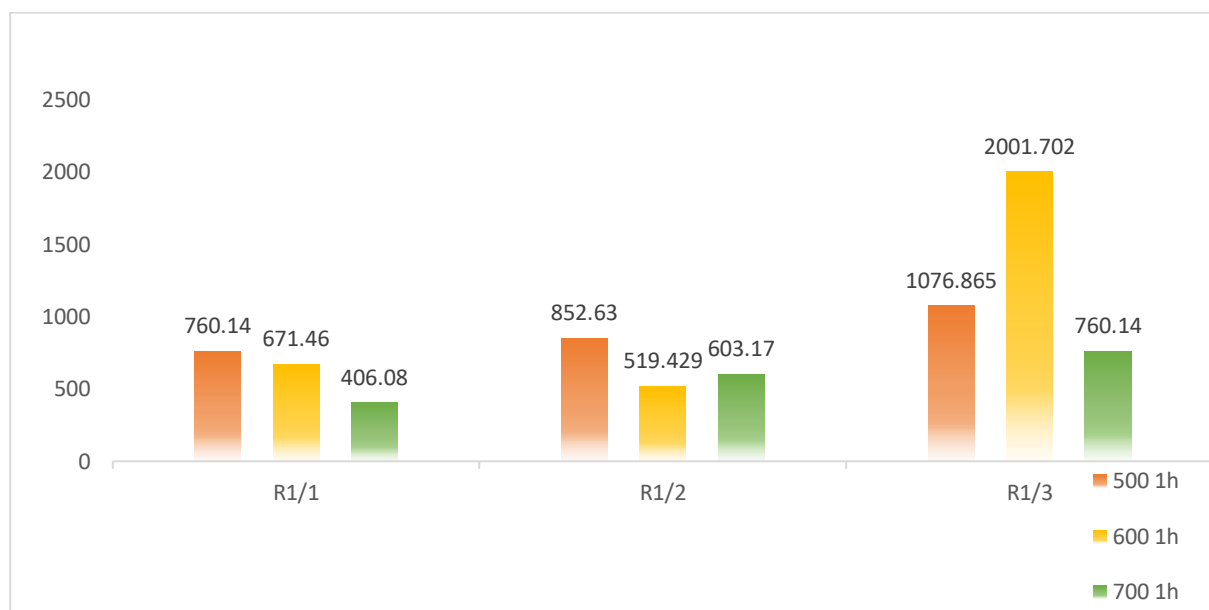


Figure. II.1 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports

D'après les résultats obtenus, nous remarquons entre les trois activations de R1/1 une nette amélioration d'indice d'iode dans charbon 500 °C jusqu'au maximum (**760.14 mg/g**). D'autre part la valeur de l'indice dans le R1/2 est instable dans lequel il était **852.63 mg/g**. ensuite, il a pris la valeur de **519.429 mg/g**. après il a subit une ascension de **603.17 mg/g**. Et pour le 3eme rapport 1/3 une augmentation dans le charbon 600 °C (**2001.702 mg/g**).

On comparation des trois rapports tester nous constatons que la valeur de 600 °C 1h R1/3 est la plus grande.

b) Température 500,600 et 700 °C ; Temps fixe 1h30

Tableau.II.2 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	760,14	779.14	781.78	608.11	462.41	696.79	633.45	775.78	791.81

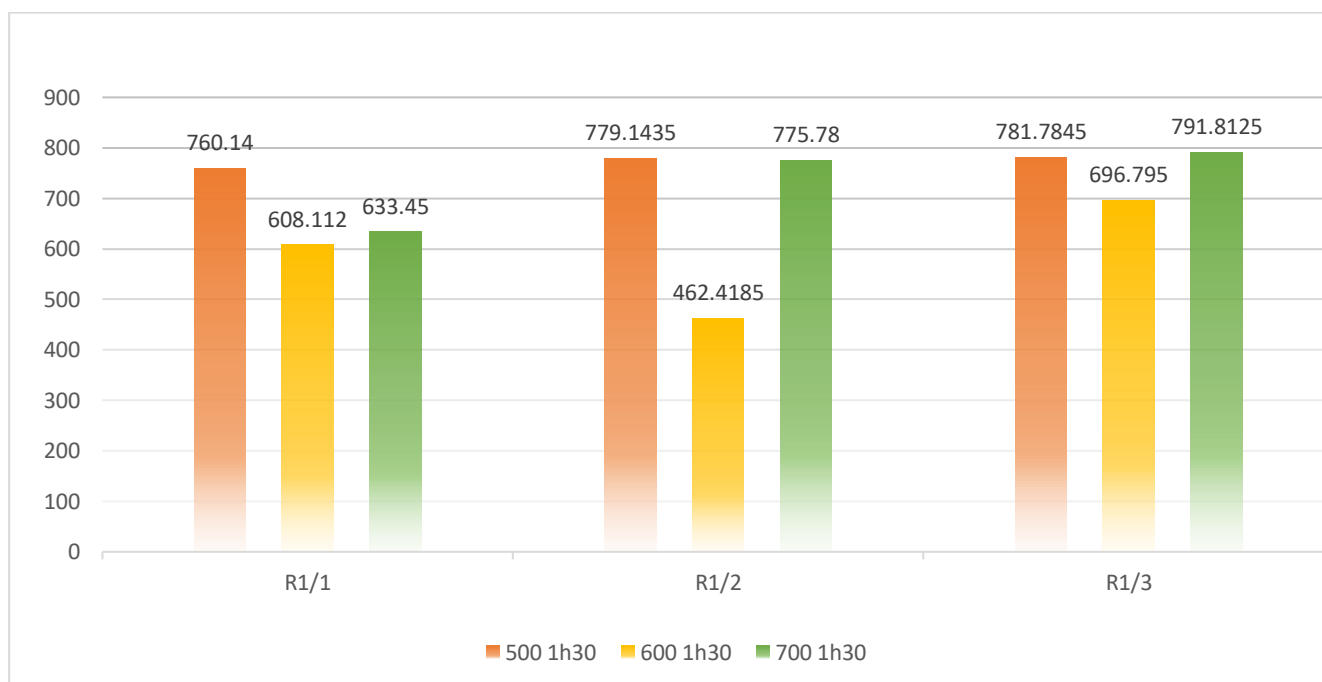


Figure.II.2 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports, temps fixe 1h30.

La figure ci-dessus, montre qu'une nette fluctuation de la valeur de l'indice d'iode pour les trois rapports. On remarque une augmentation de la valeur à **760,14 mg/g**, Puis diminue à **608.112 mg/g (500 °C 1h30)** pour rapport 1/1. Quant au rapport 1/2, Il décroît à la valeur de **779.1435 mg/g (500 °C, 1h30)**. Par contre la valeur d'indice d'iode augmente dans le charbon 700 °C 1h30 pour rapport 1/3. On peut dire d'après les résultats que le charbon 700 °C 1 h 30 R1/3 est le plus rentable.

c) température 500,600 et 700 °C, temps fixe 2h

Tableau. II.3 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	519.42	779.14	677.79	652.45	836.25	633.45	615.46	677.79	1116.98

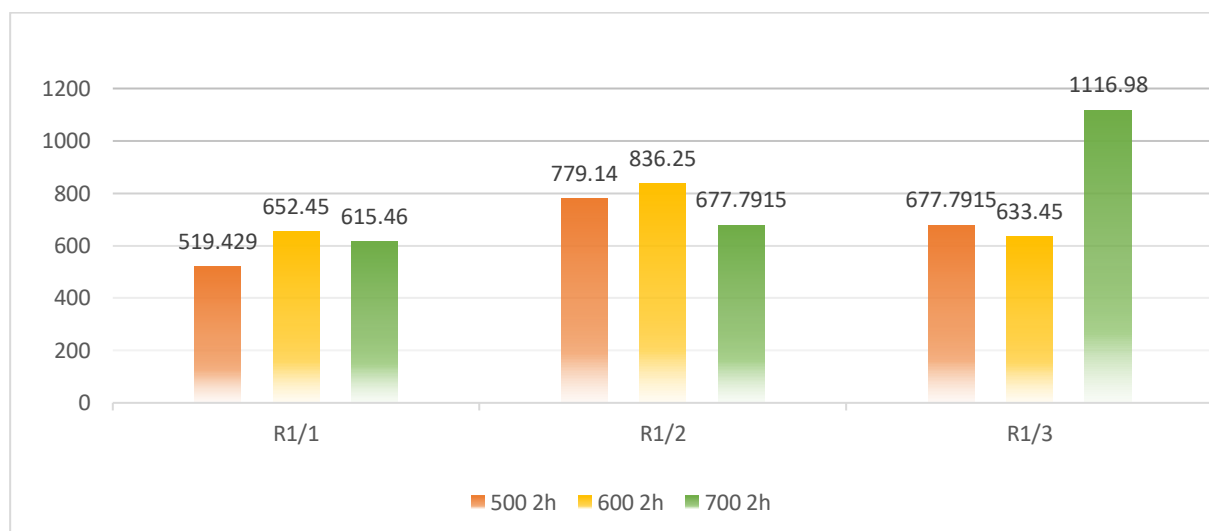


Figure.II.3 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes rapports

Nous observons dans ce diagramme une augmentation de la microporosité au rapport 1/1 dans le charbon **600 °C (652.45 mg/g)**, pour rapport R1/2 aussi 600 °C (**836.25 mg/g**), et de charbon 700 °C (**1116.98 mg/g**) pour rapport R1/3 à un temps de 2h. les résultats d'indice d'iode obtenu montre que le rapport R1/3 influe dans le charbon 700 °C 2h.

