

RESEARCH ARTICLE



CARACTERISATION DES FEUILLES DE BANANIER ET DE BADAMIER DANS LE BUT DE LEURS UTILISATIONS COMME MEMBRANES D'UNE CELLULE ELECTROCHIMIQUE

CHARACTERIZATION OF BANANA AND BADAMIER TREE LEAVES FOR THE PURPOSE OF THEIR USE AS MEMBRANES OF AN ELECTROCHEMICAL CELL

| Jaofara ^{1,2,3} | Lehimenia Clément ¹ | Mamihariaona Ramaroson ² | et | Nozère Nemphia Randriamanantena ^{1,2} |

¹. Université d'Antsiranana | Faculté des Sciences | Laboratoire de chimie | BP : O, 201, Antsiranana | Madagascar |

². Université d'Antsiranana | Ecole Supérieure Polytechnique | Laboratoire de chimie des matériaux | BP : O, 201, Antsiranana | Madagascar |

³. Université d'Antsiranana | Faculté des Sciences | Laboratoire de polyaquaculture | BP : O, 201, Antsiranana | Madagascar |

|Received | 03 August 2017|

|Accepted | 13 August 2017|

|Published 20 August 2017|

RESUME

Contexte : Dans les pays sous-développés, l'accès à l'énergie est encore très difficile suite à l'insuffisance des infrastructures correspondantes et élevé cherté. La recherche de sources d'énergies renouvelables qui donnent de l'énergie moins chère est par conséquent d'actualité. **Objectif :** Obtention d'énergie électrique renouvelable moins chère accessible surtout en milieu rural.

Méthode : Analyse de perméabilité des feuilles de bananier (*Musa paradisiaca*) et de badamier (*Terminalia catappa*) à la molécule d'eau et aux ions. Tests de ces deux feuilles à la résistance aux acides. Mesures de variations de valeurs de différence de potentiel, d'intensité de courant et de pH lors de l'utilisation de ces feuilles comme membrane électrochimique. **Résultats :** Les feuilles sont imperméables aux molécules d'eau mais elles sont perméables aux ions surtout aux ions monoatomiques. Le courant obtenu dépend entièrement du type d'électrodes et des solutions électrolytiques utilisées. Les densités de l'intensité du courant sont aux alentours de 8 A.m⁻² et 80 A.m⁻², les électrolytes sont respectivement des couples eau douce/eau de mer et HCl 0,5 M/eau de mer, **Conclusion :** Ces feuilles sont efficaces dans leurs utilisations comme membrane séparatrice dans une cellule électrochimique. Entre les deux feuilles, la feuille de bananier est plus efficace du point de vue de longévité.

Mots clés : énergie renouvelable, membrane électrolytique, feuilles de bananier et de badamier, perméabilité, solution électrolytique, corrosion électrochimique.

ABSTRACT

Context: In the underdeveloped countries, access to energy is still very difficult due to the inadequacy of the corresponding infrastructure and high cost. The search for renewable energy sources that give less expensive energy is therefore topical. **Objective:** To obtain less expensive renewable electric energy that can be accessed mainly in rural areas. **Method:** Analysis of the permeability of banana leaves (*Musa paradisiaca*) and badamier (*Terminalia catappa*) to the water molecule and ions. Tests of these two sheets to acid resistance. Measurements of variations in potential difference, current and pH values when using these sheets as an electrochemical membrane. **Results:** The leaves are impermeable to water molecules but they are permeable to ions especially to monatomic ions. The current obtained depends entirely on the type of electrodes and the electrolytic solutions used. The intensities of the current are around 8 A.m⁻² and 80 A.m⁻², the electrolytes are respectively freshwater / sea water and 0.5 M HCl / seawater. **Conclusion:** These sheets are Effective in their uses as a separating membrane in an electrochemical cell. Between the two leaves, the banana leaf is more efficient from the point of view of longevity.

Key words: electrolytic membrane, banana and badamier tree leaves, permeability, electrolytic solution, electro-chemical corrosion.

1. INTRODUCTION

L'électricité fait partie des éléments clés de développement. Elle a un rôle central dans notre vie [1]. L'exploitation d'énergie électrique renouvelable est le moyen le plus efficace du point de vue de protection de l'environnement. Leur source est partout dans le monde (vent, eau, soleil, déchet,...) [2], mais l'exploitation reste encore insuffisante et difficile. Notre étude propose une exploitation d'énergie électrique simple et plus accessible surtout en milieu rural qui est le moins coûteux: utilisation des feuilles de bananier et de badamier dans le domaine de membrane électrolytique pour produire du courant électrique. Le bananier se répand presque partout dans le monde à partir des années 1516 [3]. Le badamier existe presque dans toutes les côtes des îles du monde entier. Leurs feuilles sont utilisées dans un vaste domaine comme nourriture (animale), matériel, traitement,...[4, 5]. Mais elles ne sont pas encore utilisées comme source d'énergie électrique. Dans notre étude, les feuilles sont utilisées dans le domaine d'une pile électrochimique pour séparer physiquement deux solutions électrolytes différentes. Une pile ou une pile électrochimique est la transformation d'énergie chimique en énergie électrique [6, 7]. L'association d'au moins deux électrodes constitue une cellule

