



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculte des Sciences Appliquées
Département Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés de l'environnement

Thème

*Elaboration d'un Bio filtre à base de
fibres de palmiers dattier-Application
environnementale*

Presenté par :

Achouak Nadjia et Hayat Khenfar

Devant le Jury composé de :

M ^r Sekirifa Med Lamine	Pr	U. Kasdi Merbah Ouargla	Président
M ^r Chaouki Mourad	MCB	U. Kasdi Merbah Ouargla	Examineur
M ^r Lotfi BAAMEUR	MAA	U. Kasdi Merbah Ouargla	Encadreur

Année Universitaire 2022/2023

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى:

✚ من وضع الله تعالى الجنة تحت قدميها
ومن ضحت بالغالي والنفيس من أجلنا
أمي الغالية

✚ من علمني الشجاعة والتحلي بالعزيمة
والإرادة وأنه لا شيء يأتي بالسهل
والدي الغالي بشيرناجيه حفظه الله ورعاه
✚ منبع الدفء والحنان جدي وجدتي
حفظهما الله واطال في عمرهما

مصدر قوتي وسندي الذي لا يميل
✚ ومن جعلهم الله عضدا لي من عثرات الحياة
إخوتي وعزوتي (ياسمينه، أسامة، حسام، فراس، رانيم)
حفظهم الله لي منبع الدفء والحنان والطيبة
✚ والي شريك الحياة ومن خير معين...
إلى من شاركني السراء والضراء
ولم اره عابسا يوما أقرب الناس الي نفسي حفظك الله لي

✚ اصدقائي وأهلي المُبجّلون الذين أكنّ لهم كل الاحترام، الذين يُشاركونني الفرح
والحزن على الدوام. أساتذتي الكرام أصحاب الفكر المستنير... كل هؤلاء
أهدبكم خلاصة جهدي العلمي، الذي أسأل الله تعالى أن يتقبله خالصا....

أشواق ناجيه





إهداء

الحمد لله رب العالمين والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

أهدي هذا العمل إلى:

- ❖ أبي من عمل بكد في سبيلي وعلمي معنى الكفاح أدامه الله لي.
- ❖ أمي الخبيبة , إلى أعلى إنسان إلى من ربتي وأنارت دربي وعاثنتني.
- ❖ إلى أخوتي: محمد البشير؛ نجيب؛ نذير؛ راضي؛ عبد الحق
- ❖ إلى رفيقات دربي: تهاني , زبيدة , سندس
- ❖ إلى كل أحبتي ومن له فضل علي
- ❖ إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة عملي

حياة خنفر





Remerciements

Dieu merci de nous avoir accordé la patience pour réaliser ce modeste travail. Je dédie ce mémoire à tous ceux ayant contribué de près ou de loin à son accomplissement en particulier :

- Monsieur **Lotfi BAAMEUR** qui nous a beaucoup aidé par son assiduité, son orientation et ses précieux conseils.
- Tous nos professeurs du département de Génie des Procédés qui ont participé à notre formation.
- Nos vifs remerciements sont adressés aux membres de jury, **Mr Mohamed lamine SEKIRIFA** et **Mourad CHAOUKI** Qui ont bien voulu nous faire l'honneur d'examiner notre travail.



Résumé.

Le présent travail concerne l'élaboration d'un filtre à base de biosorbant le Lif. Ce matériau est préparé à partir du palmier dattiers. Le filtre est un solide granulaire obtenu par broyage et tamisage. L'analyse impliquant des méthodes physiques de caractérisation a montré que le charbon actif résultant d'une opération de calcination et d'activation chimique conduit à une nette amélioration de la porosité et ce par la création de micro cavité. L'application de ce matériau en le traitement des eaux de drainage est envisageable. Les essais préliminaire de filtration utilisant l'eau ont permet le calcul de quelques caractéristiques géométriques comme la perméabilité du milieu filtrant ainsi que la perte de charge dans le lit. Nous envisagerons l'extrapolation des résultats obtenus à une échelle semi-pilote.

Mots Clés. Filtration, lit fixe, loi de Darcy, charbon actif.

Abstract.

The present work concerns the development of a biofilter Known Lif. This material is prepared from date palm. The filter is a granular solid obtained by grinding and sieving. Analysis involving physical characterization methods showed that activated carbon, resulting from the calcination and chemical activation operations, leads to the improvement of porosity through the creation of new micro-cavities. The application of this material in the treatment of drainage water is conceivable. Preliminary filtration tests using water have enabled us to calculate a number of geometric characteristics, such as the permeability of the filter medium and the loss of pressur in the bed. The results obtained will be extrapolated to a semi-pilot scale.

Key Words. Filtration , fixed bed , Darcy low , activated carbon

ملخص

يهدف هذا العمل المتواضع إلى دراسة عملية تصفية مياه السقي وذلك بتمريرها تحت ضغط ثابت على وسط مسامي مكون من فحم تم تحظيره بمعالجة فيز وكيميائية باستعمال حمض الفوسفور المركز وكذا الصودا.

بينت النتائج التجريبية أن الوسط المسامي مقاوم للمرور مياه السقي وذلك بناء على حساب مقاومة الوسط.

الكلمات المفتاحية : تصفية المياه، قانون دارسي، فحم

Table des Matières

Introduction générale(8)

PARTIE (I)

Revue bibliographique sur les palmiers dattiers.

I.1	QU'EST-CE QU'UN PALMIER DATTIER ?(10)
I.2	FIBRES DE PALMIERS DATTIERS.(12)
I.3	CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE.(13)
I.4	APPLICATION DES FIBRES DE PALMIERS DATTIERS.(15)
I.5	<i>Qu'est qu'un lit fixe ?</i>(16)
I.6	Caractérisation géométrique d'une particule isolée.(17)
I.7	<i>Facteur de sphéricité</i>(17)
I.8	Caractérisation géométrique d'un lit de particules.(19)
I.9	Modélisation de l'écoulement d'un fluide dans milieu poreux.(19)
I.10	Equation de Filtration.....(20)

PARTIE (II)

Résultats expérimentaux et Discussion

II	MATERIELS ET METHODES.....(23)
II.2	Méthodes physico-chimiques d'analyse.....(23)
II.2 .1	La spectroscopie d'absorption atomique (SAA)(24)
II.2 .4	Spectroscopie de rayon X à dispersion d'électron (EDX)...(25)
II.2 .5	Microscopie électronique à balayage (MEB)(25)
II.3	Expérimental.....(25)
II.3.1	Préparation du filtre.(25)
II.3.2	Préparation d'un Charbon actif.(26)
II.3.4	Caractérisation chimique du précurseur.(26)
II.3.5	Prétraitement des eaux de drainage.....(28)
II.3.6	Elaboration d'un filtre à base du charbon actif.(30)
	Conclusion générale(33)
	Références bibliographiques.....(34)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Légende	Page
I.1	Classement des pays producteurs de dattes	12
I.2	Différentes définition du diamètre équivalent	16
II.1	Conditions de broyage et du tamisage du lif	25
II.2	Détermination expérimentale de la perte de charge	31