II.2.3. Résultats d'indice d'iode en fonction de rapport d'imprégnation

a) Rapport fixe R1/1

Tableau. II. 4 : Valeurs indice d'iode pour différents temps

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1
Indice d'iode (mg/g)	519.42	760.14	760.14	652.45	608.11	671.46	615.46	633.45	406.08

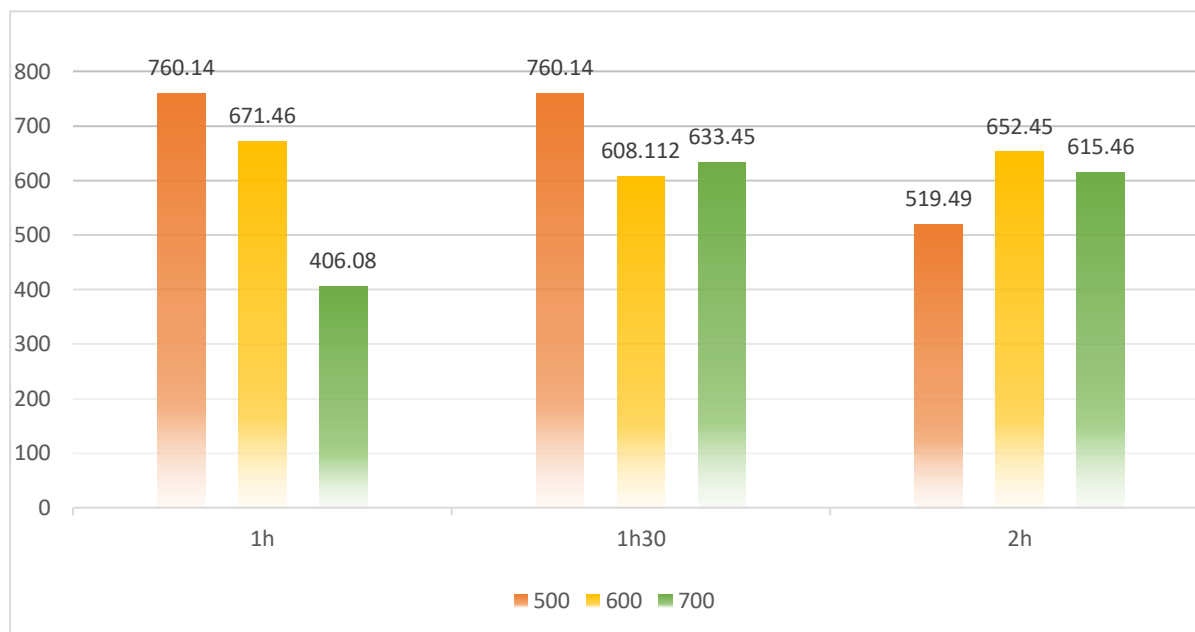


Figure. II. 4 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents Temps

Le histogramme ci-dessus pour différents Temps, révèle une diminution d'indice d'iode de (760.14mg/g) à (406.08 mg/g) pour temps de 1h, de (760.14 mg/g) à (608.112 mg/g) pour 1h30 et une augmentation de (633.45mg/g) en suite une légère augmentation pour température 600 ° C. On peut dire que le charbon 500 °C R1/1 donne un bon résultat pour un temps de 1h.

b) Rapport fixe R1/2

Tableau. II. 5 : Valeurs indice d'iode pour différents temps

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2
Indice d'iode (mg/g)	779,14	779.14	852.63	836.25	462.41	519.42	677.79	775.78	603.17

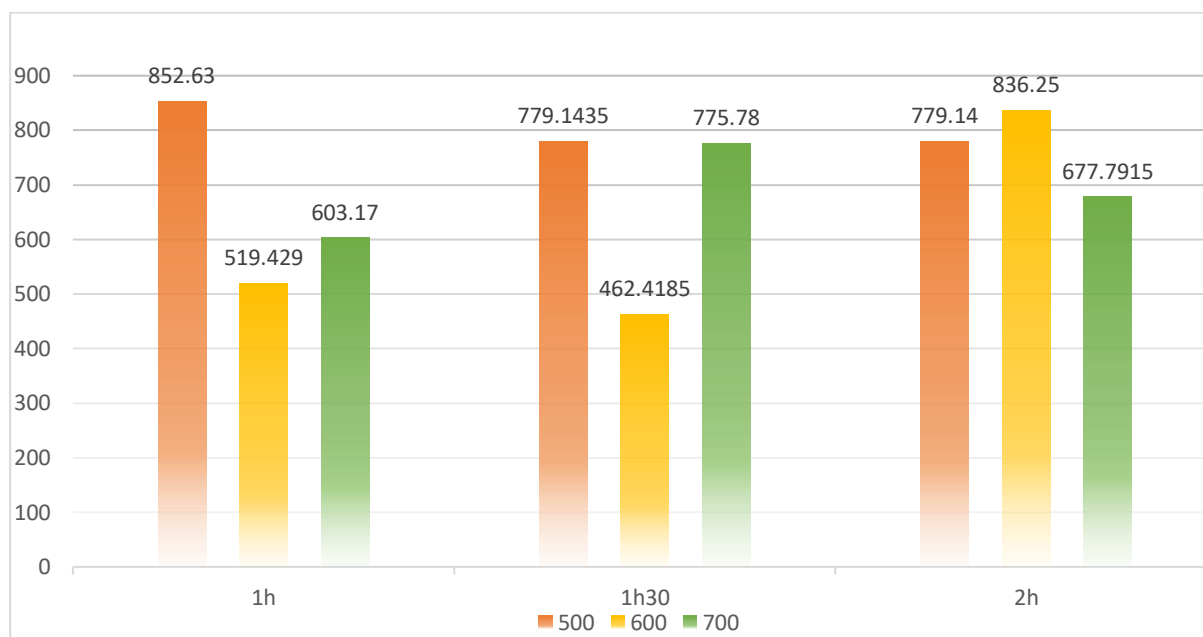


Figure.II.5 : Valeurs de l'indice d'iode pour différentes Temps

D'après les résultats obtenus, nous remarquons une nette diminution de l'indice d'iode pour une température de 600 C° à 1h et 1h30, ensuite une faible augmentation pour un temps de 2h .On peut dire d'après les résultats que le charbon 500 1h R1/2 est le plus utile.

c) Rapport fixe R1/3

Tableau.II.6 : Valeurs indice d'iode pour différents temps

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	677.79	639.78	1076.86	633.45	696.79	2001.7	1116.98	791.81	760.14