électrochimique et un séparateur entre l'anode et la cathode est nécessaire pour empêcher le mélange des électrolytes et minimiser la formation de corrosion, tout en assurant l'écoulement du courant, essentiellement par migration ionique [7, 8]. C'est la raison pour laquelle John Frédérique Daniel utilisait un pont salin pour relier deux solutions électrolytiques différentes [9]. Concernant son prix, l'auteur [1] a remplacé le pont salin par une vase ou paroi poreuse et il a aussi trouvé que la vase poreuse est difficile à manipuler. Pour minimiser aussi le coût d'énergie, on va remplacer la vase poreuse par les feuilles de bananier et badamier. Elles sont moins chères ou même gratuites et très abondantes surtout en milieu rural. D'après l'auteur [10], la feuille de bananier est riche en acide organique : citrique, malique, glutamique, oxalique et succinique. Le rôle principal de l'acide organique diminue ou ralentit la formation de corrosion dans les métaux [11].

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériels : Les éléments utilisés sont cités dans le tableau ci-après:

Tableau 1 : Le tableau montre le matériel utilisé.

Matériaux	Solvant	Solutions électrolytiques	Appareils
Membrane séparatrice (feuilles de bananier et badamier)	Eau distillée	Eau de mer Eau douce	pH mètre Multimètre
Electrodes (graphite et zinc)		HCl (acide chlorhydrique)	Microscope "Digimicro 2-0 scle"
Pince crocodiles		HNO ₃ (acide nitrique)	
Fils		H ₂ SO ₄ (acide sulfurique)	
Cellule électrochimique			

2.2. Méthodes

2.2.1. Test de perméabilité : Perméabilité aux solvants (molécule d'eau) : Deux compartiments ont été séparés par une feuille de bananier ou de badamier. De l'eau distillée a été introduite dans l'un des compartiments et l'autre été resté vide (figure 1).

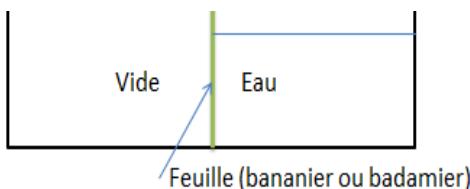


Figure 1: Test de perméabilité des feuilles aux molécules d'eau

Perméabilité aux ions: Deux compartiments ont été séparés à l'aide d'une feuille de bananier ou de badamier. De l'eau distillée de 50 mL a été introduite dans l'un des compartiments et 50 mL de solution 0,5 M de HCl dans l'autre. Le pH a été mesuré en fonction du temps. Le principe des installations est résumé dans le tableau suivant.

Tableau 2: Composition de l'installation utilisée pour l'analyse de perméabilité aux ions de ces feuilles.

Compartiment 1	Séparation	Compartiment 2
Eau distillée	Feuille de bananier	HCl (0,5 M)
Eau distillée	Feuille de badamier	HCl (0,5 M)

2.2.2. Comportement des feuilles face aux acides concentrés : Les effets des acides tels que l'acide sulfurique (H₂SO₄) 37%, l'acide nitrique (HNO₃) et l'acide chlorhydrique 30% (HCl) sur ces feuilles ont été observés à l'aide de microscope marque « Digimicro 2-0 scle » avec grossissement de 20 fois. Pour cela, deux ou trois gouttes de ces acides ont été versées sur les feuilles et l'observation a été faite immédiatement.

2.2.2. Réalisation d'une cellule électrochimique: Les expériences ont été réalisées de deux façons différentes. Dans la première, les électrodes utilisées étaient le zinc et le graphite et les solutions utilisées étaient l'eau douce et l'eau de mer. Dans la seconde, les électrodes utilisées étaient les mêmes que dans la première mais les solutions utilisées étaient l'eau de mer et HCl de 0,5 M. De plus, à chaque combinaison d'électrolytes utilisées, les feuilles de bananier et de badamier ont été utilisées comme membranes séparatrices. La figure ci-après montre le schéma de l'installation.

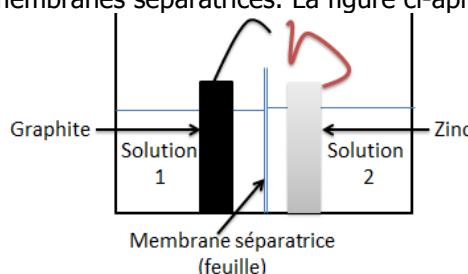


Figure 2: La figure montre le principe d'installation d'une cellule électrochimique.

