وزراة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الكيمياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في الكيمياء
تخصص كيمياء محيط

إعداد الطلبة: -رجاء شتيوي -صفاء رمون

# إنتاج الوقود الحيوي من مخلفات الإبل

نوقشت يوم 2024/06/23 أمام لجنة المناقشة :

| الاسم واللقب | الرتبة | الجامعة | الصفة |
|---|---|---|---|
| خولة شاوش | أستاذ محاضر أ | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | رئيس اللجنة |
| مصطفى سعيدات | أستاذ مساعد أ | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مناقشا |
| عبد القادر بن منين | أستاذ محاضر أ | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مؤطر |
| رزيقة مشري | طالبة دكتوراه | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مساعد مؤطر |

الموسم الجامعي 2024/2023

# إهــداء

(وآخر دعواهم أن الحمد الله رب العالمين)

ها أنا أتوج لحظات أخيرة في ذلك الطريق الذي كان يحمل في باطنه العثرات والأشواك ورغما عنها ظلت قدمي تخطو بكل صبر وطموح وعزيمة وتفاؤل وحسن ظن بالله.

الحمد الله حبا وشكرا وامتنانا الذي بفضله اليوم انظر إلى حلما طال انتظاره وقد أصبح واقعا افتخر به.

اهدي بكل حب وفخر بحث تخرجي

إلى نفسي العظيمة القوية التي تحملت كل العثرات وأكملت رغم الصعوبات

الى والدي العزيز" الشريف " أول أسباب نجاحي وأجمل نعم الله علي الى من أحمل اسمه بكل افتخار وأسعى لرضاه بعد الله ليلا و نهار .

إلى والدتي "مريم " التي سعت في تربيتي على كريم الاخلاق

الى إخوتي الذين ءانسوني جعلهم الله من الابرار و الاخيار

الى من وثق بقدراتي وكان سندا داعما لي في الحياة أخي " خيرالدين " أدامه الله سندا لي

الى كل من تعلمت على يده حرفا أو علما فكان نجاحي نعم القرار

و الى كل الأقارب و الأحبة و الصحبة الأخيار الى الذين رحلوا دون انذار جعلهم الله في عليين مع الملائكة الأبرار .

رجــاء

# إهداء

(وآخر دعواهم أن الحمد الله رب العالمين )

ها أنا أتوج لحظات أخيرة في ذلك الطريق الذي كان يحمل في باطنه العثرات والأشواك ورغما عنها ظلت قدمي تخطو بكل صبر وطموح وعزيمة وتفاؤل وحسن ظن بالله.

الحمد الله حبا وشكرا وامتنانا الذي بفضله اليوم انظر إلى حلما طال انتظاره وقد أصبح واقعا افتخر به.

اهدي بكل حب وفخر بحث تخرجي

إلى نفسي العظيمة القوية التي تحملت كل العثرات وأكملت رغم الصعوبات

ملاكي الطاهر وقوتي بعد الله ،إلى التي تعجز الكلمات عن وصفها، إلى التي كانت النور في عتمتي إلى التي كان دعاؤها سر نجاحي ،إلى حبيبتي وسيدتي العظيمة داعمتي الأولى والأبدية أمي (ليلى مهريه) متعها الله بالصحة والعافية .

إلى ذلك الرجل العظيم، عمودي الفقري الذي ساندني بكل حب في ضعفي، إلى أول من انتظر هذه اللحظة ليفخر بي، إلى الذي أعطاني ولم يزل يعطني بلا حدود سندي ورفيق عمري أبي (م.الأمين رمون) ادامك الله ظلا لنا .

إلى من قيل فيهم {سنشد عضدك بأخيك}،إلى من مد يده دون كلل ولا ملل وقت ضعفي إخوتي (أكرم حسام، صالح )أدامكم الله ضلعا ثابتا لي، إلى من تذكرني بقوي وتقف خلفي كظلي أختي (دعاء) .

إلى رفاق الخطوة الأولى وماقبل الأخيرة، إلى من كانوا خلال السنين العجاف سحابا ممطرا، إلى صديقاتي وعافية قلبي (جهاد، سندس، ريحانة )وكل صديقاتي دون استثناء أنا ممتنة لكم .

إلى قطعة السكر وسبب فرحتي، حبايب قلبي(يزن ،تيم، الحسناء رفيف)

إلى ضماد القلب ،حائطي العظيم الذي اسند عليه ظهري عائلتي (رمون، مهريه )

الراحلون الباقون في قلبي أجدادي، وأعمامي تغمدهم الله برحمته وأسكنهم فسيح جناته.

إلى خاتم الأنبياء والأئمة الأطهار عليهم أفضل الصلاة وسلام

**صفاء**

# شكر وعرفان

**نشكر الله المعين القدير على فضله علينا و توفيقه لاتمام هذا العمل .**

**و عملا بقول الرسول صلى الله عليه و سلم (من لم يشكر الناس لم يشكر الله)**

**صدق رسول الله و بهذا نتقدم بالشكر الجزيل و الامتنان لكل من منحنا من وقته الثمين أو أفادنا بعلمه العزير و توجيهاته القيمة و ملاحظاته الصائبة و التي بفضل الله تعالى و سببها خرج هذا البحث كما نتقدم بالشكر الجزيل و الثناء الخالص و التقدير الصادق للأستاذ المشرف "عبد القادر بن منين" لتوليه الاشراف على هذه المذكرة و الذي لم يبخل علينا بتوجيهه و نصائحه كما نشكره على صبره معنا فكان بذلك نعم المشرف فنسأل الله أن يجعل ذلك في ميزان حسناته .**

- **و نسأل الله دوام الصحة و العافية**
- **و في الأخير نأمل من الله أن يجعل هذا العمل في ميزان *حسناتنا و أن ينتفع به كل طالب علم لأنه هدفنا من هذا الإنجاز***

- ***رجاء شتيوي***
- ***صفاء رمون***

# قائمة المختصرات

| | |
|---|---|
| SV | المواد الصلبة المتطايرة |
| PCI | الخاصية الأساسية لتحديد أهلية النفايات العالجة عن طريق الحرق |
| MO | معدن كيميائي و فلز صلب MOLYBDENUM |
| NVS | المواد غير متطايرة |

# الملخص :


انتاج الوقود الحيوي من روث الابل هو عملية تعتمد على تحويل المخلفات العضوية الى طاقة قابلة للاستخدام يمكن تلخيص الخطوات الرئيسية للعملية كما يلي :

- جمع الروث : يتم جمع روث الابل من المزارع أو المناطق التي تتواجد فيها الابل .
- التحليل الكيميائي : يتم تحليل مكونات الروث لتحديد العناصر الغذائية و المواد العضوية التي يمكن استخدامها في انتاج الوقود
- التحلل اللاهوائي : يتم وضع الروث في بيئة خالية من الاكسجين حيث تقوم البكتيريا بتحليل المواد العضوية و انتاج الغاز الحيوي (البيوغاز).
- تنقية الغاز: يتم تنقية الغاز الحيو لإزالة الشوائب و تحيسين جودته.
- الاستخدام : يمكن استخدام الغاز الناتج كوقود لتوليد الكهرباء او كوقود للمركبات . و بعد عملية التحلل يمكن استخدام المتبقي كسماد عضوي لتحسين التربة .

تعتبر هذه العملية مستدامة و تساعد في تقليل النفايات و تحقيق فائدة اقتصادية و بيئية .