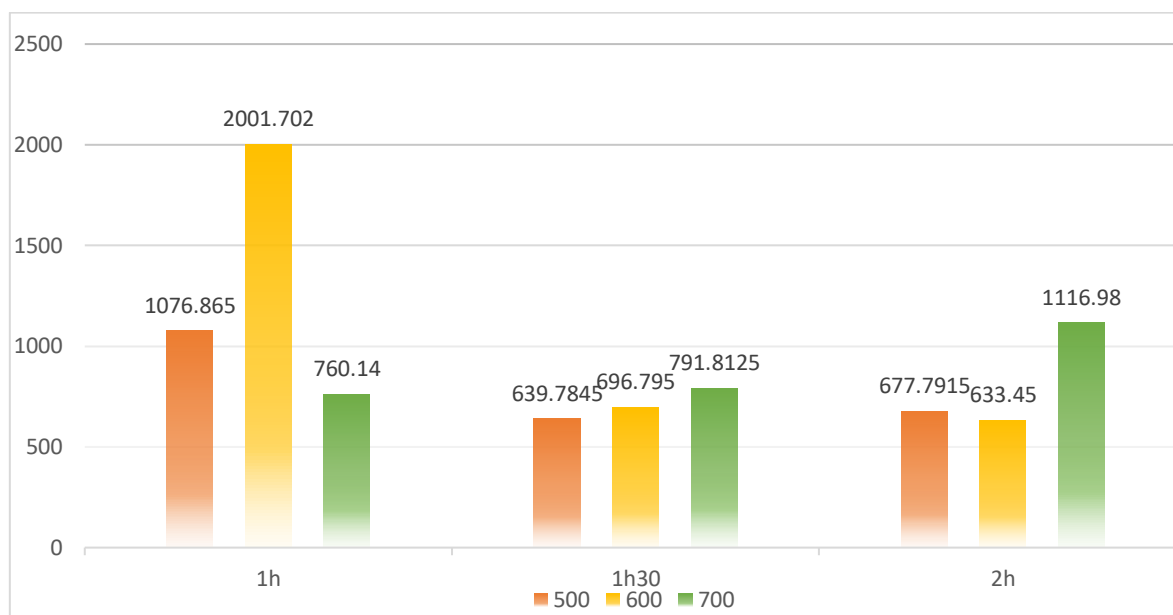


Figure.II.6 : valeurs de l'indice d'iode pour différentes Temps

La figure représente la valeur de l'indice d'iode pour différentes Temps de charbon R1/3, nous remarquons une augmentation de valeur (**2001.702 mg/g**) pour charbon 600 °C 1 h. puis une légère croissante pour temps de 1 h30 et 2 h. Les résultats précédents montrent l'avantage du charbon actif 600 °C 1h, R1/3.

II.2.4. Résultats d'indice d'iode en fonction de température d'activation

a) Température fixe 500 °C

Tableau. II. 7 : Valeurs indice d'iode pour différents rapports

Température (°C)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R12	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	760.14	852.63	1076.86	760.14	779.14	781.78	519.42	779.14	677.79

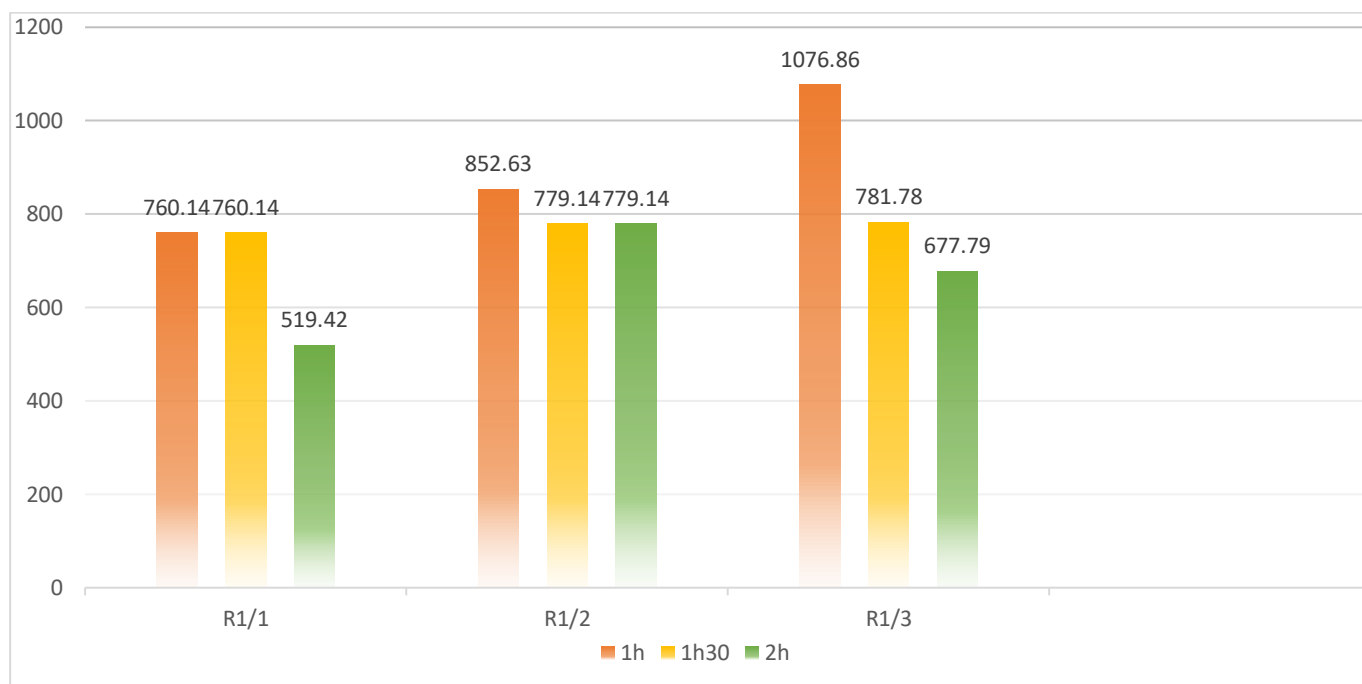


Figure. II. 7 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports

D'après les résultats obtenus, nous remarquons des valeurs proches de l'indice d'iode pour rapport 1/1, puis une diminution de (519.42 mg/g), pour température d'activation de 500°C ; R1/2 on observe une instabilité des valeurs. Pour les rapports 1/3 une décroissante .on constate que le meilleur charbon est à un temps de 1 h, R1/3 (1076.86 mg/g).

b) Température fixe 600 °C

Tableau. II. 8 : Valeurs indice d'iode pour différents rapports

Température (°C)	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R12	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	671.46	519.42	2001.70	608.11	462.41	696.79	652.45	836.25	633.45

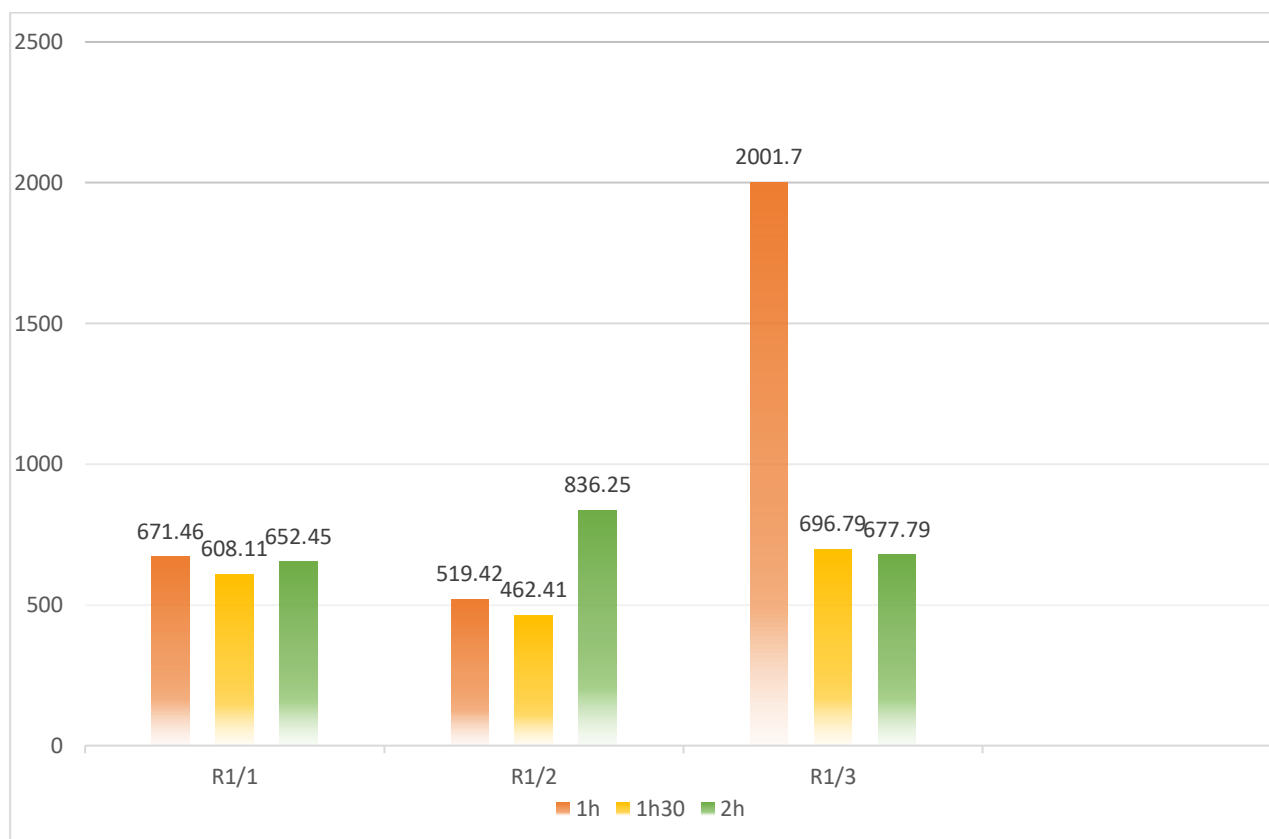


Figure. II. 8 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports

Nous remarquons dans cet histogramme la valeur d'indice d'iode se rapproche entre (671.46 mg/g et 652.45 mg/g) pour température 600 °C, et augmente dans le rapport 1/2 (de 836.25 mg/g), et de (2001.70 mg/g) pour R1/3. on peut dire que ce charbon est utile.