Le résumé de principe des installations dans une cellule électrochimique est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 3: Le tableau montre les compartiments 1 et 2 contiennent deux électrolytes et deux électrodes différents; la séparation se fait à l'aide des feuilles de bananier et badamier à chaque installation.

Installation	Compartiment 1	Séparation	Compartiment 2
1 ^{ère}	Eau douce (400 mL)	Feuille de bananier	Eau de mer (400 mL)
	Eau douce (400 mL)	Feuille de badamier	Eau de mer (400 mL)
2 ^{eme}	HCl 0,5 M (50 mL)	Feuille de bananier	Eau de mer (50 mL)
	HCl 0,5 M (50 mL)	Feuille de badamier	Eau de mer (50 mL)

Le zinc est la borne négative et il est le siège de réaction d'oxydation. Le graphite est la borne positive et il est le siège de réaction de réduction.

Pour la première installation, le graphite a été trempé dans l'eau de mer et le zinc étant dans l'eau douce ($\text{-Zn(s)/eau douce//eau de mer/C}^+$). La surface totale des électrodes (zinc et graphite) était 240 cm^2 et la surface des feuilles était 150 cm^2 . Les valeurs de différence de potentiel et intensité de courant ont été relevées, à l'aide d'un multimètre, pendant six semaines.

Dans la deuxième installation, le graphite a été trempé dans HCl et le zinc dans l'eau de mer ($\text{-Zn(s)/eau de mer//HCl/C}^+$). Les valeurs de différence de potentiel et l'intensité de courant ont été relevées journallement durant une semaine. La surface totale des électrodes (zinc et graphite) était $24,5 \text{ cm}^2$ et les surfaces des feuilles étaient 8 cm^2 et 12 cm^2 .

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3. 1. Perméabilité :

- ❖ Perméabilité aux molécules d'eau:

Durant une semaine, on n'a observé aucune fuite d'eau dans le compartiment 1. Ce qui nous montre que les feuilles de bananier et de badamier sont imperméables à la molécule d'eau.

- ❖ Perméabilités ioniques:

Les courbes suivantes montrent l'évolution du PH des solutions lors de transferts ioniques d'un compartiment vers l'autre durant une semaine.

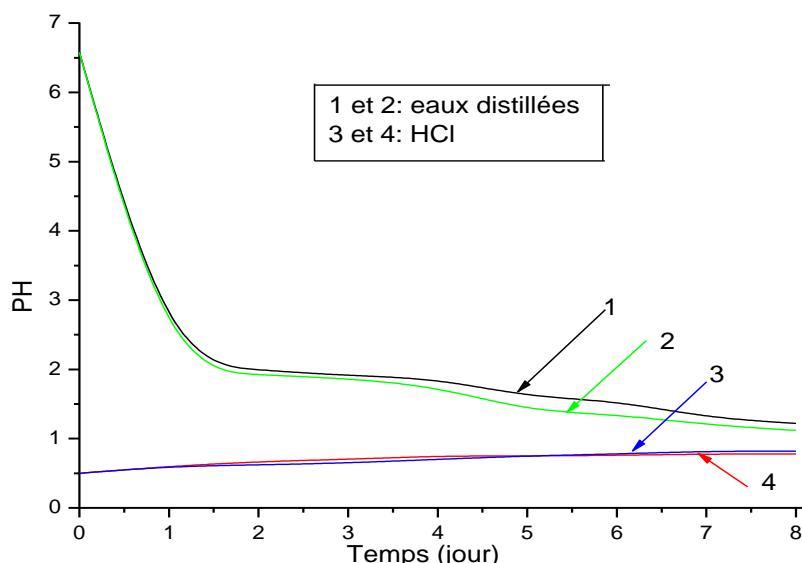


Figure 3: La figure montre l'évolution de pH avec une erreur de $\pm 0,1$. 1, 4 eaux distillées et HCl (0,5 M) séparées par la feuille de bananier et 2, 3 eaux distillées et HCl (0,5 M) séparées par la feuille de badamier.

D'après les courbes obtenues, les ions traversent les feuilles d'un compartiment vers l'autre compartiment. Le déplacement ionique se fait de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée. Notre expérience a

montré le même phénomène que celle de l'auteur [1]. La porosité de feuille est la condition nécessaire pour que les ions puissent la traverser.

La feuille de bananier est amphi stomatique. En moyenne de 20000 par cm^2 stoma sur la face inférieure et 4000 par cm^2 stoma sur celle supérieure et ses ouvertures varient de 0 à $10 \mu\text{m}^2$ à l'état naturel et 0 à $100 \mu\text{m}^2$ dans l'autre condition [12].

La figure suivante montre la structure interne de la feuille de bananier.