LISTE DES FIGURE

Figure	Légende	Page
I.1	Morphologie d'un palmier dattier	10
I.2	Biomasse valorisables tirées du palmier dattier	11
I.3	Valorisation des fibres de palmiers dattiers	13
I.4	Structures chimiques de la lignine et la cellulose	14
I.5	lits fixes formés de particules sphériques	15
I.6	Formes géométriques : (a) irrégulière. (b) régulière (SEM-SiO ₂)	17
I.7	Aspect apparent de la tortuosité	19
I.8	Expérience de Darcy	20
II.1	: Micrographes obtenus par MEB comparant la morphologie du précurseur avant (A) et après activation (B).	27
II.2	composition du précurseur avant et après activation	28
II.3	Montage expérimental d'électrocoagulation (A). Électrodes (B)	29
II.4	dispositif expérimental de filtration. (1) : système de mesure de la perte de pression (ΔP) (2) : Réservoir. (3) : lit fixe obtenu par la jonction du tube à essai stérile avec le filtre syringe.	30
II.5	Filtre syringe. (1) : surface filtrante ayant des pores dont le diamètre vaut 0.45 μm . Z : épaisseur du milieu filtrant	31

Introduction générale

En raison du changement climatique, de l'appauvrissement des ressources traditionnelles d'énergie et de leur surexploitation ainsi que de l'augmentation des niveaux de pollution, le recours à une économie basée sur le pétrole à celle d'une économie renouvelable semblerait être une transition incontournable.

La valorisation de la biomasse dans ce cas s'avère l'un des choix stratégiques du développement durable compte tenu de sa grande valeur économique ajoutée. Le palmier dattiers (**Phoenix dactylifera**) est la culture agricole la plus répandue dans de nombreux pays arabes. Pendant des siècles, cet arbre a joué un rôle crucial dans l'établissement et la croissance des civilisations dans les régions arides.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail. Il s'agit de la valorisation du lif comme bio-sorbant dans l'élaboration d'un filtre et son application dans le traitement des eaux usées et de drainage.

Pour ce faire nous avons scindé le manuscrit en deux parties. La première est une revue bibliographique sur le palmier dattiers et ses applications. La deuxième est consacrée aux résultats expérimentaux et leur discussion.

Première Partie (I)

*Revue bibliographique sur les
palmiers dattiers.*

I.1 QU'EST-CE QU'UN PALMIER DATTIER ?

Le palmier dattier est une plante présentant divers intérêts économiques, sociales et écologiques majeurs. Le nom scientifique du palmier dattier est « *Phoenix dactylifera L* ». C'est le palmier le plus connu et le plus cultivé par l'homme. Il pousse naturellement dans les zones afro-asiatiques. La morphologie d'un palmier dattier est montrée sur la figure ci-dessous.



Figure I.1 : Morphologie d'un palmier dattier.

Les principales ressources (Biomasse) tirées d'un palmier dattier sont présentées ci-dessous



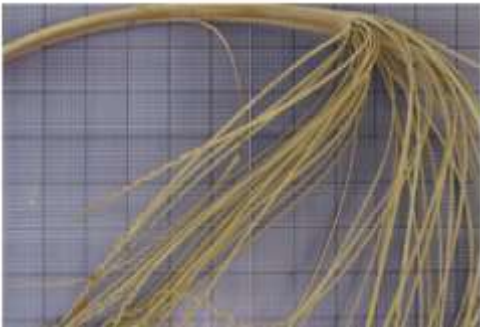
(1) Epines (chouque)



(2) Pétiole (Cornaf)



(3) Lif (fibrillum)



(4) Régime



(5) Feuilles



(6) noyaux



(7) Tronc

Figure I.2 : Biomasse valorisables tirées du palmier dattier [1]

Sur la base de ses caractéristiques biologiques et physiologiques, le palmier dattier est capable de résister et de s'adapter avec les conditions difficiles de l'environnement désertiques en l'occurrence l'excès de la chaleur et la rareté et salinité de l'eau.

Au cours des dernières décennies une grande importance a été accordée à la valorisation de cette Biomasse et ce par l'augmentation du nombre de palmiers cultivés. D'après l'annuaire des statistiques de l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale des dattes s'est notablement crû et ce qui en témoigne les données du tableau présenté ci-dessous regroupant les 20 premiers gros pays producteurs de palmiers dattiers.

Tableau I.1 : Classement des pays producteurs de dattes [2]

Pays	Production (tonnes)	Pays	Production (tonnes)
Egypt	1,590,414	Libya	174,583
Iran	1,185,165	China	162,041
Algeria	1,058,559	Morocco	129,562
Saudi Arabia	754,761	Kuwait	87,391
Iraq	618,818	Yemen	47,615
Pakistan	524,041	Israel	43,967
UAE	475,286	USA	39,300
Sudan	439,355	Turkey	38,535
Oman	360,917	Qatar	29,404
Tunisia	260,000	Jordan	25,222

On s'intéresse dans cette partie à la valorisation du lif comme sous-produit de palmiers dattiers.

I.2 FIBRES DE PALMIERS DATTIERS

En sus de la datte, aliment de grande valeur nutritive, le palmier dattier offre une large gamme de sous-produits agricoles, qui va de l'artisanat au bois de construction en passant par les aliments de bétail. Les fibres de palmiers dattiers sont à l'origine des matériaux

cellulosiques et ligno-cellulosiques largement exploitées après traitement physico-chimique dans différents domaines, comme le montre le schéma présenté ci-dessous.

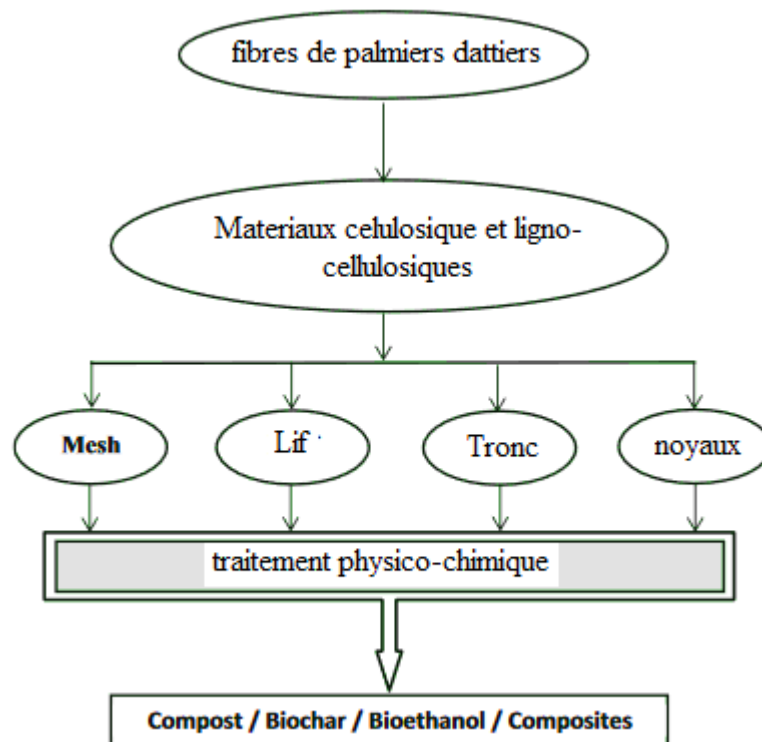


Figure I.3 : Valorisation des fibres de palmiers dattiers [3].