c) température fixe 700 °C

Tableau. II. 9 : Valeurs indice d'iode pour différents rapports

Température (°C)	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R12	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice d'iode (mg/g)	406.08	603.17	760.14	633.45	775.78	791.81	615.46	677.79	1116.98

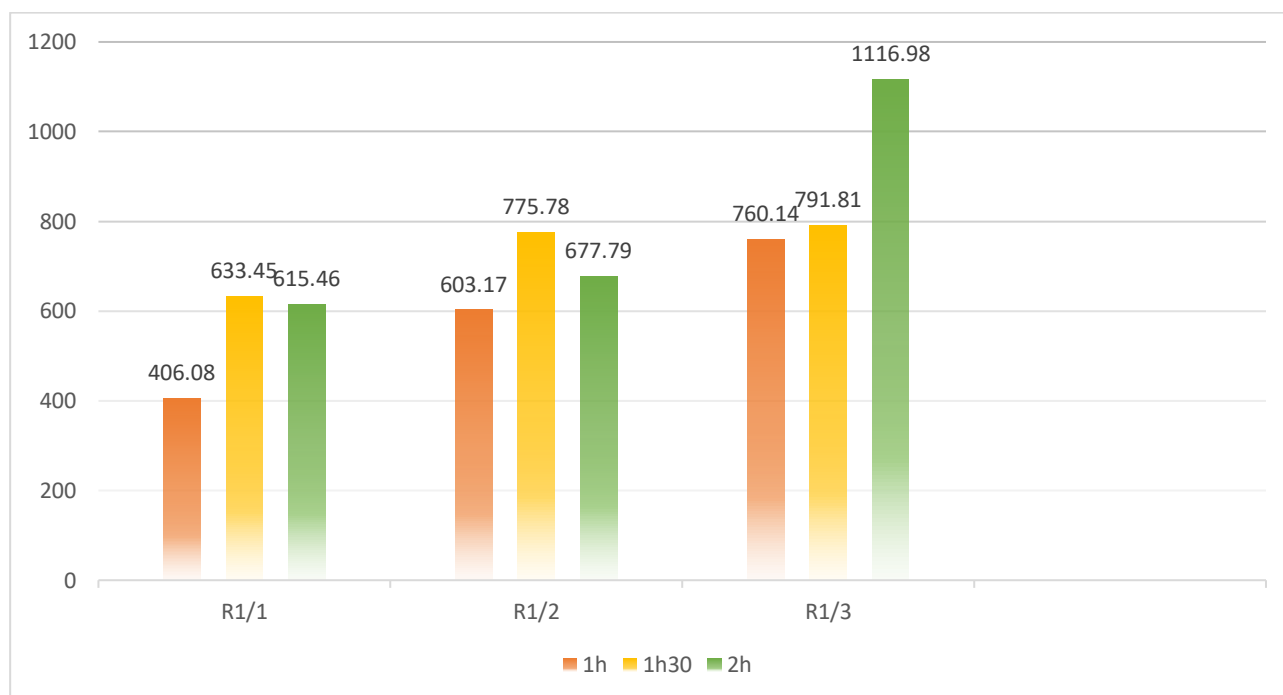


Figure. II. 9 : Valeurs de l'indice d'iode pour différents rapports

La figure 9 représente un diagramme de l'indice d'iode pour différents rapports .on observons une 1 amélioration de valeur dans le R1/1 et aussi dans le R1/2 avec une valeur de (775.78mg/g), et une hausse notable dans le R1/3 (1116.98mg/g). On peut dire d'après les résultats que le charbon 700 C°, 2h est le plus utile.

II.2.5. Indice Bleu de méthylène

II.2.5.1.Généralités

Notre choix s'est porté sur un polluant organique qui est le bleu de Méthylène d'une part, par son caractère nocif pour l'environnement et, d'autre part, par la facilité de son dosage dans l'eau. Il possède de plus, des groupements chimiques variés. Le bleu de méthylène est souvent utilisé pour la caractérisation de la mésoporosité de charbon actif en poudre. Le nombre de milligrammes du Bleu de Méthylène adsorbé par un gramme de charbon actif lorsque la concentration à l'équilibre du bleu de méthylène est égale à 1 mg/L.

II.2.5.2. Indice de Bleu de Méthylène

L'indice de bleu de méthylène est défini comme la quantité de colorant adsorbé par un gramme d'absorbant à l'équilibre d'adsorption. L'indice du bleu de Méthylène donne une idée sur la surface disponible pour les adsorbants mésoporeux. La surface occupée par une molécule du

bleu de méthylène est 130 \AA^2 . Les valeurs de l'indice d'iode du Bleu de Méthylène pouvant aller jusqu'à 300 mg/g . L'indice de bleu de méthylène reflète la capacité du charbon actif à adsorber les moyennes molécules et il peut être associé à la présence de micropores de grandes dimensions et de mésopores dans le matériau.

II.2.5.3. Préparation des solutions :

Pour préparer une solution d'acide acétique CH_3COOH (0.25%). on prélève avec la pipette 2.5ml et introduit dans 1000 ml d'eau distillée dans une fiole de 1L. compléter jusqu'à trait de jauge.

Pour préparer une solution de Bleu de méthylène .on pèse 1.2g de Bleu de méthylène et dissoudre dans 1000ml d'acide acétique. et diluer jusqu'à trait de jauge 1L.

Peser 0.1 g de plusieurs échantillons de charbon actif et mettre dans un Becher, introduire 25mL de Bleu de méthylène, on agite pendant 30 min pour chaque charbon.

Après l'agitation on met la solution dans la centrifugeuse pendant 30 min. A la sortie on fait la dilution avec l'acide acétique de 250 mL, et analysé par spectrométrie à la longueur d'onde

$\lambda_{\text{max}} = 620 \text{ nm}$.

Indice de bleu de méthylène (mg/g) = $(1200 - C_{\text{eq}}) * V / m * 1000$

m : la masse du charbon actif (0.1g).

V : le volume de solution 25ml.

II.2.7. Résultats d'indice de bleu de méthylène en fonction de température d'activation temps de séjour

a) Température 500,600 et 700 °C, temps fixe 1h

Tableau. II. 10 : Indice bleu de méthylène différent rapport

Temps (h)	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h
Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	54,6	89,47	141,63	103,32	46,05	153,94	70,79	120,52	195,7

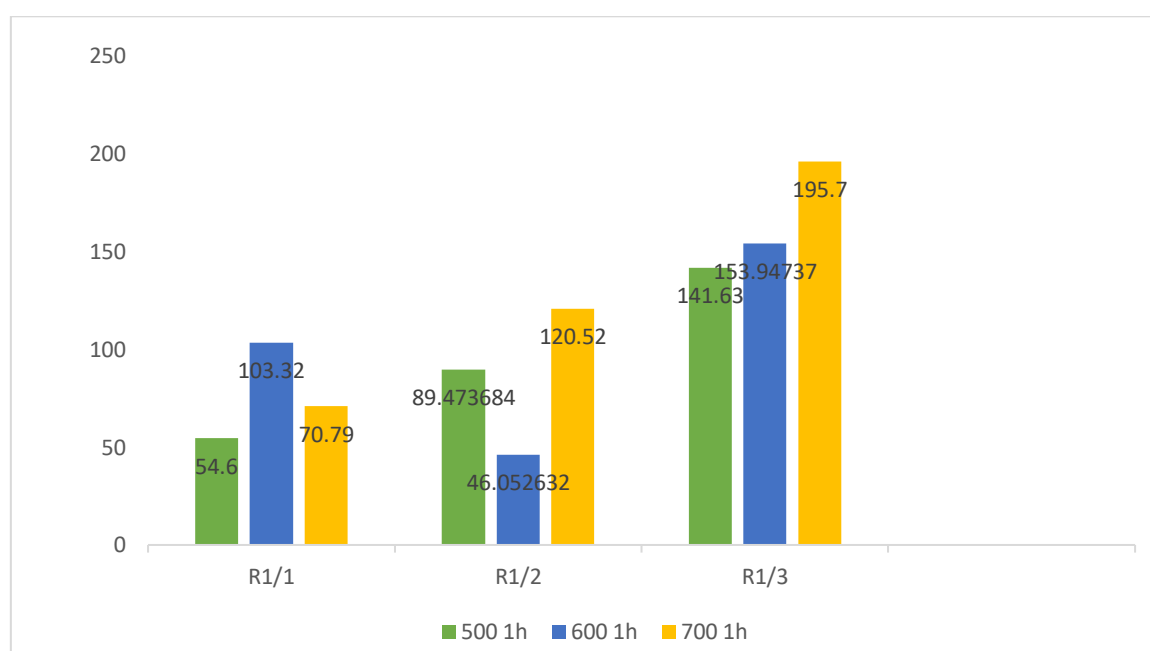


Figure.II.10 : Indice bleu de méthylène différent rapports

La figure ci-dessus exprime les valeurs d'indice de bleu de méthylène pour différents températures (500,600 et 700 °C) et rapport (R1/1, R1/2, R1/3), temps 1h, on remarque pour le R1/1 une augmentation de taux d'élimination à température 600 °C atteint à 103.32 mg/g puis elle descend jusqu'à 70.79 mg/g.