**La production de biocarburant à partir de bouse de chameau est un processus basé sur la conversion de déchets organiques en énergie utilisable. Les principales étapes du processus peuvent être résumées comme suit**

**- Collecte des bouses : Les bouses de chameaux sont collectées dans .les fermes ou les zones où les chameaux sont présents**

**- Analyse chimique : Les composants de la bouse sont analysés pour identifier les nutriments et la matière organique qui peuvent être .utilisés pour produire du carburant**

**- Décomposition anaérobie : La bouse est placée dans un environnement sans oxygène où les bactéries décomposent la .matière organique et produisent du biogaz**

**- Purification du gaz : Le biogaz est purifié pour éliminer les .impuretés et améliorer sa qualité**

**- Utilisation : Le gaz obtenu peut être utilisé comme combustible pour produire de l'électricité ou comme carburant pour les véhicules. Après le processus de décomposition, le résidu peut être utilisé comme engrais organique pour améliorer le sol.**

**Ce processus est durable et contribue à minimiser les déchets et à fournir un avantage économique et environnemental.**

# قائمة الأشكال


| رقم | الشكل | الصفحة |
|---|---|---|
| 01 | مخطط مراحل انتاج الغاز الحيوي الميثان | 20 |
| 02 | المواد المنتجة للغاز الحيوي | 27 |
| 03 | مكب نفايات عشوائي في ولاية تقرت (ملتقطة يوم2024/03/03) | 06 |
| 04 | لحاويات نفايات عضوية منزلية | 07 |
| 05 | جمل في صحراء واد سامن ايليزي. | 17 |
| 06 | روث الجمل في واد سامن ايليزي . | 18 |
| | **المواد والطرق** | |
| 07 | خزان بلاستيكي 150لتر | 39 |
| 08 | ميزان | 39 |
| 09 | محرار الكتروني | 39 |
| 10 | محرار زئبقي | 40 |
| 11 | دلاء بلاستيكي | 40 |
| 12 | جهاز PH Métre | 41 |
| 13 | جهاز الناقلية | 41 |
| 14 | روث الإبل | 41 |
| 15 | جهاز الناقلية عليه القيمة | 42 |
| 16 | مزيج الروث والماء داخل الخزان | 43 |
| 17 | التجربة على المنصة الخشبية | 44 |
| 18 | دلو يحتوي على 2كلغم من روث +ماء | 44 |
| 19 | تجفيف فضلات الحيوانات (روث الإبل) | 45 |
| 20 | تجفيف فضلات حيوانات(روث الإبل)من دلو | 45 |

# قائمة المحتويات

# الـــفـهـرس

**الاهداء... .....1**

**شكر و عرفان.....2**

**المقدمة.....ب**

**تمهيد:.....5**

**الفصل الأول: النفايات العضوية والمخلفات الحيوانية**

**I.1.تعريف النفايات .....6**

**I.1.1.تعريف النفايات العضوية.....6**

**I.1. 2.مصادر النفايات العضوية .....7**

**.I.1.3اتعريف النفايات الزراعية العضوية:.....7**

***.I.1.4أنواع النفايات ومصادرها .....7***

***I.1.5.خصائص النفايات المنزلية .....9***

**I.1.5.التحاليل الفيزيوكيميائية .....9**

***I.1.5.2.التحاليل الفيزيائية.....9***

***I.1.5.3.الكثافة .....9***

***I.1.5.4.الرطوبة .....9***

***I.1.5.6.انخفاض القيمة الحرارية (PCI).....10***

***I. 1.5.7 المواد العضوية أو المواد الصلبة المتطايرة(SV).....10***

***I.1.5.8.الكربون العضوي الكلي.....10***

***I.1.5.1 .استعمال المخلفات العضوية في انتاج الغاز الحيوي والكمبوست اللاهوائي (التحلل اللاهوائي) :.....11***

***I.1.5.1 .1.تعريف التحلل اللاهوائي: .....11***

***I.1.5.1 .2.آلية العمل ضمن الهاضم:.....11***

***I.1.5. 3.المرتكزات العملية لعملية التخمر اللاهوائي :*** ..... 12

***I.2.5. أساسيات التطبيق العملي (المواد العضوية الخام( المدخلات)) :*** ..... 14

***I.6.المخلفات الحيوانية*** .....14

**I.1.6.أنواع المخلفات الحيوانية**..... 14

**I.2.6.روث الحيوانات**..... 14

**I.3.6.وسائل معالجة روث الحيوانات**..... 15

**I.4.6.صفات الفضلات الحيوانية كما ونوعا** ..... 15

**I.5.6.روث الإبل**..... 16

***I.7.مجالات استغلال الفضلات*** .....17

***I.1.7.كسماد طبيعي***..... 17

**I.2.7.كعلف للحيوانات**..... 18

**I.3.7.مصدر لإنتاج الطاقة**..... 18

**الخلاصة** .....

**تمهيد** :.....

**الفصل الثاني : الوقود الحيوي**

**II.1.تعريف *الوقود الحيوي:***.....23

**II.2.1.تكوين الغاز الحيوي:**.....23

**II.2.1.الموارد العالمية للغاز الحيوي:**.....25

**II.3.1.المواد المنتجة للغاز الحيوي.m**.....25

**II.4.1.النسب التقريبية لعائدات الغازالحيوي م3/طن:**.....26

**II.5.1.تقنيات تنقية الغاز الحيوي حسبا لملوثات:**.....28

أ- **كبريتيد الهيدروجين (H2S)**.....28

ب- **ثاني أكسيد الكربون (CO2)**.....29

ت- الماء (H2O)..... 29

ث- سيلوكسان..... 30

***II.2. التركيبات والمعايير*****.....** 31

**II.2. 1.مقارنة عمليات التنقية المختلف**..... 31

**II.2. 2. عمليات التنقية**..... 31

أ. **المقارنة الفنية**..... 31

**ب . المقارنة الاقتصادية**..... 32

**II.3.** ***استخدامات الغاز الحيوي:*****.....**32

**II.4. مميزات استخدام الغاز الحيوي:**.....33

**II.5.** ***كمية الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي:*****.....** 34

**الجانب التطبيقي.**

**III-1 .العتاد المستخدم**.....40

**III -2 . تركيب بروتوكولات التجربتين**..... 44

III-3 .**انتهاء التجارب**.....46

III-4 .**الملاحظات** : .....

III-5 . **المناقشة** ..... 50

**الخلاصة العامة:**.....56

**المراجع** :.....57

# المقدمة العامة

**المقدمة**

مع نضوب الموارد الطبيعية للطاقة ومع استشعار خطر التلوث البيئي الناتج عن تلبية متطلبات الإنسان العصري والمتزايدة بات من الضروري البحث بشكل جدي عن مصادر جديدة للطاقة أكثر صداقة للبيئة كالغاز الحيوي أمل المستقبل ، والحقيقة تقال أن موضوع الغاز الحيوي هو موضوع قد يم جديد حيث أكتشف الميثان منذ أكثر من 200 عام وعثر عليه حيثما كان هناك تحلل وتخمر لاهوائي ، فقد أثبت العالم ف.ز أميليا نسكيتشكلال ميثان في طمي المستنقعات والبحيرات والأنهار والبحار تتسببها بكتيريا لاهوائية عبر عملية حيوية ومنذ عام 1973 أكتشف في الصين ثم في الهند ومنها انتشر وبشكل متسارع بالعالم ليصبح على شكل شركات ضخمة ومتخصصة لتأمين طاقة ذات دور في حماية البيئة وتأمين فرص عمل وغيرها.