I.3 CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE.

La connaissance des propriétés physico-chimiques des fibres naturelles est d'une importance capitale pour déterminer leur adéquation aux différentes applications industrielles. La cellulose et la lignine sont les composants structurels les plus importants de nombreuses fibres naturelles. La cellulose résiste à l'hydrolyse, aux alcalins forts et aux agents oxydants, mais elle se dégrade dans une lorsqu'elle est exposée à des traitements chimiques. La lignine est un polymère hydrocarboné complexe. Elle donne généralement de la rigidité aux plantes et aide au transport de l'eau. Elle est hydrophobe, résiste à la plupart des attaques de micro-organismes ainsi qu'à l'hydrolyse acide. Elle est généralement soluble dans les alcalins

chauds, facilement oxydée et facilement condensable avec le phénol. La nature de la cellulose et sa cristallinité peuvent déterminer l'efficacité du renforcement des fibres naturelles.

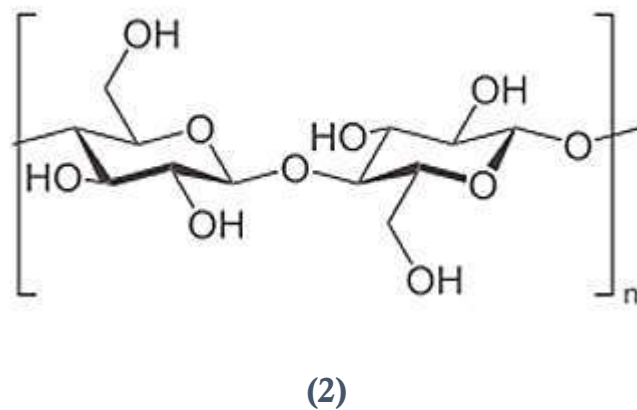
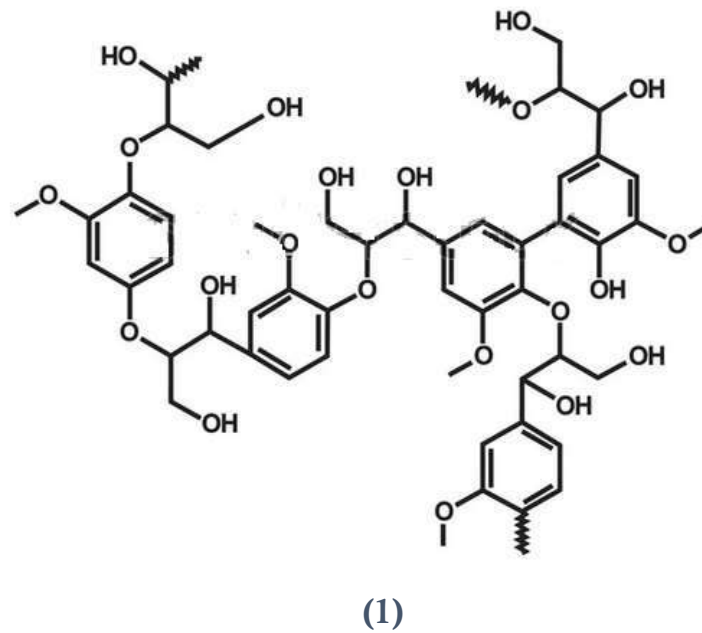


Figure I.4 : Structures chimiques de la lignine et la cellulose [4].

Les propriétés physiques des fibres naturelles sont essentielles pour déterminer si elles conviennent à différentes applications industrielles ainsi qu'aux composites à base de fibres naturelles. La longueur, le diamètre, la masse volumique des fibres, la résistance à la traction, module de fibre ainsi que la conductivité thermique, le coût et la disponibilité sont considérés comme des critères clés pour la détermination de l'utilisabilité des fibres naturelles.

I.4 APPLICATION DES FIBRES DE PALMIERS DATTIERS.

Les fibres de palmiers dattiers présentent l'avantage par rapport à d'autres matériaux adsorbants naturels d'être peu coûteux, renouvelable, écologique et disponible à grande échelle dans le monde entier. Il a été largement utilisé pour l'élimination de plusieurs types de polluants tels que les colorants acides et basiques, les métaux lourds, les pesticides, les huiles et les composés organiques [5].

On s'intéresse dans cette partie à l'élaboration d'un lit fixe utilisant les fibres de palmiers dattiers comme support filtrant pour le traitement des eaux.

I.5 Qu'est qu'un lit fixe ?

On appelle un lit fixe un empilement régulier ou irrégulier (aléatoire) d'un solide divisé formant un milieu poreux tel que le montre le schéma suivant.

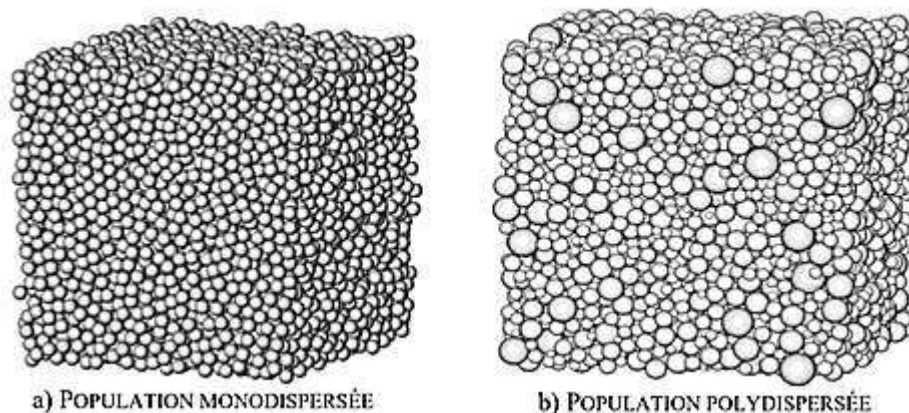


Figure I.5 : lits fixes formés de particules sphériques [6].