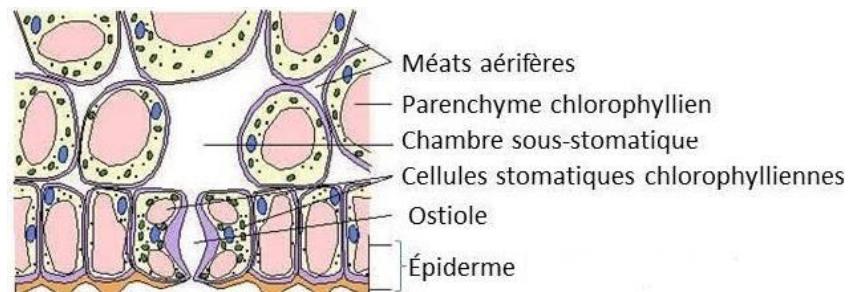


Figure 4: La figure montre la coupe transversale de feuille de bananier.

A l'intérieur de cette feuille, il y a des lacunes comme nous voyons dans la figure ci-dessus. Elles peuvent laisser des ions traverser la feuille vers l'autre compartiment. Sous l'action de différence de concentration dans les deux solutions, les ions entrent dans les stomates puis traversent l'intérieur de cette feuille et ils sortent dans le stoma de l'autre côté. L'épaisseur de cette feuille varie de $150 \mu\text{m}$ à $630 \mu\text{m}$ suivant le nombre de chromosomes et genre de bananier [13].

Pour la feuille de badamier, on ne trouve pas de structure de feuille bien détaillée. Vu à l'œil nu, l'épaisseur de la feuille de badamier est égale à celle de la feuille de bananier.

L'ouverture de stoma des feuilles est largement supérieure à celle du papier filtre et vase poreuse. Par contre, la surface des lacunes à l'intérieur de feuille est très petite. A propos de diamètre ionique, le diamètre d'anion est supérieur à celui de cation selon la présentation de l'auteur [14] sur anion et cation d'hydrogène. Donc, le déplacement de cation est plus facile surtout pour les cations monoatomiques.

Dans deux solutions de concentrations différentes, les ions dans la solution la plus concentrée ont eu tendance à équilibrer leur concentration à celle qui est la moins concentrée. C'est pourquoi les courbes 1 et 4 ont tendance à se rejoindre l'une de l'autre c'est-à-dire que les pH des deux solutions tendent vers une même valeur. Donc, le pH représenté par la courbe 4 augmente alors que celui représenté par la courbe 1 diminue.

3.2. Attaque des acides concentrés sur les feuilles : Observé à l'aide de microscope marque « Digimicro 2-0 scèle », cinq minutes après les versements des gouttes d'acides sur les feuilles, la couleur verte des feuilles disparaît suivant les solutions utilisées. La diminution de l'épaisseur des feuilles dans la partie plus attaquée (noire) a été constatée. Ce qui indique que les feuilles ont été attaquées par les solutions acides concentrées. On a observé que l'attaque de HNO_3 est plus forte et l'attaque de HCl est plus faible. Parmi les trois acides testés, le mieux utilisé est le HCl . On a remarqué ensuite que la feuille de bananier est plus résistante à la solution d'acide concentrée que la feuille de badamier. Malgré cela, les feuilles sont difficiles à manipuler dans la solution très concentrée.

Les résultats de ces études nous amènent à décider d'utiliser les feuilles de bananier et de badamier comme membranes séparatrices dans une cellule électrochimique en vue d'obtenir du courant électrique. Elles peuvent remplacer le rôle de pont salin ou vase poreuse dans une cellule électrochimique.

3.3. Résultats de test de l'efficacité de ces feuilles en tant que membrane séparatrice sur une cellule électrochimique

3.3.1. Première expérience : Dans la première expérience, on a utilisé l'eau de mer et l'eau douce comme électrolyte. Les valeurs de tension du courant obtenues lors de la première expérience ont été mesurées à l'aide d'un multimètre pendant six semaines. Tout au long de cette expérience, on a branché en permanence une petite charge (laser d'une lampe de poche LED). Les valeurs de tension du courant mesuré au cours cette expérience sont présentées dans la figure ci-après.

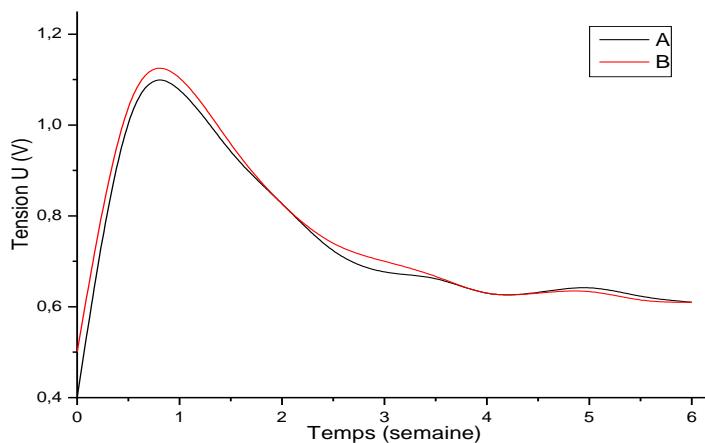


Figure 5 : La figure montre l'évolution des valeurs de tension du courant durant 6 semaines. A : eau douce et eau de mer séparées par une feuille de badamier et B : eau douce et eau de mer séparées par une feuille de bananier.