ففي العديد من البلد أن مثل سوريا أصبح من الضروري إنتاج الغاز الحيوي الذي ينهي معاناة أهالي الريف من حيث تأمين وقود وكهرباء وسماد نضيف خالي من الروائح والحشرات والجراثيم والتمتع ببيئة نظيفة تغنيه عن الاحتطاب من الغابات الذي يؤدي لتغيرات مناخية تؤدي للتصحر. وبذلك يساهم الغاز الحيوي في التنمية البيئية .

# الفصل الأول

# الفصل الأول النفايات

# العضوية والمخلفات الحيوانية

**تمهيد:**

منذ القديم والإنسان يستمد مستلزماته من الطبيعة المحيطة به حيث يستغل ما يأخذه من محيطه استغلال جزئي كما تثبته الحفريات والبقايا التي وجدت في الأماكن التي تثبت عيش الإنسان القديم فيها والمتمثلة في أدوات أو بقايا نشاط كان يمارسه آنذاك والتي تعتبر كنفاية أو بقايا استغنى عليها الإنسان ،ومع التطور الحضاري تطورت أساليب عيش الإنسان وتنوعت احتياجاته و ازدادت طلباته بالتالي تنوعت أشكال الأشياء التي يقوم برميها فأصبح من الأهمية بمكان أن يأخذ هذا الجانب محمل الجد في الدراسة ولكن ما لم يتم توضيح فإننا لا نستطيع أن نحيطه بالاهتمام الكافي ولذلك فإننا نحتاج إلى تعريف دقيق للنفايات وتصنيفها ونتعلم كيف نتعامل معها وآثارها .حتى نفهم قصد الدراسة جيدا وحل ما ينجم عنه من مشكل أولا.[1] (2011، 2017)

## 1.I.تعريف النفايات

كل البقايا الناتجة عن عمليات الإنتاج أو التحويل أو الاستعمال وبصفة اعم كل مادة أو منتوج وكل منقول يقوم المالك أو الحائز بالتخلص منه أو يلزم بالتخلص منه وإزالته [1]

**شكل.3. مكب نفايات عشوائي في ولاية تقرت (ملتقطة يوم2024/03/03)**

### 1.1.I.تعريف النفايات العضوية

تشمل المواد العضوية المركبات التي يدخل في تركيبها الرئيسي عنصرا الكربون والهيدروجين مع عدد آخر من العناصر الأخرى مثل الأوكسجين والنيتروجين والكبريت والفسفور[2] . (2014، 2017)

**★ النفايات العضوية المتحللة حيوية:**

تتضمن **النفايات القابلة للتحلل الحيوي** أي مادة عضوية في النفايات لها القدرة على التحلل إلى ثاني أكسيد الكربون أو الماء أو الميثان أو جزيئات عضوية بسيطة عن طريق الكائنات الحية الدقيقة أو المخلوقات الأخرى من خلال السماد العضوي أو الهضم الهوائي أو الهضم اللاهوائي أو عمليات مماثلة.[يتضمن تحلل النفايات بعض المواد غير العضوية والتي يمكن أن تحللها البكتيريا ومن هذه المواد الجبس ومنتجاته كاللوح الحصى وغيره من الكبريتات العضوية البسيطة التي يمكن أن تتحلل لإنتاج كبريتيد الهيدروجين في ظل شروط مكب النفايات اللاهوائية .[3]

★ **النفايات العضوية الغير متحللة حيويا:**

هي نفايات عضوية لا تستطيع الكائنات الحية الدقيقة تكسيرها مثال على ذلك البلاستيك.

### I.1. 2.مصادر النفايات العضوية

★ **النفايات العضوية المنزلية:**

هي المواد التي تخلفها عملية إعداد الطعام من بقايا خضر وخضر فاسدة وقشور وعظام وغيرها ... وتشكل هذا المواد خطر على الصحة مثل انتشار الروائح الكريهة والذباب والحشرات الزاحفة والأمراض والقوارض.

**شكل4. لحاويات نفايات عضوية منزلية**

### .3.1.تعريف النفايات الزراعية العضوية:

هي كافة المواد التي تنتج عن الأنشطة الزراعية المختلفة في المزرعة، وتشمل بقايا النباتات والأشجار والحيوانات النافقة وفضلات الحيوانات وغيرها[4].

### .4.I.أنواع النفايات ومصادرها

إن تصنيف النفايات يسمح لنا بالتعرف على النفايات وتحديد الطرق المثلى لمعالجتها، ولإحصاء كامل الأنواع النفايات يجب علينا إتباع تصنيف معين ويكمن المشكل في أنه يمكن لنوع محدد من النفايات أن يصنف عدت تصنيفات وذلك حسب المعيار الذي يأخذه في تصنيف خاص.

معايير تصنيف النفايات حسب ما جاء في دراسة الباحثة (سعيدي2012) أن هناك أربعة معايير لتصنيف النفايات حسب طبيعة النفايات وطرق معالجتها وسلوكها ومصدرها وفيما يلي جدول يلخص أنواع النفايات حسب كل معيار من المعايير المذكورة وقد أضفنا بعض ما يشمله كل نوع من النفايات.[5]

**جدول.ا.1. أنواع النفايات حسب المعيار الذي يأخذه في التصنيف (سعيدي،2012. تسيير النفايات الحضرية في الجزائر بين الواقع والفاعلية المطلوبة. جامعة بومرداس)**

| المعيار | التصنيف | الأمثلة |
|---|---|---|
| **طبيعة النفايات الطبيعية الفيزيائية** | صلبة | بقايا طعام، أثاث تالف... |
| | سائلة | زيوت السيارات، مياه الصرف الصحي |
| | غازية | دخان السيارات، دخان المصانع |
| **طرق المعالجة** | هامدة | فضلات البناء، أكوام الأتربة |
| | منزلية | مخلفات المنازل، بقايا الطعام، أثاث تالف |
| | خاصة | نفايات المستشفيات ... |
| | خطرة | مركبات كيمائية .... |
| **سلوك النفايات** | هامدة | مخلفات الهدم والبناء ... |
| | سامة | مواد كيمائية .... |
| | قابلة للتخمر | مواد عضوية ... |
| **المصدر** | صناعية | مخلفات المصانع، غازات وسوائل... |
| | نووية | فضلات ناتجة عن معالجة اليورانيوم وغيره |
| | حضرية | مخلفات المنازل و المستشفيات ... |
| | إشعاعية | نواتج التجارب النووية، نفايات طبية |
| | زراعية | أوراق الأشجار، أغصان، مبيدات ومخصبات |

## I.5.خصائص النفايات المنزلية

### I.5.1.التحاليل الفيزيوكيميائية

تعد معرفة التركيب الفيزيائي الكيميائي للنفايات أمرًا ضروريًا في إدارة النفايات ومعالجتها وفي التنبؤ بمخاطر التلوث المحتملة على البيئة. وبالتالي فإنه يجعل من الممكن تنفيذ إجراءات السيطرة على الانبعاثات الملوثة في البيئة المتلقية والحد منها.[6]