La caractérisation d'un empilement est la première étape de dimensionnement de tout procédé impliquant des solides divisés. Il s'agit dans ce cas de la caractérisation géométrique d'une particule isolée et d'un lot de particules.

I.6 Caractérisation géométrique d'une particule isolée.

La taille d'une particule peut être définie par une ou plusieurs grandeurs géométriques. A titre d'exemple, le volume et la surface d'un cube est parfaitement décrite par la connaissance de son arête. En pratique, les particules d'intérêt industriel ont souvent des formes géométriques irrégulières. Pour pallier à ce problème, on a introduit la notion de diamètre équivalent. Celui-ci peut être défini par différentes méthodes [7]. Le tableau donné ci-dessous regroupe les différentes définitions du diamètre équivalent.

Tableau I.2 : Différentes définition du diamètre équivalent

Diamètre	Symbole	Définition
Diamètre de Stokes	d_{st}	Diamètre d'une sphère chutant librement à la même vitesse que la particule dans un fluide donné
Diamètre du tamis	d_T	Ouverture carrée minimale à travers laquelle la particule peut passer
Diamètre en volume	d_V	Diamètre de la sphère de même volume que la particule
Diamètre en surface spécifique	d_S	Diamètre de la sphère qui a la même surface spécifique que la particule
Diamètre de l'aire projetée	d_A	Diamètre du cercle possédant la même surface projetée que la particule
Diamètre de Féret	d_F	Distance entre deux tangentes parallèles à des côtés opposés de la particule
Diamètre de Féret moyen	d_{Fav}	Moyenne des diamètres de Féret mesurés selon des angles compris entre 0 et 180°
Diamètre de Féret maximal	d_{Fmax}	Distance maximale entre deux tangentes parallèles sur des côtés opposés de la particule.
Diamètre de Féret minimal	d_{Fmin}	Distance minimale entre deux tangentes parallèles à des côtés opposés de la particule.

I.7 Facteur de sphéricité

C'est une approche permettant la quantification de l'écart entre la forme d'une particule à la géométrie sphérique. Ses valeurs doit vérifier l'inégalité suivante :

$$0 < \psi \leq 1$$

➤ Pour une sphère :

$$\psi = 1$$

L'exemple présenté sur la figure ci-dessous met en évidence l'écart par rapport à la géométrie sphérique.

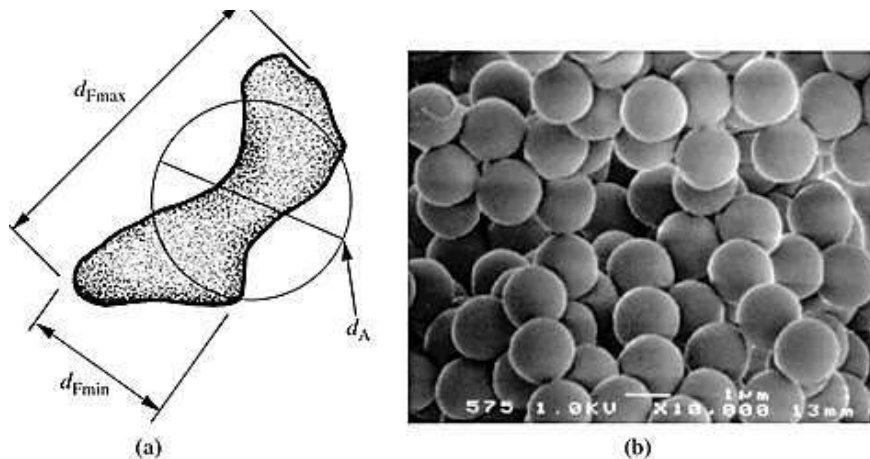


Figure I.6 : Formes géométriques : (a) irrégulière. (b) régulière (SEM-SiO₂) [7]

I.8 Caractérisation géométrique d'un lit de particules.

La caractérisation d'un lit de particule est souvent réalisée par la mesure de trois grandeurs géométriques principales à savoir :

1. La porosité du milieu poreux ;
2. La surface spécifique ;
3. La tortuosité.

➤ La porosité :

C'est la grandeur mesurant le pourcentage du vide (taux du vide). Deux sortes de porosité à distinguer interne et externe définies respectivement par les deux expressions analytiques suivantes :

$$\chi = \frac{V_g - V_s}{V_g}$$

- ✓ V_g : volume apparent du grain (particule)
- ✓ V_s : réellement occupé par le solide.

$$\varepsilon = \frac{V_c - n V_g}{V_c}$$

- ✓ V_c : Volume total de la couche formée de n particules.

➤ La surface spécifique :

C'est grandeur permettant la mesure du degré de finesse des particules. C'est une donnée principale dans la caractérisation d'un matériau poreux. Elle peut être mesurée par rapport au volume ou à la masse. Pour une particule sphérique par exemple, la surface spécifique volumique (en m^2/m^3) et massique sont respectivement données par :

$$s_m = \frac{S}{m} = \frac{6}{\rho_s d} \quad , \quad s_v = \frac{S}{V} = \frac{6}{d}$$

- ✓ d : diamètre de la particule. ρ_s : masse volumique de particule.

Si la forme de particule n'est pas sphérique, un facteur de forme (Φ_s) est introduit pour corriger l'écart à la géométrie sphérique. On écrit alors :

$$s_m = \frac{6}{\Phi_s \rho_s d}$$

- La tortuosité (τ) : C'est une fonction du rapport entre la longueur du chemin d'écoulement réel (L_r) et la longueur du chemin apparent (L_a) tel qu'il schématisé sur la figure donnée ci-dessous.

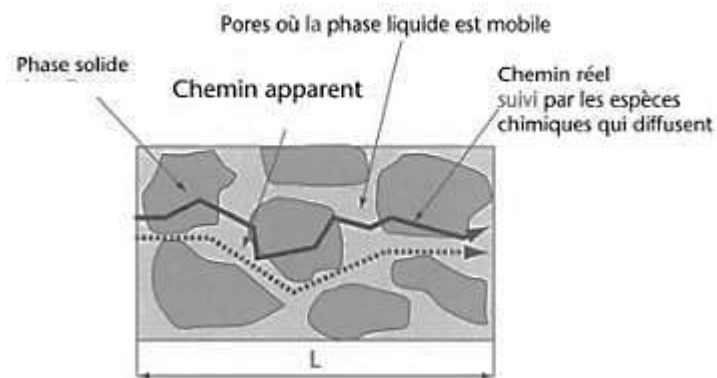


Figure I.7 : Aspect apparent de la tortuosité [8].

Si le régime d'écoulement est laminaire, la tortuosité peut être calculée à partir de la relation suivante :

$$Re_p = \frac{4 \tau \rho_{eau} u_f}{\mu a_{sp} (1 - \epsilon)}$$

- ✓ a_{sp} : surface spécifique du solide. τ : tortuosité

I.9 Modélisation de l'écoulement d'un fluide dans milieu poreux.