Sur cette figure, les valeurs de tension du courant produit par les utilisations de la feuille de bananier et de la feuille de badamier sont presque équivalentes. Ces courbes nous montrent qu'il y a eu une forte diminution de tension de courant après une semaine d'expérience. Dans ces installations, l'électrode en graphite étant dans l'eau de mer et l'électrode de zinc dans l'eau douce. L'auteur [15] a dit que l'oxygène est un facteur accélérateur de la corrosion en milieu aqueux. Donc, l'eau de mer et l'eau douce sont corrosives mais l'eau de mer est plus corrosive. La corrosion des électrodes affaiblit la capacité de transfert des électrons. C'est la raison pour laquelle cette tension diminue fortement.

Pendant la période d'expérimentation, l'intensité du courant a débuté avec une valeur de 70 mA et elle s'est stabilisée entre 190 et 200 mA. Mais à la sixième semaine de l'expérience, elle a diminué jusqu'à 180 mA.

En électrochimie, la densité du courant est la plus importante [16]. Son unité est A.m² et sa formule est :

$$D = \frac{I}{S_t} \quad (1)$$

Avec D - la densité du courant, I - l'intensité du courant et S_t - la surface totale d'électrode (S_{anode} + S_{cathode}).

Les densités du courant obtenues lors de cette expérience sont présentées dans la figure ci-après.

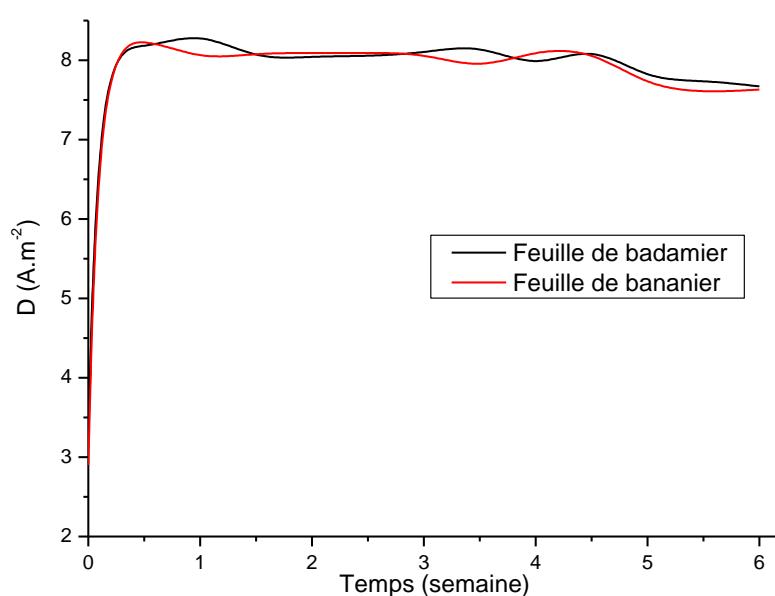


Figure 6 : La figure montre la variation de la densité de l'intensité du courant durant 6 semaines.

La densité de courant est stable à une valeur de 8 A.m^{-2} jusqu'à la 5^{ème} semaine et elle est devenue inférieure à 8 Am^{-2} après la 6^{ème} semaine. Dans ce cas, l'intensité de courant varie de 190 mA à 200 mA et elle est devenue inférieure à 190 mA après la 5^{ème} semaine. La forte corrosion que subit l'électrode perturbe la circulation des électrons. Le courant produit par les cellules électrochimiques utilisant les feuilles de bananier et de badamier sont presque les mêmes au cours du temps.

3.3.2. Deuxième expérience : Dans la deuxième expérience, on a utilisé l'eau de mer et HCl 0.5 M comme électrolytes.

Les valeurs de tension de la deuxième expérience sont présentées dans la figure ci-après.