### I.5.2.التحاليل الفيزيائية

يتيح التحليل الفيزيائي للنفايات معرفة الكميات المتولدة (نسبة الفرد أو المجتمع) والتعرف على مكوناتها المختلفة. كما رأينا أعلاه، فإن اختيار نوع وتفاصيل التوصيف يعتمد على أهداف الدراسة. يمكننا تصنيف النفايات حسب الفئات الرئيسية والفئات الفرعية (المخمرة، الورقية، البلاستيكية، إلخ) أو استهداف بعضها حسب الأحجام (> 100 مم، < 100 و> 20 مم، إلخ)، حسب الفئات (قابلة للتحلل، قابلة للاسترداد قابلة للحرق، قابلة للتخزين)، إلخ.[6]

### I.5.3.الكثافة

الكثافة أو الكتلة المحددة هي كمية فيزيائية تمثل الكتلة لكل وحدة حجم. يتم التعبير عنها بـ كجم.م−3. ، تساوي نسبة كتلة مادة أو مادة متجانسة إلى كتلة نفس الحجم من الماء النقي في درجة حرارة حوالي 4 درجات مئوية. تعد الكثافة أحد العوامل المهمة في اختيار وتصميم وسائل نقل النفايات الحضرية (خاصة في البلدان النامية) وفي تثبيت النفايات في مدافن النفايات. ويعتمد ذلك على تركيبة النفايات وخاصة الجزء العضوي ذو الرطوبة العالية، وجزء الدقائق الدقيقة الأقل من 8 مم (الرمال والغبار) في بعض البلدان النامية.[6]

### I.5.4.الرطوبة

إن المحتوى المائي العالي يميز النفايات القادمة من البلدان النامية الغنية بـ المواد العضوية(OM) (الفواكه والخضروات وبقايا الطعام) حيث لا يتم استرداد هذا الأخير. وقد تتجاوز هذه الرطوبة 90% بمتوسط عام 50% في هذه البلدان. في بعض البلدان، يتم جمع المواد العضوية

على مستوى الأسرة واستخدامه كعلف للماشية، وبالتالي، لا يدخل في دائرة النفايات البلدية. الرطوبة في هذه الحالة منخفضة جدًا. و 11% في نواكشوط في موريتانيا.[7]

### I.6.5.انخفاض القيمة الحرارية (PCI)

يعد PCI خاصية أساسية لتحديد أهلية النفايات للمعالجة عن طريق الحرق. وتتناقص قيمته مع زيادة المحتوى المائي في النفايات. بدون مدخلات طاقة خارجية، يمكن حرق النفايات عندما يكون لديها PCI أكبر من 1200 كيلو كالوري/كجم. [8]

ومن ناحية أخرى، تعتمد قيمة هذه الخاصية على تركيبة النفايات وهي مجموع PCI للمكونات. المكونات الرئيسية التي يتم تحديد مساهمتها في PCI هي البلاستيك والجلود والمطاط والمنسوجات والخشب والكرتون بمساهمة قدرها 30؛ 21؛ 18؛ 13 و9% على التوالي[10] [9] [7]

### I. 7.5 المواد العضوية أو المواد الصلبة المتطايرة(SV)

يتم تعريف المواد الصلبة المتطايرة في النفايات على أنها الجزء الذي يصبح متطايرًا عن طريق حرق النفايات، التي تم تجفيفها مسبقًا عند درجة حرارة 105 درجة مئوية، عند 550 درجة مئوية. ويطلق على بقايا هذه العملية أو الجزء غير المستهلك اسم المواد غير المتطايرة (NVS).

ومع ذلك، فإن النتائج التي تم الحصول عليها لتحديد SV عن طريق التكليس تتوافق مع إجمالي المادة العضوية، أي مجموع تلك الموجودة في الأجزاء القابلة للتحلل الحيوي (الجعة البلاستيكية القابلة للتخمير. وهذا الاختلاف مهم بشكل خاص إلى الحد الذي يهمنا في تدهور النفايات كدالة للوقت.[11]

### I.8.5.الكربون العضوي الكلي

تعتبر هذه الخاصية إحدى الخصائص المهمة التي يجب تحديدها في النفايات. وكما هو الحال مع المواد العضوية، يمكن استخدامه لتقييم تدهور النفايات ومدى ملاءمتها لمدافن النفايات.[12]

## a.5.I .استعمال المخلفات العضوية في انتاج الغاز الحيوي والكمبوست اللاهوائي (التحلل اللاهوائي) :

### a.5.I .1.تعريف التحلل اللاهوائي:

هو التحلل يحدث نتيجة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية عند استنزاف الأكسجين. (يحدث فيه تفاعلات تخمر الهوائي تتحول فيها المادة العضوية إلى مواد عضوية أخرى ذات محتوى أكثر من الطاقة، وتستخدم الطاقة للمحافظة على النشاط الميكروبي) [13].

### a.5.I .2.آلية العمل ضمن الهاضم:

توضع المخلفات العضوية في وعاء يدعى الهاضم والذي يسمح للأكسجين بالدخول إلى حيث توجد المخلفات فتقوم البكتيريا بتحليل المخلفات في جو خال من الأكسجين، ينتج عن هذه العملية خليط قابل للاحتراق مكون من غازات الميثان وثاني أكسيد الكربون (يدعى الغاز الحيوي). وينتج أيضا سماد طبيعي معالج على شكل سائل.

يجمع الغاز الناتج في خزانات حيث يبلغ حجم الغاز الناتج ما يعادل 2.5–1.5 من حجم الهاضم نفسه فلو افترضنا أن حجم الهاضم يبلغ ألف لتر فان حجم الغاز الناتج يبلغ حوالي 1500 إلى 2500 لتر من الغاز وتختلف نسبة الميثان في الغاز الناتج اعتمادا على نوع المخلفات المستعملة غير أن النسبة بشكل عام تتراوح ما بين 70–60 % وتحتوي المخلفات التي تبقى بعد إنتاج الغاز على النتروجين وهو الذي تحتاجه النباتات، لذلك فان مخلفات عملية الهضم اللاهوائي تستعمل أسمدة للنباتات في المزارع وبهذا الشكل يمكن الاستفادة من المخلفات باعتبارها مصدر طاقة ومصدر أسمدة في ذات الوقت، تعتبر الأبقار من أفضل الحيوانات في مجال إنتاج الغاز من المخلفات. [14]

### I.5.a.3. المرتكزات العملية لعملية التخمر اللاهوائي :

فيما يلي نستعرض المرتكزات العملية أو العوامل المؤثرة على عملية التخمر اللاهوائي:

**أ- البكتيريا:**

تم تصنيف البكتيريا إلى أربع أنواع حسب نوع المادة الخام المستخدمة بواسطتها كغذاء وتلك المنتجة بنهاية عملية التغذية[15]

**بكتيريا التحلل والتخمر:**

تحول المركبات العضوية (كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون) إلى سكريات ونشويات و أحماض أمينية وأحماض دهنية عليا ومركبات متعادلة ومركبات أبسط كحامض ألخليك ومركبات أحادية الكربون زائد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون.

**بكتيريا منتجة للهيدروجين والخلات:**

تحول منتجات المجموعة السابقة من البكتيريا كالأحماض الدهنية الأعلى من الخليات كالبروبيوتيك والبيوتريك والمركبات المتعادلة كاالايثانول والبروبانول إلى هيدروجين وخلات

**بكتيريا منتجة خلات:**

هذا النوع يعمل على نطاق واسع من المركبات العضوية أحادية أو متعددة ذرات الكربون ويحولها إلى حامض خليك.