La détermination de la perte de charge à travers un milieu poreux est une mesure importante en mécanique de fluide. Pour un régime laminaire, cette grandeur physique peut être déterminée par la loi de **DARCY** à condition que le fluide soit incompressible et l'écoulement unidirectionnel [9]. La loi de darcy s'écrit donc :

$$\Delta P_{lit} = \frac{\mu Z}{B \Omega} q_v$$

- ✓ ΔP_{lit} : perte de charge ;
- ✓ μ : viscosité dynamique du fluide ;

- ✓ Z : Distance dans la direction de l'écoulement du fluide ;
- ✓ B : perméabilité du milieu poreux ;
- ✓ q_v : débit volumique
- ✓ Ω : section du milieu poreux perpendiculaire à la direction de l'écoulement moyen du fluide.

Une représentation schématique de l'expérience de Darcy est présentée ci-dessous.

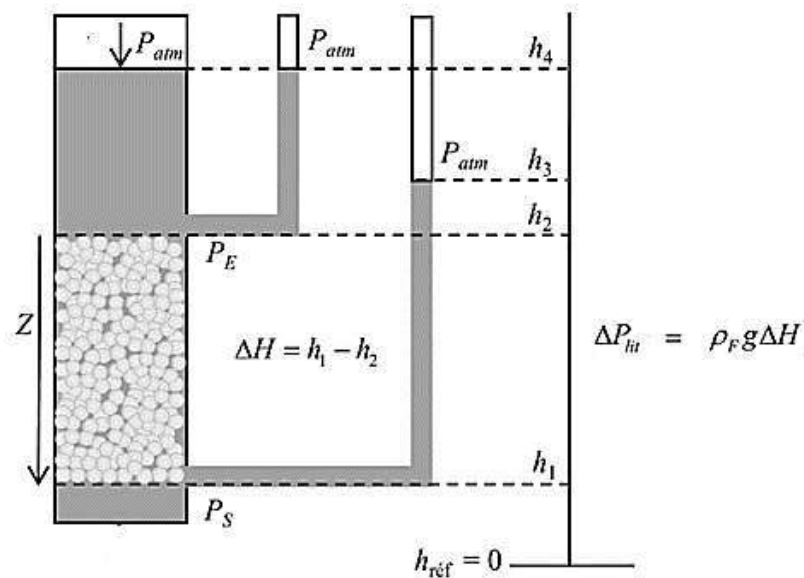


Figure I.8 : Expérience de Darcy [9]

I.10 Equation de Filtration

La filtration via un milieu poreux est régie par l'équation fondamentale suivante :

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p}{r_c \mu (V + V_{eq}) \phi}$$

- ✓ A : section du milieu poreux perpendiculaire à la direction de l'écoulement moyen du fluide.
- ✓ r_c : Résistance spécifique du matériau filtrant

- ✓ μ : Viscosité dynamique du fluide
- ✓ V : Volume de filtrat
- ✓ V_{eq} : le volume de filtrat qui doit passer pour former un gâteau d'épaisseur H_{eq} . Ce volume peut être obtenu à partir de la relation suivante :

$$H_{eq} = \frac{\phi V_{eq}}{A}$$

- ✓ H_{eq} : épaisseur du gâteau.

➤ A pression constante, l'équation de filtration s'écrira comme suit :

$$\frac{t}{V} = \frac{r_c \phi \mu}{2A^2(-\Delta p)} V + \frac{r_c \phi \mu}{A^2(-\Delta p)} V_{eq}$$

Cette équation est une droite dont la pente et l'ordonnée à l'origine sont respectivement données par :

$$\frac{r_c \phi \mu}{2A^2(\Delta p)}$$

$$\frac{r_c \phi \mu}{A^2(\Delta p)} V_{eq}$$

Deuxième Partie (II)

*Résultats expérimentaux et
Discussion*

II MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1 Matériels.

Le matériel utilisé au cours de la réalisation des expériences est le suivant :

- ✓ Un générateur de tension
- ✓ Deux électrodes en aluminium
- ✓ Des tubes cylindriques
- ✓ Un filtre syringe de dimension $0.45 \mu\text{m}$
- ✓ Tube à essai stérile
- ✓ Papier filtre
- ✓ Papier pH
- ✓ Biosorbant (Lif)
- ✓ NaOH
- ✓ H_3PO_4
- ✓ Broyeur à boulet Emax
- ✓ Tamiseuse
- ✓ Centrifugeuse
- ✓ Turbidimètre
- ✓ Viscosimètre

II.2 Méthodes physico-chimiques d'analyse

Quatre méthodes d'analyse physico chimiques ont été utilisées pour la caractérisation des eaux de drainage et le bio-sorbant. L'analyse structurale du charbon actif (matériaux filtrant) a été réalisée par **EDX** (Energy Dispersive X-ray Spectrometry) et **SEM** (Scanning Electronic Microscopie. En revanche, l'analyse des eaux de drainage a été effectuée par **SAA** (spectroscopie d'absorption atomique). Ci-dessous est présenté un petit rappel sur les méthodes d'analyse.

II.2 .1 La spectroscopie d'absorption atomique (SAA)

Principe.

C'est une méthode d'analyse qui utilise la propriété des atomes d'être excités par l'apport d'une énergie extérieure sous forme d'un rayonnement électromagnétique (photons) de fréquence bien définie. Cette technique s'applique de manière courante à l'analyse élémentaire des solutions.

II.2 .2 La turbidité.

Principe.

Le principe de la mesure de turbidité est de comparer l'intensité de la lumière diffusée à 90 degrés par l'échantillon à celle de solutions étalons. C'est une mesure de la résistance d'un échantillon à la pénétration des rayons lumineux qui sont absorbés ou disparus par les particules en suspension, phénomène qui produit la turbidité.

II.2 .3 La viscosité.

Principe.

C'est la propriété que possède une substance fluide d'absorber une contrainte au cours d'une déformation qui est fonction de la vitesse de déformation. La force (τ), la viscosité dynamique et la vitesse de cisaillement (D) sont liées par la relation :

$$\tau = \eta D$$

II.2 .4. Spectroscopie de rayon X à dispersion d'électron (EDX)

Principe.

La spectroscopie X à dispersion d'énergie (Energy dispersive X-ray spectrometry, EDX) utilise les rayons X caractéristiques générés dans un échantillon irradié par un faisceau d'électrons pour

l'identification des éléments chimiques. Les concentrations détectables sont de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-3} . L'analyse **EDX** est une méthode non destructive et très rapide qui permet d'effectuer une analyse quantitative des échantillons solides.

II.2 .5 Microscopie électronique à balayage (MEB)

Principe.