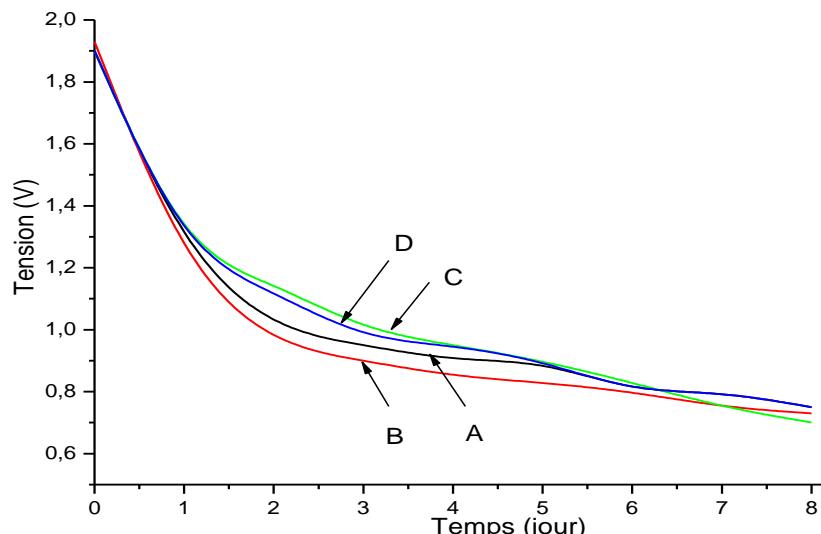


Figure 7: Variation de tension de courant en fonction du temps avec solution de [HCl] 0.5M et eau de mer: A, B sont respectives avec feuilles de badamier et de bananier 8 cm^2 et C, D sont respectives avec feuilles de badamier et de bananier 12 cm^2 .

L'électrode utilisée a été l'électrode d'une pile R20 de tension 1.5 V. Dans notre expérience, la tension obtenue au début a dépassé celle de cette pile, mais elle a ensuite diminué brusquement. Cette diminution a été causée par la formation de corrosion sur l'électrode. L'eau de mer est très corrosive pour le zinc. Suite à cette propriété, il y a formation de Zn(OH)_2 qui, atteint quelque micron mètre d'épaisseur et de ZnO sur l'électrode de zinc, ce qui le rend passif.

L'inégalité de surface de feuille et la concentration de solution n'ont pas eu de grande influence sur la différence de potentiel. C'est pourquoi toutes les valeurs de la différence de potentiel sont presque les mêmes. En plus de formation de corrosion, le contact a modifié totalement la valeur réelle de l'installation.

Pour les densités de l'intensité du courant:

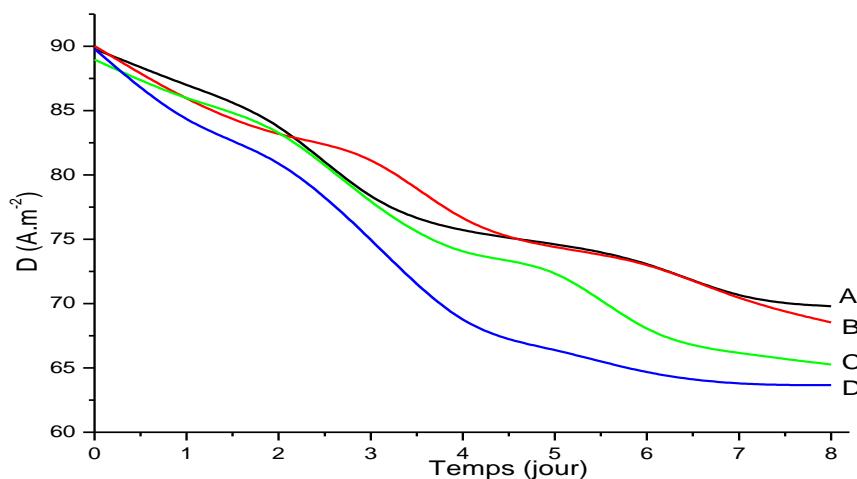


Figure 8: Variation de la densité de courant en fonction du temps avec HCl 0.5M d'un compartiment et eau de mer dans l'autre: courbes A, B sont respectivement à l'aide des feuilles de badamier et de bananier de surface 12 cm^2 et C, D, sont respectivement des feuilles de badamier et de bananier de surface 8 cm^2 .

L'inégalité des surfaces de feuille sur la séparation conduit à une faible inégalité de l'intensité du courant produit.

3.1.1. Différence des valeurs de première et deuxième expérience

Tableau 4: La tableau montre la comparaison des première et deuxième expériences.

Expériences	Electrolytes	Surface totale d'électrode (cm ²)	D (A.m ⁻²)	U (V)	Temps (semaine)
1	Eau douce et eau de mer	240	8 à 7,5	1,15 à 0,65	6
2	HCl 0,5M et eau de mer	24,5	80 à 65	1,85 à 0,7	1

- ❖ Densité de l'intensité du courant

Les densités de l'intensité du courant présentent un grand décalage. Dans la deuxième expérience, la valeur de densité obtenue est presque dix fois plus grande à celle de la première. Le remplacement d'eau douce par HCl (0,5 M) dans la deuxième expérience augmente la valeur de la densité de courant. L'emploi de solution plus concentrée rend la conductivité élevée, qui augmente aussi l'intensité du courant. Mais dans la solution très concentrée, la mobilité ionique diminue et provoque la diminution du courant.