Pour R1/2, l'augmentation a été observée à T=500 °C et 700 °C puis une amélioration régulière pour le R1/3, on peut indiquer le taux R1/3, T=700 °C comme un taux meilleur (195.7 mg/g).

b) Température 500,600 et 700 °C, temps fixe 1h30

Tableau. II. 11 : Valeurs indice bleu de méthylène différents rapports

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	1h30	1h30	1H30	1h 30	1h30	1h30	1h30	1h30	1h30
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	54.4	7,89	35,52	171.05	146,05	5,26	100	120.5	75

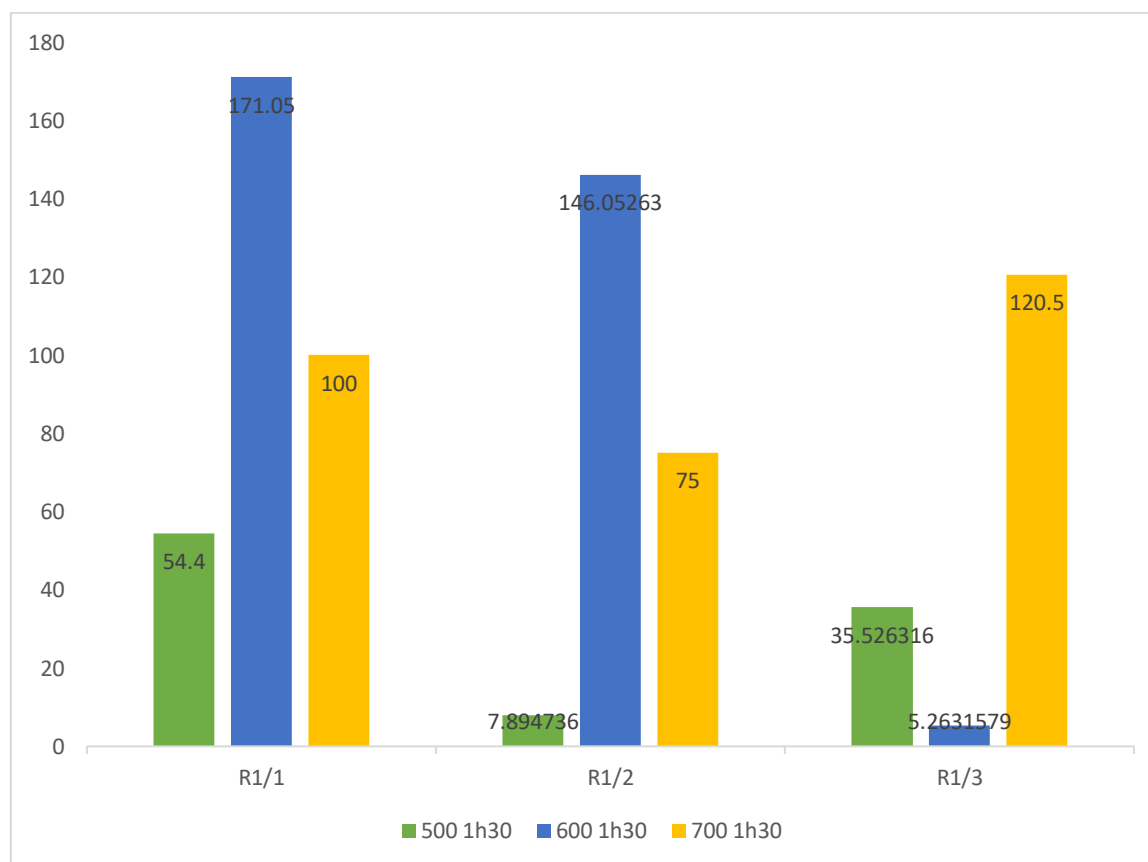


Figure.II.11 : Valeurs indice bleu de méthylène différents rapports

D'après la figure on constate que le taux d'élimination de bleu de Méthylène diminue à température 500 °C pour une valeur de 54.4 mg/g et augmente jusqu'à 171.05 mg/g pour le rapport 1/1. Puis une augmentation à T= 600 °C pour le R1/2 égale à 146.05263 mg/g et diminue à T=700 °C, une augmentation importante a été observée à T=700 °C atteindre à 120.5mg/g. On peut dire que le meilleur taux d'élimination est R1/1 à T = 600 °C égale à 171.05mg/g.

c) Température 500, 600 et 700 °C, temps fixe 2h

Tableau. II. 12 : Indice bleu de méthylène différent rapport

Temps (h)	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h	2h
Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	70,57	120,24	34,35	106,57	297,34	298,47	147,63	163,15	186,67

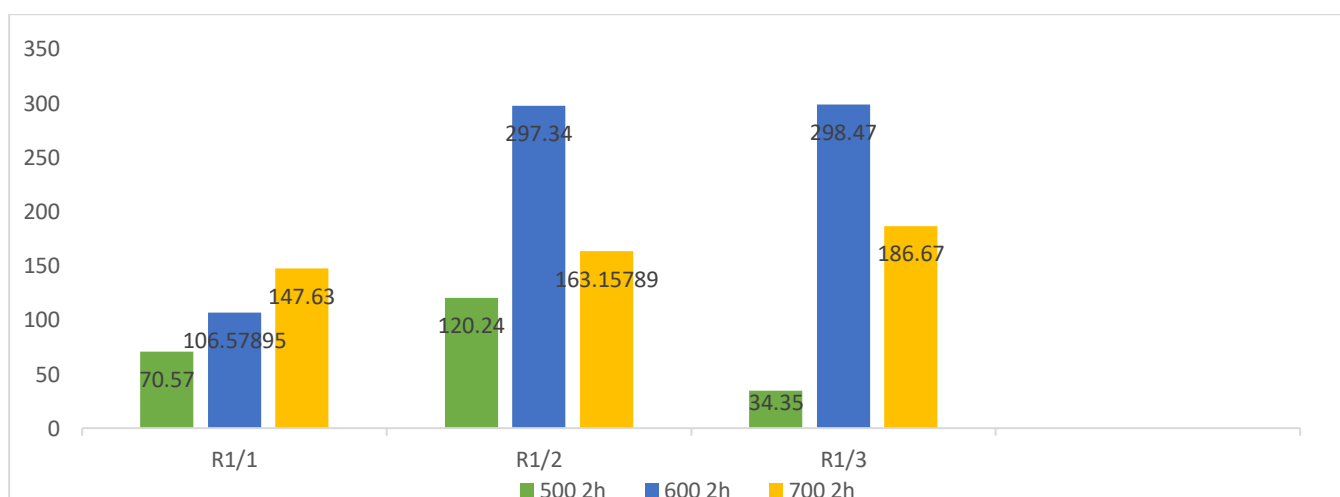


Figure. II. 12 : Valeurs indice bleu de méthylène différents rapport

Cette figure nous a montré que l'indice de bleu de méthylène, ses valeurs croissent avec l'évolution des températures (500, 600, 700) C° pour un rapport 1/1. Globalement, l'indice de bleu de méthylène varie entre 297.34 mg/g et 298.47 mg/g à la température 600 C° pour le R1/2 et R1/3, et on peut déterminer le R1/3 à T=600 C° comme un charbon utile.