**بكتيريا منتجة الميثان:**

تستخدم الهيدروجين، ثاني أكسيد الكربون، الخلات، الميثانول، أول أكسيد الكربون لإنتاج غاز الميثان.[15]

**ب- الوسط الغذائي:**

أي المواد العضوية اللازمة إل العناصر الضرورية لتغذية الأنواع المختلفة من نتاج البيوغاز وخصوصا البكتيريا المساهمة في عملية إنتاج البيوغاز

هذه العناصر يمكن تصنيفها في مجموعتين أساسية وثانوية :

العناصر الأساسية تشمل الكربون والنتروجين والفسفور والكبريت

والثانوية تشمل الكالسيوم والماغنيزيوم والزنك والحديد

والاستقرار عملية التخمر اللاهوائي يجب أن يكون هناك اتزان في مقادير ونسب هذه العناصر مع بعضهاً البعض ، على نشاط البكتيريا وخاصةً مباشرا والنسبة بين عنصري الكربون و النتروجين تؤثر تأثيرا المنتجة للميثان ، فالكربون هو العنصر الأساسي لتزويد البكتيريا بالطاقة الضرورية للنمو أما النتروجين فهو ضروري لإنتاج الأحماض الامينية.

حيث أثبتت نتائج الأبحاث أن نسبة كربون/ نتروجين( N/C( تعادل 30-25 1: هي الأفضل[15].

**ت- درجة الحرارة:**

إن البكتيريا المنتجة للميثان هي أكثر أنواع البكتيريا تأثرا الحرارة لذلك صنفت بكتيرياً الميثان إلى ثالث مجموعات وذلك حسب تكيفها مع درجات الحرارة. [15]

**ث- درجة الحموضة:**

إن عملية التخمر اللاهوائي يمكن أن تقسم إلى مرحلتين مرحلة إنتاج أحماض ومرحلة تحويل أحماض ، إن ارتفاع الحموضة في المرحلة الأولى شيء طبيعي والبكتيريا العاملة في هذه المرحلة متأقلمة)بكتيريا التحلل والتخمر وبكتيريا منتجة للخلات ( أما البكتيريا الفاعلة في المرحلة الثانية )مرحلة تحويل الأحماض(وهي بكتيريا الميثان تنمو وتعمل بكفاءة في وسط متعادل تقريبا ، درجة الحموضة (6-8).[15]

**ج- تسمم الوسط الغذائي**

عملية التخمر اللاهوائي تتأثر سلبا وبدرجات متفاوتة بنسب وجود بعض المعادن الثقيلة أو حتى بزيادة في تركيز العناصر الغذائية الضرورية لنمو البكتيريا كالكالسيوم، المغنزيوم، البوتاسيوم، الحديد الامونيوم والكبريت.

تكون أعراض التسمم في درجاته الدنيا عبارة عن بطيء أو نقص في معدل إنتاج الغاز وفي الحالات العملية الحي الحادة تتوقف تماما العملية الحيوية الكيميائية نتيجة لتسمم وموت البكتيريا

بالرغم من أن كل أنواعً البكتيريا المساهمة في عملية التخمر اللاهوائي تتأثر بهذه السموم إلا أن تلك المنتجة للميثان أشدها [15].

### b.5.I . أساسيات التطبيق العملي (المواد العضوية الخام( المدخلات)) :

المخلفات الحيوانية المختلفة من روث أبقار وأغنام ودواجن، ومخلفات الإنسان كالصرف الصحي ، والمخلفات النباتية مثل الثمار التالفة و الأعشاب وغيرها،

في أدبيات تقنية الغاز الحيوي كثير أما يرد لفظ قابلية التحلل في وصف المواد العضوية المستخدمة وذلك أن هذه المواد العضوية تتفاوت فيما بينها في نسب مكوناتها الأولية من كربوهيدرات وبروتين ودهون وغيرها وهذه تتفاوت في قابلية التحلل بفعل الأنزيمات البكتيرية فهي تتراوح بين السكريات أكثر المواد تحللا إلى اللجنين (المادة الخشبية) التي لا تتحلل بفعل البكتيريا ، تبعا لذلك فإن هذه المواد تتفاوت مقدار ما تنتجه من ببوغاز [14].

.على كل حال بخلط المخلفات الغنية بالنتروجين بتلك الغنية بالكربون يمكن الحصول على خليط متوازن.

### 6.I.المخلفات الحيوانية

مخلفات الحيوانات أو فضلات الحيوانات هي المواد الناتجة عن عملية الهضم للطعام التي تخرج من جسم الحيوان عن طريق البراز. تحتوي فضلات الحيوانات على بقايا الطعام غير المهضومة والمواد النفايات الأخرى التي تم تخزينها في الأمعاء وتم إخراجها خارج الجسم. تلعب فضلات الحيوانات دورا هاما في دورة العناصر الغذائية في الطبيعة حيث تحتوي على مواد عضوية ومعادن يمكن أن تساهم في تغذية النباتات وتحسين خصوبة التربة.

### 1.6.I.أنواع المخلفات الحيوانية

روث الماشية، سماد الدواجن روث الإبل، روث الأغنام

### 2.6.I.روث الحيوانات

تمت إزالة الحيوان الأصلي من الحيوان والدواجن من خلال تواجدها بالمزارع أو مصانع الإنتاج.

ونتيجة لذلك النقص في محتوى البروتين من البروتين حيث يصل بنسبة 20% 20% أول شيء يمكنك فعله استخدم في أعلاف المجترات5.67 مليون طن سنوياً 3.5 دقيقة زات المبلولة بمواد التغطية[17 ]

## 3.6.I.وسائل معالجة روث الحيوانات

هناك بعض الوسائل أو بدأت من أسباب مختلفة فلا يوجد إجماع بين إزالة المواد من الماء.

يتم جمعها لتجميدها في نطاق المزرعة وتجميدها إلى إحدى المنشآت العلاجية.

ونوعية المعلومات المجهولة للجميع في نطاق المزرعة على القدرة على إزالة الماء .

هناك عدة أنواع يرافقها الحفظ، الأجزاء أو الماء، يتم حتى يتم إخلاؤها إلى المنشأة النهائية: محل تجميع من خراسانية، أو من المواد المعدنية، أو سطح محك بفتحة مخصصة للتصريف الجاف، أو "حوض" يتم تفريغه عن طريق الضخ والمخصص لمرطب الهواء فقط.[18 ]

## 4.6.I.صفات الفضلات الحيوانية كما ونوعا

كلنا متفق على أن لكل نوع من الحيوانات طبيعة مميزة لفضلاته، عموما فهناك عدة عوامل تسهم في هذه الاختلافات وتشمل:

- نوع الحيوان وطبيعة الجهاز الهضمي في هذا المجال لا بد من الإشارة إلى إن الحيوانات المجترة (أبقار أغنام الإبل.... الخ) ذات جهاز هضمي مميز بسعته ومعدته المركبة في حين أن الدواجن ذات جهاز هضمي قصير نسبيا لذا فان كفاءة الهضم في هذه الحيوانات المختلفة وبالتالي فان مواصفات مخلفاتها متباينة تبعا لذلك.
- إن نظام إدارة المزرعة وحجمها وطريقة جمع وحفظ الفضلات تلعب دورا هاما في المواصفات النهائية لهذه الفضلات. فلو سمحنا للجزء السائل من الفضلات بالتسرب والضياع فهذا يؤثر على خواص الفضلات كما إن ظروف حفظ وتخزين الفضلات سيصاحبه تغيرات بيولوجية إلى غير ذلك من الظروف.
- تركيب ومواصفات الملف الأصلي والمقدم للحيوان المراد استخدام فضلاته كجزء من علف الحيوان أو حيوانات أخرى. كما نعلم أن مواصفات وتركيب العلف المقدم تعتمد على عدة عوامل

منها نوع الحيوان معدل إنتاجه عمره...الخ من العوامل وهذه بدورها تنعكس على المخلفات نوعا وكما.[19 ]

- أما الخواص الكيميائية تتأثر بكفاءة الهضم ومعدلات التغذية فكلما اطعم الحيوان فوق مستوى احتياجاته كلما كانت فضلاته ذات قيمة غذائية أعلى .وعموما يتضح لنا ارتفاع نسبة الألياف وانخفاض نسبة الفسفور في روث المجترات مقارنة بالدواجن وارتفاع النيتروجين والكالسيوم في فضلات الدواجن مقارنة بالمجترات، كل هذا مرده لعوامل غذائية (وفسيولوجية)لهذه الحيوانات .ومما تجدر الإشارة إليه هنا أن خواص الفضلات الكيميائية تتأثر وبدرجة كبيرة جدا بمدة وظروف التخزين إذ يؤدي ذلك إلى إحداث تغيرات على المركبات العضوية وغير العضوية في الفضلات .لقد وجد إن التخزين يؤدي إلى إحداث تغيير على درجة حموضة الفضلات وفقدان كميات كبيرة من النيتروجين على هيئة أمونيا.[19 ]

### 5.6.I.روث الإبل

روث الإبل يُستخدم كوقود في إنتاج الإسمنت في إمارة رأس الخيمة في الإمارات، حيث يتم تحويل آلاف الأطنان من روث الإبل إلى وقود يستخدم لتشغيل مصنع الإسمنت. هذا المشروع يهدف إلى تقليل الانبعاثات والحفاظ على البيئة من خلال تحويل الروث إلى مصدر للطاقة. دراسات أيضًا تشير إلى أن روث الإبل يمكن أن يكون فعالًا كمضاد للتأكسد وكمثبط لنشاط البكتيري[20 ].

**شكل. 4.جمل في صحراء واد سامن ايليزي**

**شكل.5. روث الجمل في واد سامن ايليزي**

## 7.I.مجالات استغلال الفضلات

### 1.7.I.كسماد طبيعي

لقد أجريت دراسات لبيان أفضل السبل والتي عن طريقها يمكن للسماد الطبيعي الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من عناصره الغذائية ومن أهمها طرق التخزين والحفظ لحين الاستعمال. وجد أن تخزينه في حفر ضحلة أو على سطح الأرض يفقده كثيرا من خصائصه وقيمته الغذائية إذا ما قورن بحفظه في حفر عميقة [19 ] لقد وجد من هذه الدراسات انه يمكن للسماد العضوي أن يفقد

حوالي 90 %من نيتروجين أثناء تخزينه وإضافته للتربة إذا ما اتخذت الاحتياطات اللازمة لمنع ذلك. لذلك نجد المزارع الناجح يقوم بخزن السماد

في حفر قبل استخدامه وقلبه وخلطه بالتربة عند إضافته للأرض كل ذلك يعمل على تقليل فقد عناصره الغذائية. بصورة عامة فان السماد الطبيعي يمكن أن يساهم ب 30-100%من النيتروجين مقارنة بالسماد الكيميائي [21 ].

### I.2.7.كعلف للحيوانات

لابد من الإشارة هنا إلى أن بعض الحيوانات المستأنسة والمتوحشة وتقوم بأكل روثها. لقد كان متبعا ومع إطلالة هذا القرن في كثير من البلدان أن تربى الخنازير مع الأبقار لكي تستفيد الأولى من روث الثانية. وهذا لا يخفى على من يكن القرية عندنا إذ تربى الدجاج مع الأغنام والأبقار.

أن استخدام فضلات الحيوانات في علفها لذو أهمية وفائدة أكبر من استخدامه كسماد طبيعي. لقد وجد بالتجربة أن نيتروجين الفضلات تكون كفاءة استخدامه والإفادة منه إذا ما استعمل في علف الحيوانات ثلاثة مثال استخدامه كسماد طبيعي واستعمل من قبل النبات [22 ].

### I.3.7.مصدر لإنتاج الطاقة

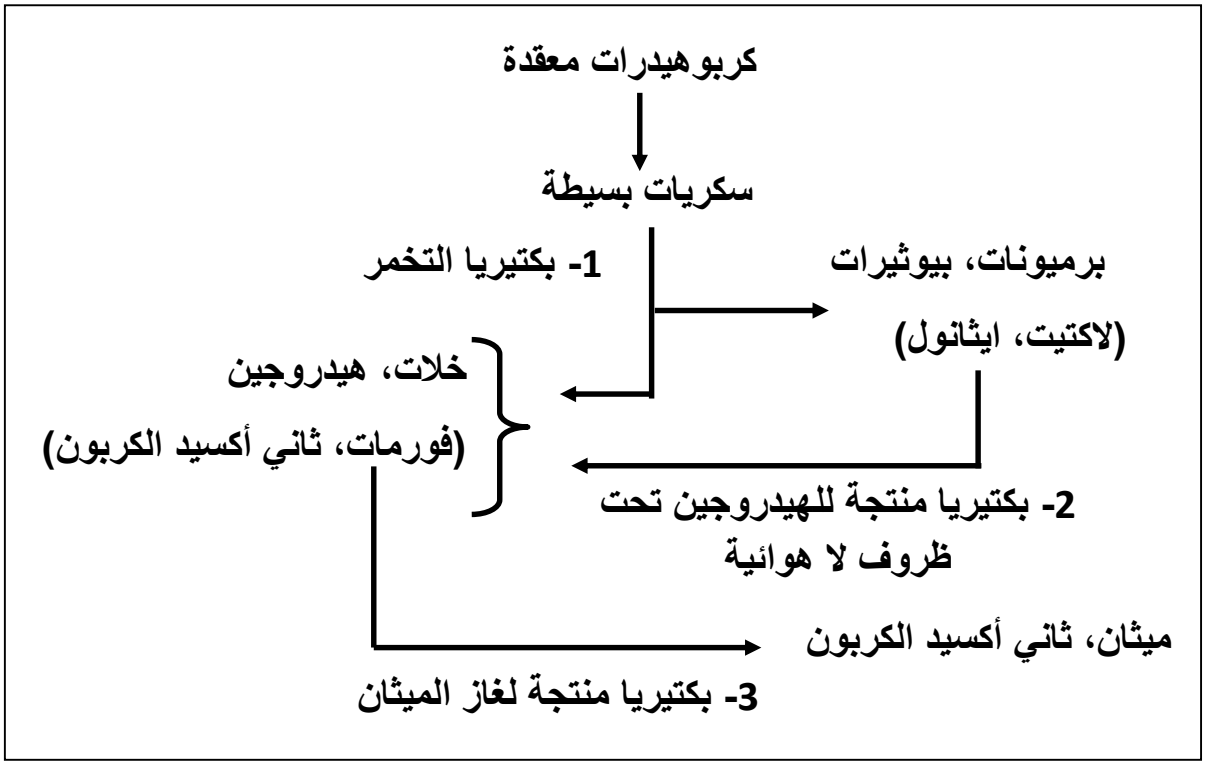
لا بد لسكان هذا الكوكب من البحث عن مصادر جديدة للطاقة لأنه سيأتي يوم ينضب فيه البترول ومصادر الطاقة الأخرى. لا أريد أن يفهم كلامي أن استخدام فضلات الحيوانات لإنتاج الطاقة هو البديل بل يمكن اعتباره أحد المجالات التي يمكن النظر فيها.