C'est une technique capable de produire des images en haute résolution de la surface d'un échantillon en utilisant le principe des interactions électrons-matière.

II.3 EXPERIMENTAL

II.3.1 Préparation du filtre.

Le matériau filtrant utilisé dans cette étude est le fibrillum du palmier dattier connu couramment par Lif. un prétraitement par une solution de NaOH concentrée (1M) visant à éliminer les impuretés d'origine minérale. L'opération consiste à imprégner le matériau dans la soude pendant 24H et est lavé plusieurs fois par l'eau distillée et laissé sécher à 120°C pendant 4 heures. Le lif purifié est ensuite broyé et tamisé. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau II.1 : Conditions de broyage et du tamisage du lif

Broyage	
Vitesse de broyage : 900 tr/min	Temps de broyage : 40 min
Tamisage	
Nombre de fractions :	3
Diamètres moyens :	$df_1 = 250 \mu\text{m}$, $df_2 = 315 \mu\text{m}$, $df_3 = 400 \mu\text{m}$

➤ df_i : est le diamètre moyen des particules (diamètre du tamis). $df_i = (d_i + d_{i-1})/2$

II.3.2 Préparation d'un Charbon actif.

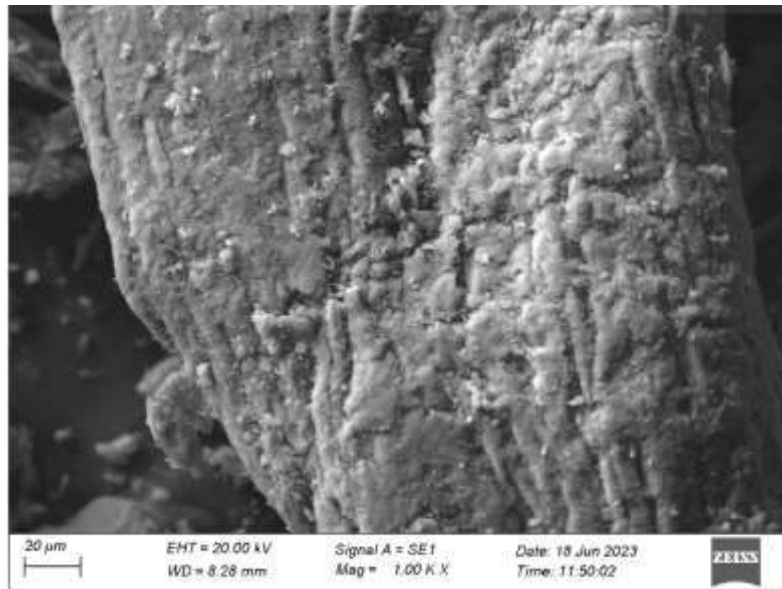
En vue d'améliorer théoriquement l'adsorbabilité de la poudre du lif, nous avons procédé à sa calcination et son activation chimique. La calcination a été faite dans un four à 400 C°. Le protocole d'activation chimique est le suivant :

1. Le précurseur est lavée à l'eau de robinet puis séchée à l'étuve 110°C pendant 3 jours ;
2. Après séchage, le matériau est broyé puis tamisé pour homogénéiser la taille des particules ;
3. Le précurseur broyé est ensuite imprégné par l'agent chimique (H_3PO_4) pendant 24 heures ;
4. Après les 24 heures, les échantillons imprégnés sont séchés à l'étuve à 110°C jusqu'à évaporation complète du liquide d'imprégnation ;
5. Les échantillons séchés sont mis dans des creusets et portés dans un four pour être carbonisés à la température de 400°C pendant 3 heures ; Après refroidissement, les échantillons sont lavés à l'eau distillée sous agitation jusqu'à ce que le pH de l'eau de rinçage soit compris entre 6,5 et 7. Ils sont enfin séchés à l'étuve à 110°C pendant 24 heures et conditionnés.

II.3.3 Caractérisation physique du précurseur.

L'effet de l'activation du précurseur a été constaté par la comparaison de son état de surface avant et après activation chimique . Les résultats obtenus par le MEB sont présentés sur la figure suivante.

(A)



(B)

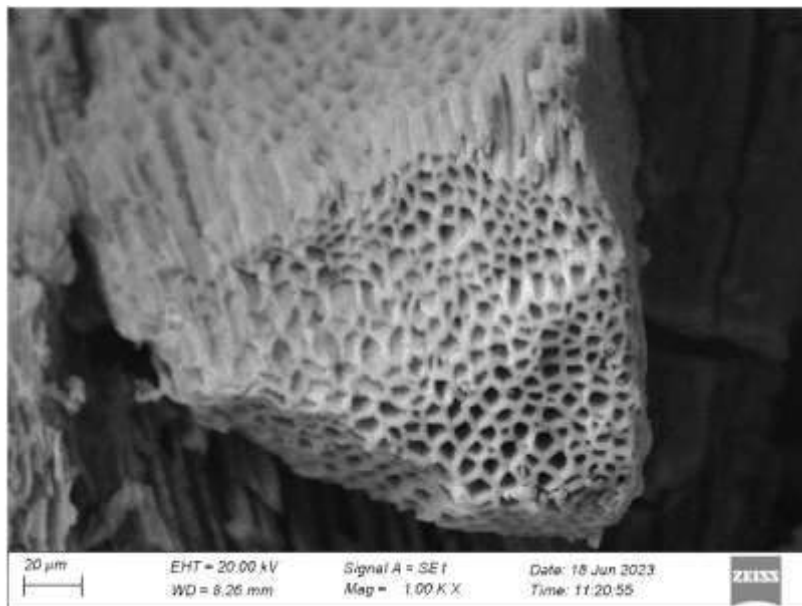


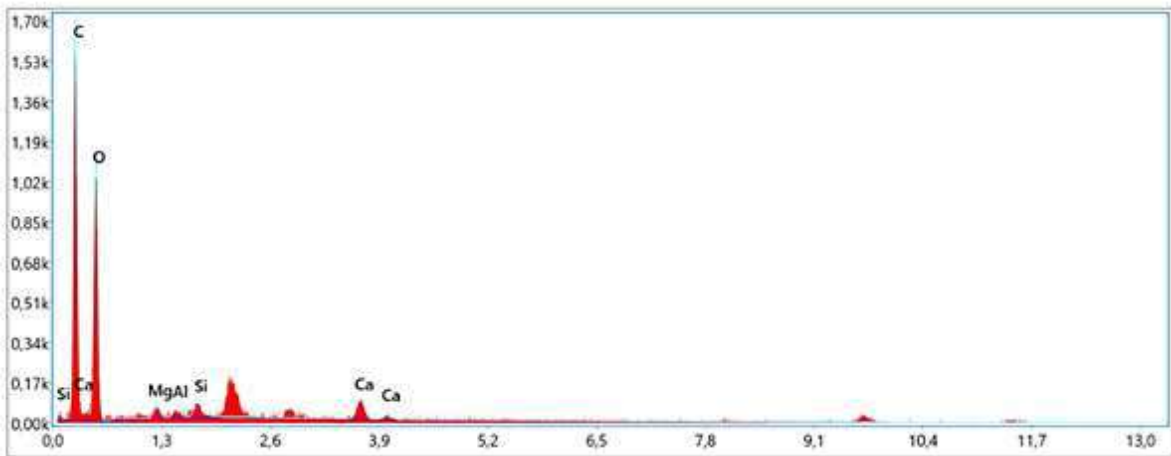
Figure II.1 : Micrographes obtenus par **MEB** comparant la morphologie du précurseur avant (A) et après activation (B).