II.2.8. Résultats d'indice de bleu de méthylène en fonction le rapport d'imprégnation

a) Rapport fixe R1/1

Tableau. II. 13 : Valeurs indice bleu de méthylène pour différents temps

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1	R1/1
Indice bleu de méthylène (mg/g)	70,57	54.4	54,6	106,57	171.05	103,32	147,63	100	70,79

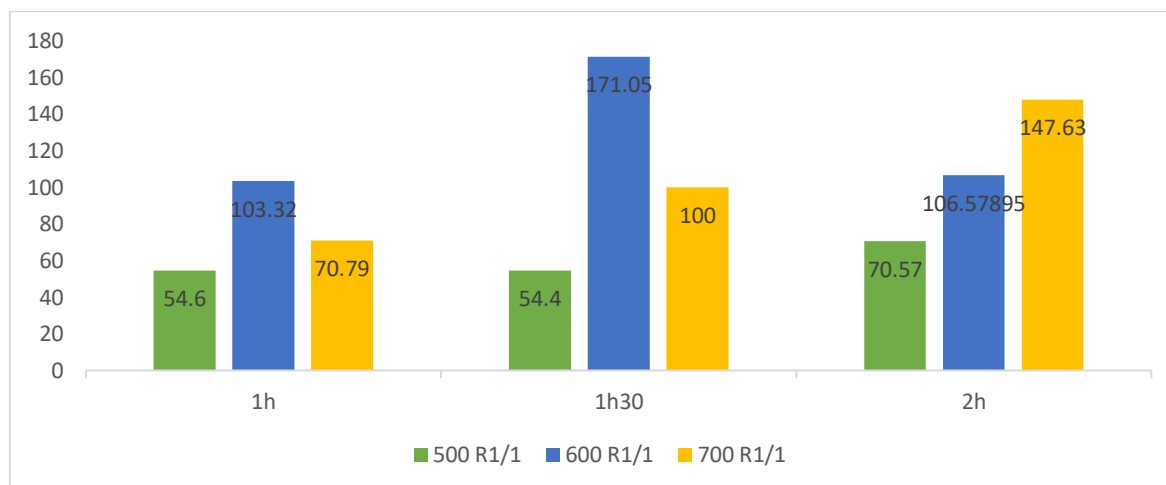


Figure. II. 13 : Valeurs indice bleu de méthylène différent temps

On constate tout d'abord que l'indice bleu de méthylène augmente à température 600°C R1/2 à une valeur de 103,32 mg/g puis diminue à R1/3 T=700 °C temps 1h, et pour le temps 1h30 on observe une augmentation atteint le max à T=600 °C R1/2 égale à 170,05 mg/g, ensuite une augmentation régulière en augmentant la température atteint 147,63 mg/g pour le T=700 °C R1/3, on conclue par choisir le charbon 1h30 R1/2 ; T= 600 °C comme meilleur taux.

b) Rapport fixe R1/2

Tableau. II. 14 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents temps

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2	R1/2
Indice bleu de méthylène (mg/g)	120,24	7,89	89,47	297,34	146,05	46,05	163,15	120.5	120,52

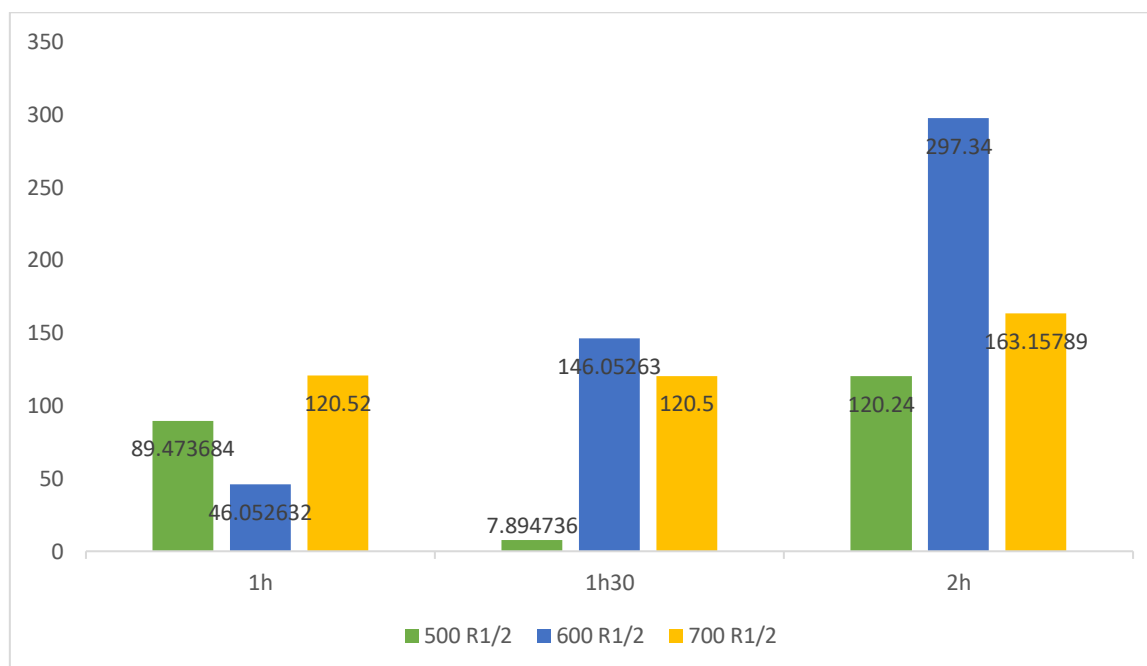


Figure.II.14 : Valeurs indice bleu de méthylène différent temps

La figure.II.14 exprime les valeurs d'indice bleu de méthylène, on observe une diminution à 1 heure puis une augmentation (120.52 mg/g), ensuite une forte augmentation puis diminution pour un temps de 1 h 30 et 2 h. on prend la valeur (297.34 mg/g) comme un taux meilleur.

c) Rapport fixe R1/3

Tableau. II. 15 : Valeurs indice d'iode pour différents temps charbon R1/3

Température (°C)	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Temps (h)	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h	2h	1h30	1h
Rapport	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	34,35	35,52	141,63	298,47	5,263	153,94	186,67	75	195,7

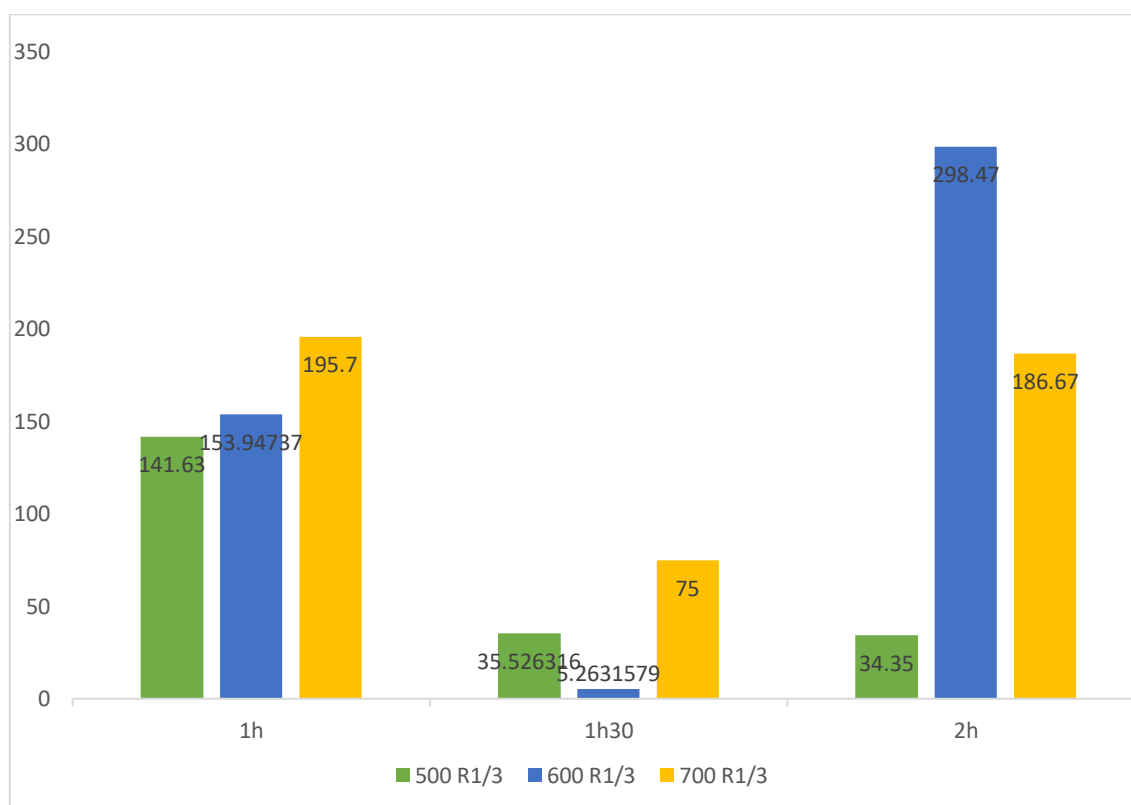


Figure.II.15 : Valeurs indice bleu de méthylène différent temps, R1/3

On remarque une croissante des valeurs à temps 1h, ensuite une instabilité à 1h30, et une forte augmentation à 600 °C égale à (298.47 mg/g) pour un temps de 2h, on considère comme meilleur valeur.