L'HCl est plus corrosif que l'eau douce. C'est la raison pour laquelle la densité du courant dans la deuxième expérience diminue brusquement. De plus, HCl attaque fortement les électrodes surtout les électrodes en métalliques.

- ❖ Tension électrique du courant

La tension du courant de deuxième expérience est encore supérieure à celle de la première expérience. Leur différence est la conséquence de différence de concentration des électrolytes utilisés. La formation de corrosion à la surface de l'électrode diminue la surface de contact entre celle-ci et les ions dans l'électrolyte. Par conséquent, la tension diminue brusquement surtout dans HCl.

3.1.2. Réactions mise en jeu :

Une pile est formée de deux demi-piles. Chacune a une demi-réaction.

- ❖ Pour l'anode (zinc)

Elle est le siège de réaction d'oxydation. Elle donne des électrons. Sa réaction est de la forme :

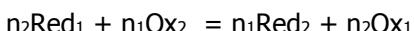


- ❖ Pour la cathode (graphite)

Elle est le siège de réaction de réduction. Elle capte les électrons venant de l'anode. Sa réaction est de la forme :



En combinant les deux demi-réactions, on obtient une réaction d'oxydo-réduction, de la forme :



Tous les anions sont déplacés vers l'anode et tous les cations sont déplacés vers la cathode. En plus de l'inégalité des concentrations, le transfert des ions est aussi causé par l'influence du champ électrique. Dans ce cas, le pH de HCl 0.5M a augmenté de jusqu'à 0,86 et pour l'eau de mer, il a diminué jusqu'à 5,56. La variation de pH nous montre qu'il y a eu échange d'ions à travers la feuille. L'intensité du courant est le nombre d'électrons transférés multiplié par la constante de Faraday par unité de temps.

3.2. Comparaison de la rentabilité des deux feuilles :

D'après l'expérience que nous avons faite, le courant obtenu à l'aide de feuille de badamier, comme membrane séparatrice d'une cellule électrochimique est presque supérieur à celui de feuille de bananier, mais leur différence est faible.

Du point de vue de la propriété physique, la feuille de bananier est plus rentable que celle de badamier. D'après leurs utilisations, la force physique de feuille de badamier est inférieure à celle de feuille de bananier. Une faible pression peut détruire la feuille de badamier, alors que la feuille de bananier devient plus résistante qu'avant son utilisation. Pour les deux feuilles, les feuilles adultes sont plus efficaces par rapport aux feuilles jeunes.

Dans l'eau de mer et l'eau douce, la feuille de bananier peut durer jusqu'à quatre mois et la feuille de badamier ne peut durer que trois mois.

Dans les eaux de mer et HCl 0,5 M, la feuille de bananier peut durer jusqu'à trois mois et la feuille de badamier ne peut durer que deux mois.

Du point de vue de la taille, la feuille de bananier est largement supérieure à la feuille de badamier. La surface foliaire de bananier peut atteindre jusqu'au 2 m^2 et sa surface peut calculer à partir de formule $X = L \times I$ selon Eugène Dagba. Les valeurs extrêmes sont : $13,0 \text{ cm} \leq L \leq 313,0 \text{ cm}$ et $4,6 \text{ cm} \leq I \leq 86,4 \text{ cm}$. La surface se met sous la forme $Y = aX + b$ avec a varient de 0,75 à 0,83 et b de 0 à 0,0266 [17]. Pour la feuille de badamier, sa surface foliaire varie de $0,0048 \text{ m}^2$ à $0,0864 \text{ m}^2$ [18]. La feuille de badamier est largement petite par rapport à la feuille de bananier.

En plus de sa taille et sa forme, la feuille de bananier est plus résistante que la feuille de badamier en milieu électrolytique.

4. CONCLUSION

L'intérêt de notre étude est la découverte des nouveaux éléments pour produire du courant électrique plus accessible. Le remplacement de pont salin ou papier filtre dans une cellule électrochimique par la feuille de bananier ou par la feuille de badamier diminue son coût de production. Les feuilles de bananier et de badamier sont imperméables aux solvants (molécule d'eau) mais elles sont perméables aux ions surtout aux ions monoatomiques. En comparant notre étude avec la pile Daniell ou celle de l'auteur [1], notre pile est largement moins chère. Les valeurs de tension sont presque les mêmes au début de processus. Mais lors de formation de corrosion, elles diminuent fortement. La densité des courants varie en fonction des électrolytes et électrodes utilisés.

Au début de notre installation dans la deuxième expérience, la tension du courant a dépassé 1,5 V (tension de pile R20) et l'intensité du courant est aux alentours de 200 mA. Les solutions qu'on a utilisées sont des solutions très corrosives, ce qui rend la forte diminution de la densité et la tension de courant. L'emploi de l'eau de mer comme électrolyte diminue aussi le coût d'une pile. Mais la formation de la corrosion sur l'électrode en zinc doit être diminuée. Dans notre travail, la présence de HCl dans l'autre compartiment n'a pas augmenté la corrosion de zinc dans l'eau de mer. C'est la raison pour laquelle les feuilles de bananier et badamier sont utilisables comme membranes séparatrices d'une pile électrochimique. Mais elles sont difficiles à utiliser dans un électrolyte très concentré. La prochaine dans notre travail sera l'emploi de ces feuilles avec des électrolytes non corrosifs (cas d'électrolyte dans une pile Daniell) et le test des feuilles en milieu non aqueux.