تحتوي فضلات الحيوانات على نسب عالية من المواد العضوية وهذه بدورها يمكن أن تستخدم لإنتاج الطاقة إما مباشرة وذلك بحرقها كما هو متبع في العديد من الدول العالم الثالث أو بطرق غير مباشرة وذلك بتخميرها وإنتاج غاز الميثان والذي بدوره يستخدم كمصدر للطاقة. إن عملية إنتاج الميثان من روث الحيوانات ممكنة إلا أنها تصبح مجال تساؤل من وجهة النظر الاقتصادية مع إن هناك وحدات تسمى (degsters) قد انشات في عديد من الدول الصناعية لهذا الغرض [ 22] .

فلا غرابة إذا ما سمع القارئ أن مزرعة مكونة60رأسا من البقر تنتج من الفضلات ما يكفي لإنتاج معظم احتياجات هذه المزرعة من الطاقة على هيئة غاز الميثان وذلك بإتباع نظم مطورة لمعاملة هذه الفضلات.

إن عملية إنتاج الميثان هي ببساطة عملية حيوية إذ يتم فيها تحويل الكربوهيدرات في الفضلات إلى غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون بوساطة أنواع من البكتيريا[23 ]

**يمكن تلخيص العملية بالمخطط التالي :**




**مخطط مراحل انتاج الغاز الحيوي (الميثان)**

لقد وجد أن عملية إنتاج الميثان تكون أكفا عندما تكون نسبة الكربون: النيتروجين في المزيج 1:16[24 ]. كما نسبة غاز الميثان الناتجة داخل الهاضم (degsters) تتراوحبين13-80%من مجموع الغازات الناتجة إلا أنها تكون 67%في المتوسط[25 ] .

لإعطاء فكرة عن إمكانية استخدام الفضلات كمصدر لإنتاج الطاقة سأشير هنا إلى كميات الحرارة الممكن إنتاجها من فضلات بعض الحيوانات.[25 ]

| نوع الحيوان | الطاقة الحرارية الناتجة كيلو جول/100كلغ فضلات |
|---|---|
| أبقار الحليب | 63000-38000 |
| أبقار اللحم | 48000-42000 |
| دجاج اللحم | 128000 |
| دجاج البيض | 100500-86500 |

## الخلاصة

باختلاف مصادر النفايات العضوية ومخلفات الحيوانية وتعددها، تتزايد المشاكل الناتجة عنها، وان عدم اخذ الحيطة والحذر من مضاعفات تراكمها بدون معالجة يهدد بيئتنا والموارد الطبيعية المتوفرة وأيضا صحة الإنسان والحيوان، لذلك من الضرورة القصوى الاهتمام بتطوير خطط وأساليب حديثة تجعل من هذه النفايات ذات خطر معدوم ولما لا قد تكون ذات فائدة ونفع على المجتمع.[26 ]

# الفصل الثاني

# الوقود الحيوي

## تمهيد:

الوقود الحيوي هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواءا النباتية أو الحيوانية منها وهو أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية مثل النفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الاحفوري والوقود النووي.

الوقود الحيوي هو وقود نظيف يعتمد إنتاجه في الأساس على تحويل الكتلة الحيوية سواء ممثلة في صورة حبوب ومحاصيل زراعية مثل الذرة وقصب السكر في صورة زيوت مثل زيت فول الصويا و زيت النخيل وشحوم حيوانية إلى ايثانول كحولي أو ديزل عضوي. (**الزنكوي، صفحة 2**)

## 1.II. تعريف *الوقود الحيوي:*

الغاز الحيوي هو الغاز الناتج عن تخمير المواد العضوية. وهو غاز قابل للاحتراق يتكون بشكل رئيسي من الميثان وثاني أكسيد الكربون. ويمكن حرقه في مكان إنتاجه للحصول على الحرارة والكهرباء، أو تنقيته للحصول على غاز الميثان الحيوي الذي يمكن استخدامه كغاز طبيعي للمركبات أو يمكن حقنه في شبكة توزيع الغاز الطبيعي.

## 2.1.II. تكوين الغاز الحيوي:

يتكون الغاز الحيوي بشكل أساسي من الميثان (50 إلى 70%)،ولكن أيضًا ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) وكميات متغيرة من بخار الماء وكبريتيد الهيدروجين ($H_2S$)،أو حتى مركبات أخرى ("ملوثات").)،خاصة في الغاز الحيوي في مدافن النفايات ومن الشوائب:

- السيلوكسانات
- مركبات الكلور العضوية (بما في ذلك كلوريد الفينيل، وثنائي كلورو الميثان، وثلاثي كلورو الميثان ورباعي كلور الميثان وهي مواد مسرطنة)
- مركبات الكبريت (المركبات)
- مركبات النيتروجين ($NH_3$و$NH_2$[ماذا؟])
- الهيدروجين
- مختلف منتجات التخمير الوسيطة (الكحول،والأحماض،والاسترات،وما إلى ذلك)
- المعادن والفلزات
- بعض الميكروبات اللاهوائية (من المحتمل أن تكون ميثان وتروفية).

ويعتمد محتواها من هذه العناصر المختلفة، وبالتالي قيمتها الطاقية، على مدة ونوعية عملية التخمير، ونوع التركيب والكثير من طبيعة المادة المتخمرة المستخدمة (وبالأخص نسبها من الكربون والهيدروجين والأكسجين). والنيتروجين أو الملوثات غير المرغوب فيها). على سبيل المثال، تنتج مادة قابلة للتخمر غنية بالكربون والهيدروجين غازاً حيوياً يحتوي على ما يصل إلى

90% من الميثان في حين ينتج السليلوز الأكثر فقراً غازاً حيوياً يحتوي على 55% فقط من الميثان (و45% من ثاني أكسيد الكربون).

-أن المعطيات والبيانات الموجودة في المراجع حول تركيب الغاز الحيوي ونسب الغازات المكونة له.