On s'aperçoit d'après la figure précédente qu'il y a une nette amélioration de l'état de surface du précurseur avant et après activation exprimée en l'apparition de micro cavités.

II.3.4 Caractérisation chimique du précurseur.

La caractérisation chimique dans ce cas est réalisée par l'EDX. Les résultats obtenus avant et après activation sont montrés sur la figure suivante.

(C)



(D)

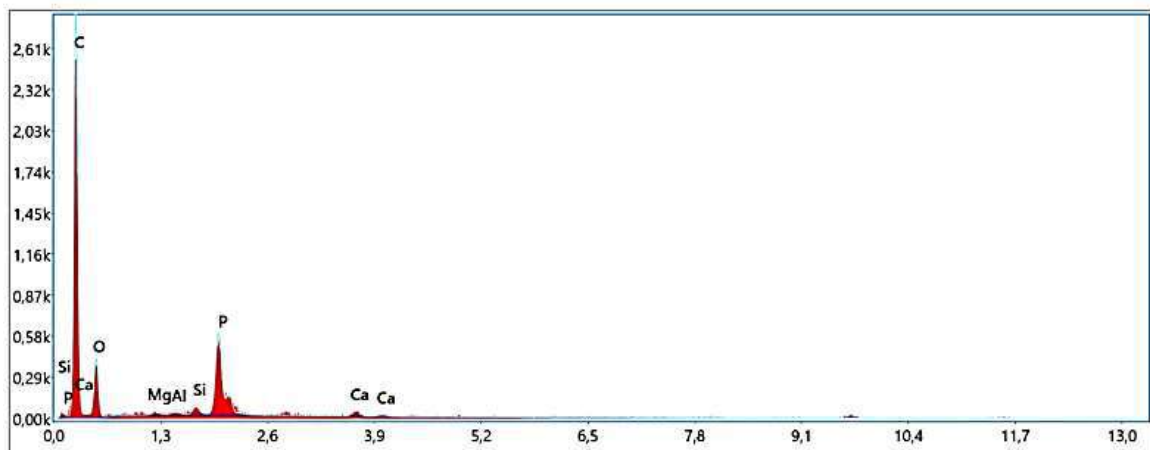


Figure II.2 : composition du précurseur avant et après activation.

On remarque d'après la figure précédente qu'il y eu apparition de l'élément phosphore sur la surface du précurseur après activation chimique.

II.3.5 Prétraitement des eaux de drainage. Une électrolyse des eaux de drainage a été réalisée en vue de réduire la matière en suspension. Ce procédé est connu par l'électrocoagulation. Le processus consiste à

appliquer une différence de potentiel entre les bornes de deux électrodes en aluminium tel qu'il est montré sur la figure donnée ci-dessous. Le montage expérimental est composé de deux électrodes d'Aluminium de surfaces 2.5cmX5cm. Les deux électrodes sont ensuite branchées à un générateur de tension (5A, 30V). La distance entre les deux électrodes est de 2.5 cm.

Cette opération conduit à la formation d'un produit surnageant résultant de réactions oxydatives conduisant à la destruction de la matière en suspension.