5. REFERENCES

- 1 - Giorgio Carboni. Expériences d'électrochimie. Janvier 1998. Traduction de Caroline Varin, août 2007. Disponible : www.funsci.com/fun3_fr/electrochim/electrochim.htm
- 2 - Renewables 2011: Global Status Report (Rapport mondial sur les énergies renouvelables en 2011). Disponible : http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf
- 3 - Ludivine Lassois, Jean-Pierre Busogoro, Haïssam Jijakli. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 ; 13(4), 575-586. Disponible : popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=4729
- 4 - Archimède H., Gourdine J.-L., Fanchone A., Alexandre G., Marie Magdeleine C., Calif E., Fleury J., Anais C., Renaudeau D. Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale. *Innovations Agronomiques.* 2011 ; 16 : 181-192. Disponible : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3714/35870/file/Vol16-14-Archimede.pdf>
- 5 - BOUAFOU K. G. M et al. Les produits et sous-produits du bananier dans l'alimentation animale. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2012 ; 6(4): 1810-1818,. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.36>
- 6 - cellule électrochimique. Disponible : bastian.korneg.free.fr/lise/TS/Chimie/09-%20Pile/TS_C09.pdf
- 7 - Olivier M-G. et Deblliquy M. Manipulations d'électrochimie. UNIVERSITE DE MONS, FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS. Edition 2010. p. 3, 35. Disponible : <https://moodle.umons.ac.be/mod/resource/view.php?id=5314>
- 8 - Didier Devilliers et Éric Mahé Cellules électrochimiques : aspects thermodynamiques et cinétiques. Applications aux générateurs et aux électrolyseurs industriels. Janvier 2003. Disponible : <http://www.lactualtechimique.org/Cellules-electrochimiques-aspects-thermodynamiques-et-cinetiques-Applications-aux-generateurs-et>
- 9 - Jean Sarrazin et Michel Verdaguer. *L'oxydoréduction, concepts et expériences*, Ellipses, paru le : 11/2010. p. 309. Disponible : www.unitheque.com/.../ellipses/L_oxydoreduction-23816.html
- 10 - Palmer et Wyman. Travaux TRAMIL, Pharmacopée caribéenne, *Musa paradisiaca*. 1965 ; Page 306, 308. Disponible : https://issuu.com/scduag/docs/pharmacope_uo_horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/_06/010019762.pdf
- 11 - « La Directive 95/2/CE concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants », dans *Journal officiel de l'Union européenne*, n° L 61, 20/02/1995, p. 1-56
- 12 - Aubert B. et Parcevaux DE S. Résistance à la diffusion gazeuse au niveau de l'épiderme foliaire de quelques plantes fruitières tropicales et subtropicales. *Fruits.* 1969 ; (21)4:177-190. Disponible : https://agritrop-prod.cirad.fr/458077/1/document_458077.pdf
- 13 - Aubert B. Particularités anatomiques liées au comportement hydrique des bananiers. *Fruits.* 1973 ; (28)9: 589 – 604. Disponible : https://agritrop-prod.cirad.fr/411237/1/document_411237.pdf
- 14 - Douglas Skoog, Donald West, F. et James Holler. Chimie analytique, De Boeck Supérieur, 1997.
- 15 - Lemaire F. La protection contre la corrosion des structures métalliques immergées. Décembre 1988. P. 43. Disponible : www.eau-mer-fleuves.cerema.fr/IMG/.../OG_88-02_cle5d9d52.pdf
- 16 - Barral G. Le Gorrec B. et Montella C. Notion élémentaire sur les cellules électrochimiques. Grenoble 2003. P. 15. Disponible : <http://electrochimie.minatec.grenoble-inp.fr/CTDnot.pdf>
- 17 - Eugène D. Relation entre la surface et les dimensions du limbe foliaire chez le bananier. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride.* 1992 ;4, 43-54. Disponible : http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/37679.pdf

18 - Badamier (à consistance de carton). Disponible : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Badamier>

Citer cet article: Jaofara, Lehimena Clément, Ramaroson Mamiharijaona et Randriamanantena Nozère

Nemphia. CARACTERISATION DES FEUILLES DE BANANIER ET DE BADAMIER DANS LE BUT DE LEURS UTILISATIONS COMME MEMBRANES D'UNE CELLULE ELECTROCHIMIQUE. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.* 2017; 5(3): 200-208.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>