II.2.9. Résultats d'indice de bleu de méthylène en fonction température d'activation

a) Température fixe 500 °C

Tableau. II. 16 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

Température (°C)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R12	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	54,6	89.47	141.63	54.4	7.89	35.52	70.57	120.24	34.35

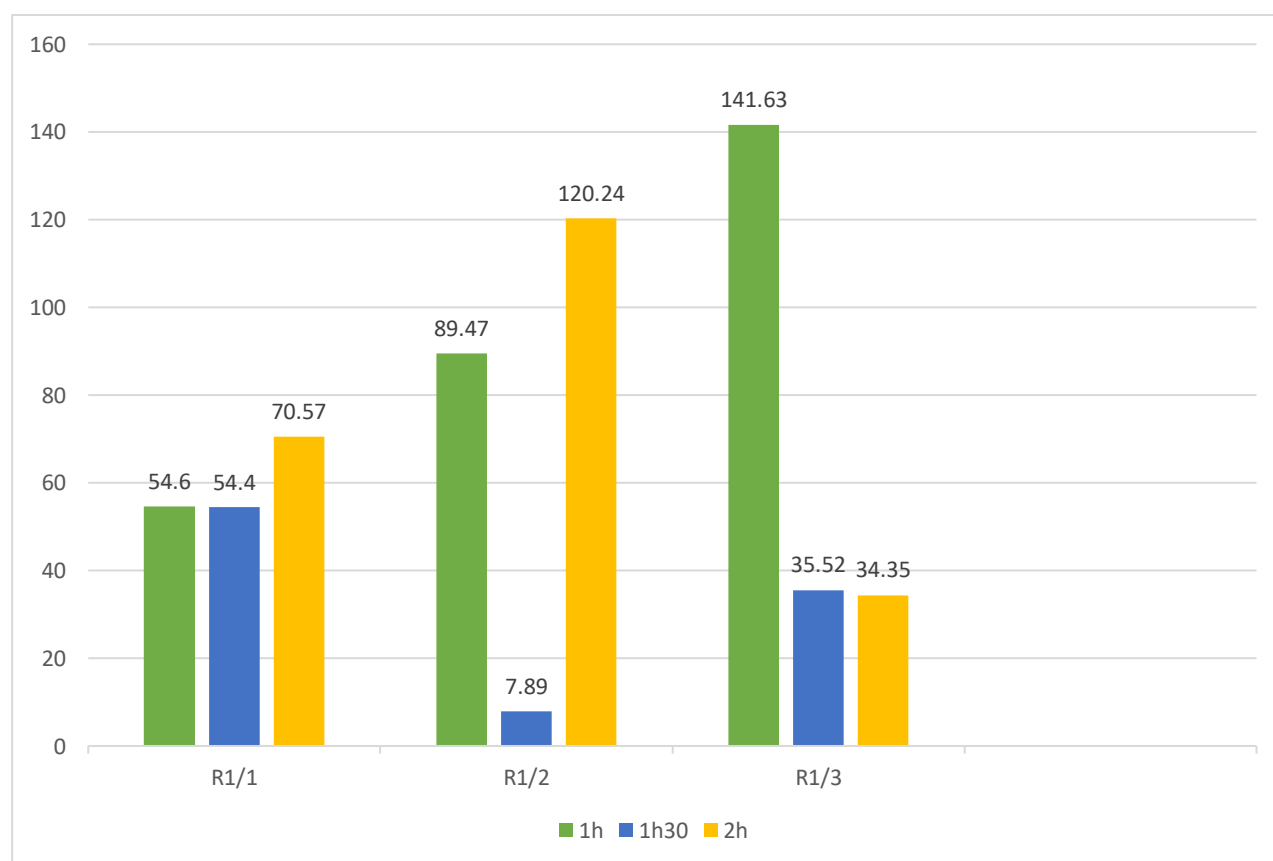


Figure. II. 16 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

La figure.II.16 exprime les valeurs d'indice de bleu de méthylène à température fixe 500 °C. Nous observons une légère augmentation pour le premier rapport, ensuite une forte diminution puis atteint leur maximum à 2h, et pour R1/3 on remarque une décroissante.

b) Température fixe 600 °C

Tableau. II. 17 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

Température (°C)	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R12	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	103.32	46.05	153.94	171.05	146.05	5.26	106.57	297.34	298.47

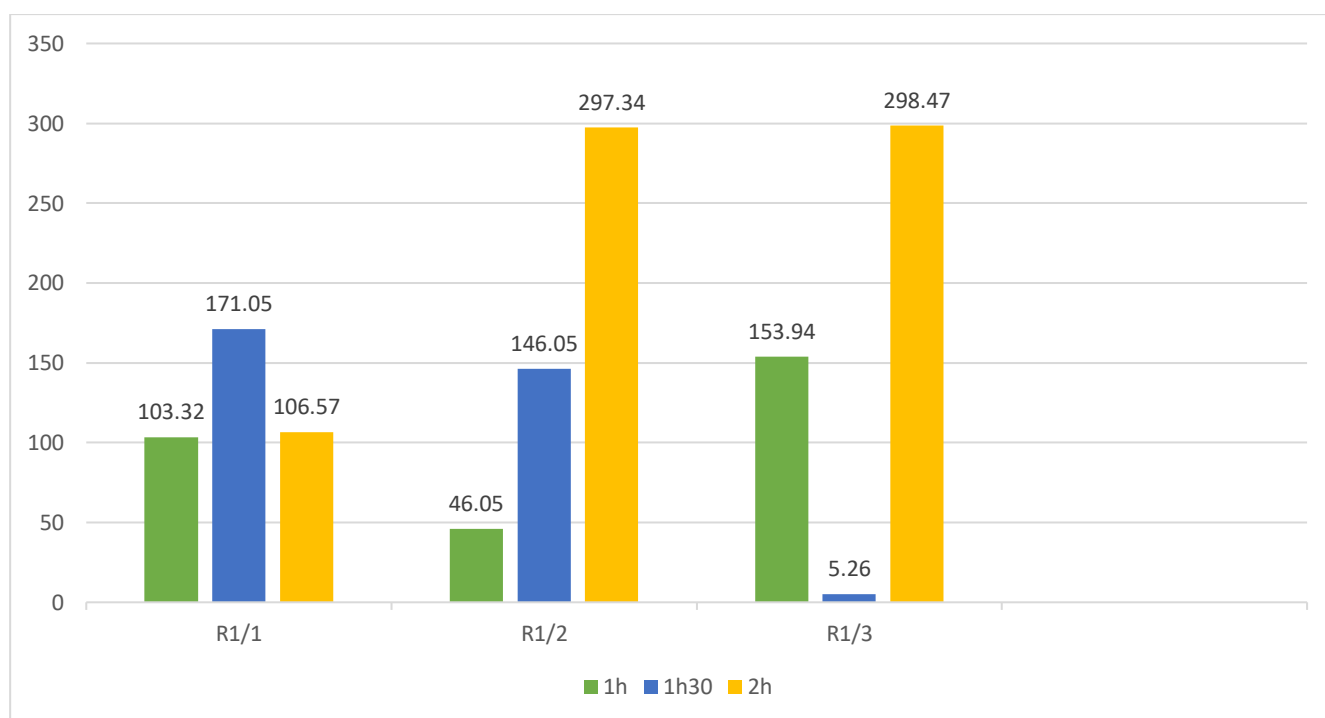


Figure II.17 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

La figure II.17 représente les valeurs de l'indice de bleu de méthylène pour différentes rapports, dans un premier rapport on remarque que le pourcentage d'élimination à 1h égale à 103.32 mg/g puis augmente à (171.05mg/g) puis diminue, Le pourcentage d'élimination de ces substances à rapports R1/2 augmente régulièrement au cours d'augmentation de temps jusqu'à atteindre une valeur de 297.34 mg/g, et une forte décroissance des valeurs pour le

rapport 1/3 ,on remarque une augmentation égale à 298.47 mg/g temps 2h, on conclure que cette valeur est importante.