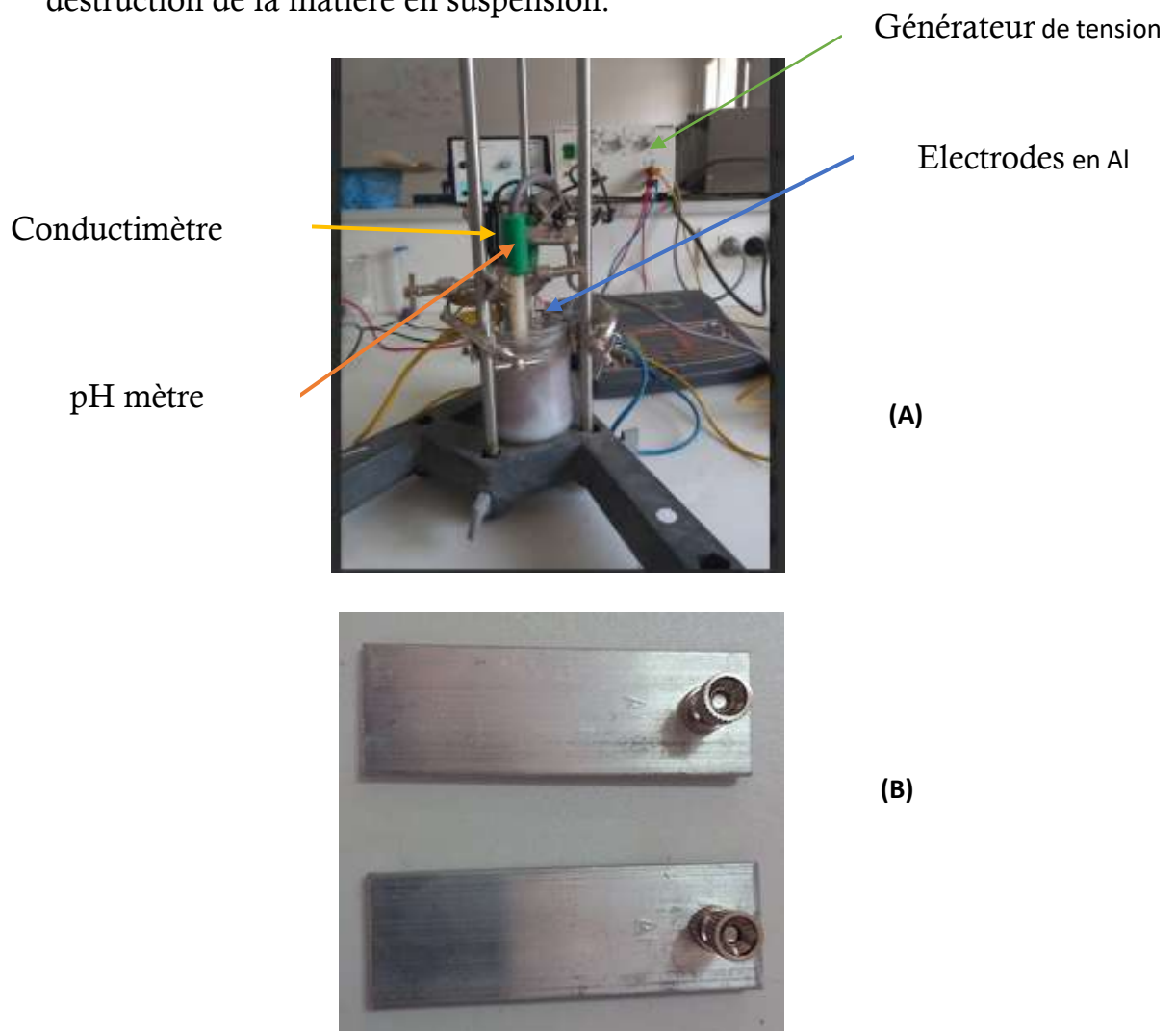


Figure II.3 : Montage expérimental d'électrocoagulation (A). Électrodes (B)

II.3.6 Elaboration d'un filtre à base du charbon actif.

On s'intéresse dans cette partie à la filtration de l'eau de drainage sur un lit fixe contenant du charbon actif. Le lit en question est présenté ci-dessous.

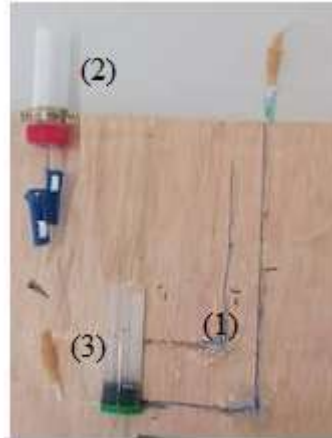


Figure II.4 : dispositif expérimental de filtration. (1) : système de mesure de la perte de pression (ΔP) (2) : Réservoir. (3) : lit fixe obtenu par la jonction du tube à essai stérile avec le filtre syringe.

Caractérisation géométrique du lit.

On se propose ici de calculer la résistance et la perméabilité du milieu filtrant. Le calcul est basé sur l'application de la loi de Darcy ou l'on suppose que le régime d'écoulement est laminaire. Dans ce cas la perméabilité se calcul par la relation suivante :

$$\frac{\Delta P}{\mu} = R_{\text{tot}} q_v$$

- ❖ q_v : est le débit volumique (ml/min)
- ❖ μ : viscosité de l'eau (Pa.s).
- ❖ ΔP : perte de pression (Pa)
- ❖ R_{tot} : résistance du milieu filtrant.

Le milieu filtrant dans ce cas est une syringe dont la forme est géométrique est présentée ci-dessous

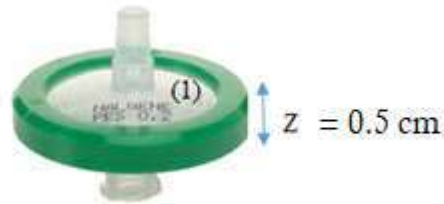


Figure II.5 : Filtre syringe. (1) : surface filtrante ayant des pores dont le diamètre vaut $0.45 \mu\text{m}$. Z : épaisseur du milieu filtrant

Le calcul de la résistance du milieu filtrant repose sur la détermination du débit volumique et la perte de charge. Les essais préliminaires ont donnés les résultats suivant.

Tableau II.2. Détermination expérimentale de la perte de charge

Temps (s)	Volume (mL)	Débit (ml/min)	ΔP (mmH ₂ O)	ΔP (Pa) = $\rho g \Delta H$
20	6	18	80 mm	784

1 mmH₂O = 9,8066 Pa. La viscosité (μ) = 0.001 Pa.s

➤ La résistance du milieu filtrant vaudra donc :

$$R_f = \frac{\Delta P}{q_v \mu} = 2493 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$$

➤ Détermination de la perméabilité du milieu filtrant :

$$B = \frac{Z}{\Omega R_f} = \frac{4Z}{\pi D^2 R_f} = 37.75 \text{ Darcy}$$

Avec : **1Darcy = $0.98 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$**

Etant donné que la résistance totale du lit vérifie l'égalité suivante :

$$R_{\text{tot}} = R_f + R_c$$

➤ R_c : résistance du charbon actif.

- La résistance du charbon vaudra donc : $R_{\text{tot}} - R_f = R_c$

La perte de charge mesurée dans le cas où le lit est formée d'une couche de charbon actif est 882 Pa . La résistance totale se donne dans ce cas par :

$$R_{\text{tot}} = \frac{\Delta P}{q_v \mu} = 2940 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$$

- D'où, la résistance du charbon $R_c = R_{\text{tot}} - R_f = 447 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$
- La résistance du charbon représente donc 15 % de la résistance totale. La résistance à l'écoulement revient essentiellement à la résistance du filtre.

Conclusion générale

Au terme de ce travail modeste , nous avons pu réaliser le suivant :

1. Préparation d'un charbon actif possédant des caractéristiques structurales intéressantes.
2. Caractérisation physico-chimique de l'adsorbant
3. Etude expérimentale de la filtration sur un lit fixe contenant une masse poreuse d'un bio-sorbant.

Les résultats obtenus ont montré que la résistance à l'écoulement revient essentiellement au milieu filtrant (filtre seringue).

En perspective , nous envisagerons exploiter ces résultats pour suivre la cinétique d'adsorption de quelques polluant majeurs des eaux de drainage sur le lit du charbon actif. L'analyse par spectroscopie d'absorption atomique a révélé la présence du cobalt, du chrome, du Nickel et de molybdène.

Il est à noter que l'élimination de la matière en suspension par électrocoagulation est une étape importante lors de l'élaboration d'un prototype de traitement des eaux de drainage.

Références bibliographiques

- [1] Agoudjil B. **Renewable materials to reduce building heat loss : characterization of date palm wood.** Energy Build 43:491–497 (2011)
- [2] G. Toutain. **LE PALMIER DATTIER** (1967)
- [3] Bekheet S. **Date palm biotechnology in Egypt** (Review article). Appl Sci Report 3:144–152(2013)
- [4] Wertz, J.L. : **Cellulose Science and Technology**, EPFL Press (2010)
- [5] Kalia S. **Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites-a review.** Polym Eng Sci 49:1253–1272 (2009)
- [6] De BIOCCHI. **Les polluants et les techniques d'épuration des fumées** (2009) 304.
- [7] Jean-Marie Haussonne. **Traité de Matériaux.** Editions : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (2005)
- [8] Raoul Calvet. **Le sol : propriétés et fonctions.** Editions France agricole (2003).
- [9] Sabine Rode .**opérations poly phasiques en génie des procédés.** Edition : ellipses(2023).