c) Température fixe 700 °C

Tableau. II. 18 : Valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

Température (°C)	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Temps (h)	1h	1h	1h	1h30	1h30	1h30	2h	2h	2h
Rapport	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3	R1/1	R1/2	R1/3
Indice bleu de méthylène (mg/g)	70.79	120.52	195.70	100	120.50	75	147.63	163.15	186.67

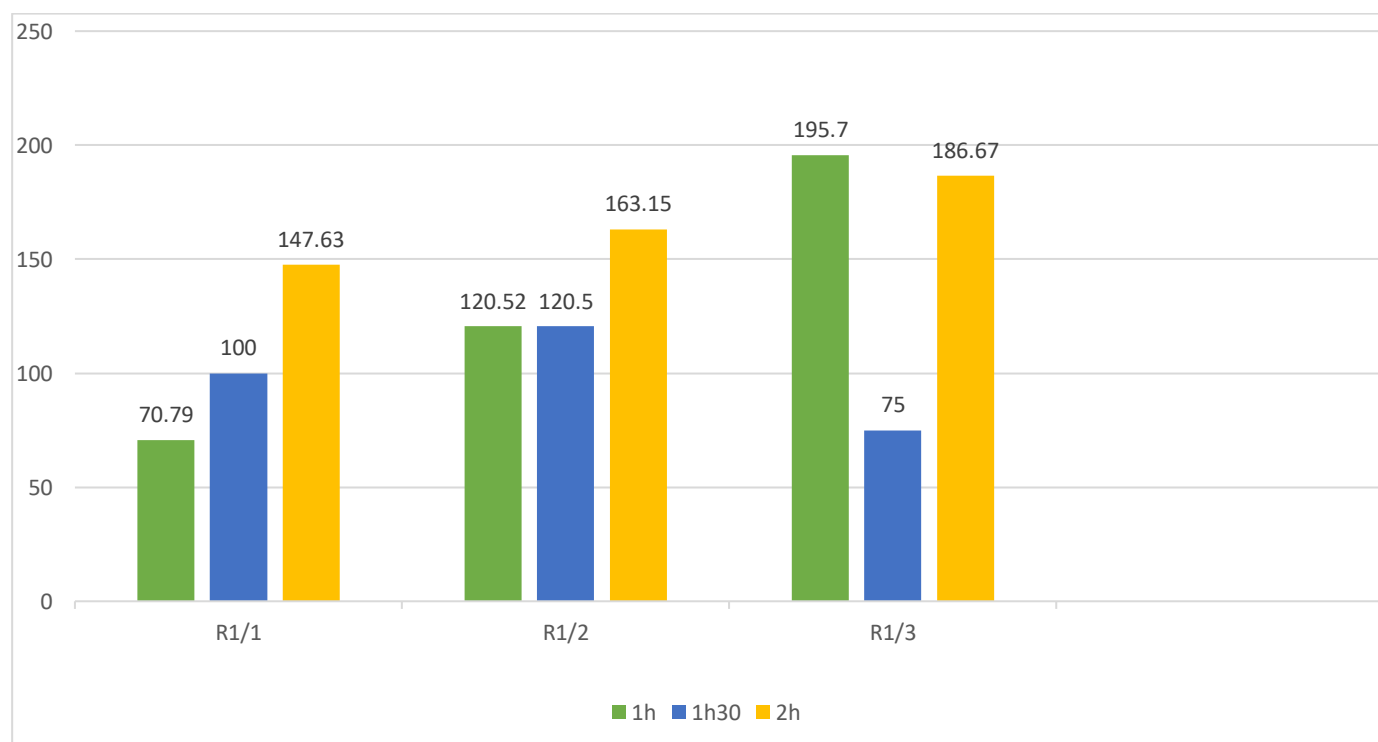


Figure 18 : valeurs indice de bleu de méthylène pour différents rapports

La figure.II.18 montrent les résultats obtenus des valeurs de l'indice de bleu de méthylène pour différents rapports, nous voyons que l'indice de bleu de méthylène augmente à R1/1 T=700 °C (147.63 mg/g) puis une faible croissance à R1/2 ,on observe une diminution

puis augmentation pour le rapport 1/3. La valeur de l'indice de bleu de méthylène maximale est R1/3, 1h, T=600 °C égale à 195.70 mg/g.

Conclusion

D'après cette étude comparative entre les échantillons de charbon actif caractériser par indice de bleu de méthylène et indice d'iode on peut dire que nos résultats des essais de caractérisation du charbon actif que nous avons réalisés, démontrent que ces charbons sont performants et on peut conclure que la meilleure valeur d'indice de bleu de méthylène celle de R1/3 T=600 °C, charbon 2h atteint à 298.47 mg/g et pour l'indice d'iode on a trouvé charbon 1h T= 600 °C ,R1/3 est le plus utile de valeur 2001.70 mg/g.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'évolution de l'humanité et du confort de la vie quotidienne des gens a multiplié de façon continue les sources de pollution et les quantités d'éléments polluants rejetés par, L'homme dans la biosphère, et la diversité de ceux-ci sans cesse a augmenté

Notre étude a été réalisée en deux grandes parties ont été nécessaires pour présenter notre travail, une partie bibliographique et une autre expérimentale.

La première est un rappel sur le charbon Actif et leur origine, la pollution des eaux usées.

La seconde partie du mémoire a été consacrée à la caractérisation de performance d'un charbon actif à partir l'indice d'iode et l'indice du bleu de méthylène.

L'indice d'iode est un paramètre très important pour la caractérisation d'un charbon actif en matière de microporosité. La valeur de l'indice d'iode pour différentes rapport d'imprégnation (791.8125 mg/g), pour différentes Température d'activation (2001.702 mg/g), et pour Différentes temps de séjour (2001.702 mg/g).

La valeur de L'indice de bleu de méthyle pour différentes rapport d'imprégnation (195.7 mg/g), pour Différentes Température d'activation (298.47mg/g), et pour différentes temps de Séjour (298.47 mg/g). Ces valeurs donnent une indication sur la méso porosité.

Nous pouvons dire d'après les résultats obtenue que le charbon le plus utile soit 600 °C, R1/3.

Le domaine de la chimie étant un domaine de recherche et de découverte, alors qu'on ne peut pas se contenté d'un seul résultat. L'homme doit toujours élargir la recherche pour obtenir le meilleur.

Références bibliographiques

- [1].DOUARA.NADIA. Thèse de doctorat 2018.
- [2] A. T. Bayraktarn, Introduction aux traitements des eaux usées, Edition traitement des eaux usées.
- [3] BOUNIF.RIMA. Conception d'une colonne à lit fixe au charbon actif granulé appliqué à l'étude dynamique de l'adsorption de bleu de méthylène. Mémoire 2017.
- [4] Mazouz Manel, khelaifia Lamy. Evaluation du pouvoir d'adsorption d'un charbon actif commercial. Mémoire de master.2018
- [5] ZAHIR.BAKIRI. Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation 2015
- [6] Chenine, M., Préparation et caractérisation d'un charbon actif issu d'un déchet de café par voie chimique (effet de taux d'adjuvant), Mémoire Master, université Kasdi Merbah Ouargla, 2012, p.9-10.
- [7] Bencherif Fatima Zohra, ben Mohammed Farida, préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir d'un déchet solide. Mémoire de master université de Mostaganem 2018.
- [6] J. Omlin, L. Chesaux, 2010, Evaluation de charbons actifs en poudre (CAP) pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- [7] A. Elabed, 2007, Réactivité thermique et cinétique de dégradation du bois d'arganier application à l'élaboration de charbon actif par activation chimique à l'acide phosphorique, Thèse Doctorat, Université Mohammed V, Maroc.2007.
- [8] Nicolas. Ania utilisation de charbon actif dans des procédés d'adsorption de composé organique volatile et des procédés de catalyse dans l'eau. Thèse 2010.
- [9] AZZI Azzedine, Etude de l'adsorption de certains colorants par spectrophotométrie UV-visible et spectroscopie IR. . Mémoire de master université de Mostaganem 2014.

- [10] M .A. SLASLI, 2002, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approches théorique et expérimentale, Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel.
- [11] GOUMIDI, F et HADRI, Z « pyrolyse d'une plante saharienne pour l'adsorption de corps organiques et métaux lourds», université de Mostaganem (2000-2001).
- [12] N'guessan Joachim KROU. Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques. DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE le 12 Mars 2010. Génie des Procédés et de l'Environnement.
- [13] Ouikene Samir, chemeur nawel. Étude comparative entre un adsorbant utilisé à la station de traitement des eaux de taksebt et des adsorbants préparés à base de grignon d'olive.Mémoire de master 2015.
- [14] Hammami, S., Etude de dégradation des colorants de textile par les procédés D'oxydation avancée.