تعطي معلومات متباينة جدا، حيث يعود هذا الأمر إلى وجود عوامل ومتغيرات مختلفة تحدد طبيعة هذا التركيب من بينها المنشأ الحيوي الأصل الذي يستخرج منه الغاز بالإضافة إلى آلية سير العمل داخل خزانات التخمير،ولكن بشكل عام تشير معظم هذه المراجع إلى أن غاز الميثان يشكل المكون الرئيسي،

ونلخص المكونات الموجودة في الغاز الحيوي في الجدول التالي

**جدول 3 : مكونات الغاز الحيوي ويحسب نسبها. (الجمعية الألمانية للمياه والغاز)**

| المكون | مجال القيمة | القيمة المتوسطة |
|---|---|---|
| الميثان | %70-45 | %60 |
| ثاني أكسيد الكربون | %55-25 | %35 |
| بخار الماء | %10-0 | %3.1 |
| النيتروجين | %5-0.01 | %1 |
| أكسجين | %2-0.01 | %0.3 |
| هيدروجين | %1-0 | <%1 |
| أمونياك | mg/m3 2.5-0.01 | mg/m30.7 |
| كبريتيت الهيدروجين | mg/m330000-10 | mg/m3500 |

**2.1.II.الموارد العالمية للغاز الحيوي:** جدول 4 الموارد العالمية للغاز الحيوي وفقا لدراسةADEME

| الموارد العالمية للغاز الحيوي | إنتاج الغاز الحيوي (مليون طن مكافئ/سنة) | الغاز الحيوي القابل للاسترداد (مليون طن مكافئ/سنة) |
|---|---|---|
| النفايات الصلبة الحضرية والصناعية | 750 | 100- 60 |
| مياه الصرف الصحي الحضرية والصناعية | 50 | 50-40 |
| المنتجات الثانوية الزراعية | 1000 | 150-40 |
| المجموع | 1800 | 300-140 |
| الغازالحيوي/الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي | %100 | % 17 -%8 |

**3.1.II.المواد المنتجة للغاز الحيوي :**

المواد الأولية لإنتاج الغاز الحيوي والسماد:

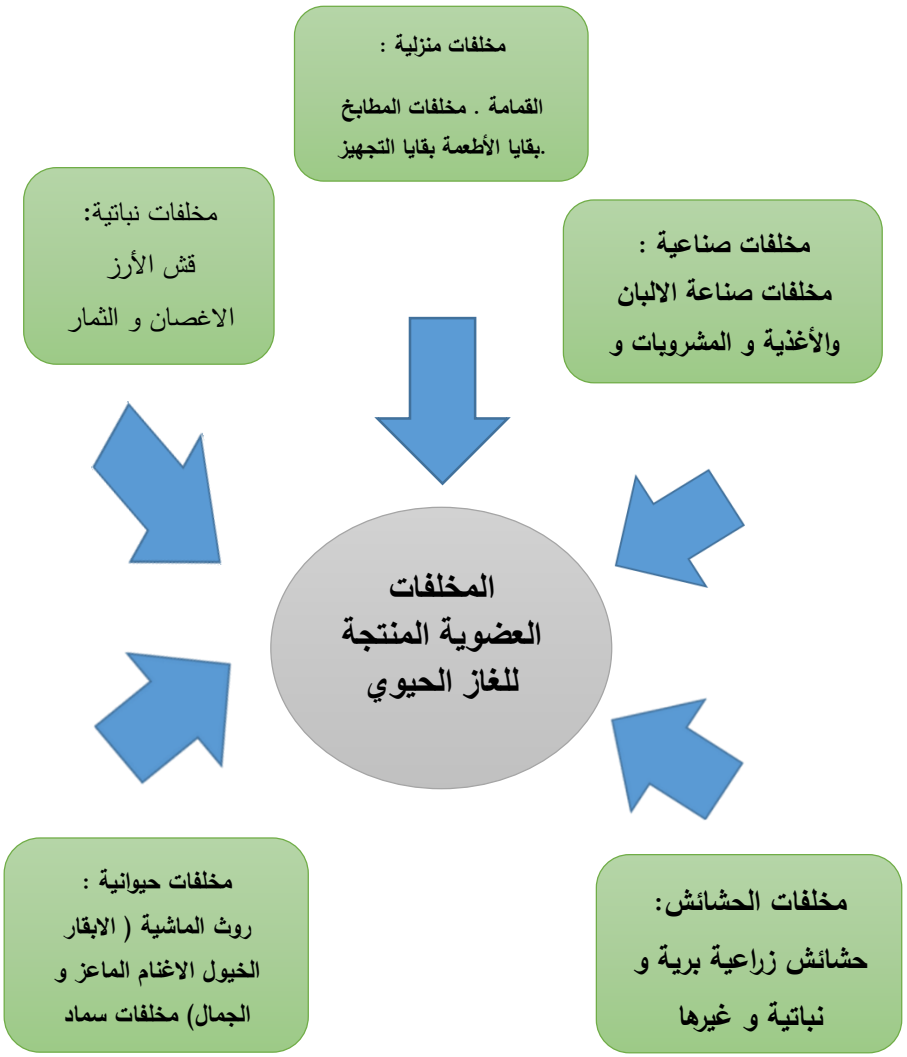
فهي تتكون من ماده عضوية واحدة أوعدة مواد مختلطة مثل:

- مخلفات حيوانيه روث الحيوانات ماشيه خيول- طيور.....الخ.
- مخلفات نباتية: بقايا الحصاد- قش أرز بقايا الذرة والقطن-نواتج تقليم الأشجار-الثمار التالفة
- بقايا محاصيل الخضراوات الأعشاب.....الخ .

-مخلفات الإنسان المواد الصلبة في مياه الصرف الصحي-مخلفات منزليه .....الخ .

-مخلفات صناعية: مخلفات صناعة المواد الغذائية و المشروبات وتجهيز الخضر والفواكه – مخلفات المسالخ .....الخ . (المقداد، 2015، صفحة 5)

ويلخص المخطط التالي المواد المنتجة للغاز والكمية الناتجة:




**شكل(6) : المواد المنتجة للغاز الحيوي**

## II.4.1. النسب التقريبية لعائدات الغاز الحيوي م3/طن:

يتكون الغاز الحيوي من غاز الميثان($CH_4$ ) بنسبه تتراوح بين60-70% والباقي من غازات مختلفة مثل غاز الكربون $CO_2$ الذي يشكل معظمها بنسبة تتراوح بين30-35%وغازات أخرى كالهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا بنسبة بسيطة حوالي5%، وهناك مخاوف بيئية منهما كونهما يتسببان بالأمطار الحامضية يجب التخلص منهما قبل عملية الاحتراق عن طريق وضع مصائد لبخار الماء على أنابيب الغاز قبل وصوله إلى الموقد ومراقبتها.

وهو غاز عديم اللون أخف من الهواء(نصف كثافة الهواء)،يشتعل في الهواء مكوناً لهب أزرق باهت شديد الحرارة ولا يسبب تلوث البيئة وطاقته الحرارية تصل إلى 5513 كيلو كالورى للمتر

المكعب. ينتج غاز الميثان من غازي الهيدروجين والكربون بالتخمر اللاهوائي، أي أن تحلل المواد العضوية المركبة من خلال سلسلة تفاعلات الأكسدة والاختزال ينتج عنها ( $CO_2$ و H وحامض ألخليك) حسب المعادلة التالية: $8H+CO \rightarrow CH_4+2H_2O$

إن حامض ألخليك من خلال انفصال مجموعة الكاربوكسيليك ينتج عنه الميتان و $CO_2$ حسب المعادلة التالية : $CH_3COOH \rightarrow CH_4+CO_2$

كذلك فان عملية أكسدة مركب بسيط كالايثانول الميتان و $CO_2$تتطلب مساهمة أنواع متعددة من البكتيريا بتوفر شروط بيئية مناسبة كالحرارة والرطوبة والحموضة وغيرها.

**والجدول 5 التالي يبين النسب التقريبية لعائدات الغاز الحيوي مقدرة بـم³/طن:**

| نوع المادة | كمية الغاز الناتج ب م³/ طن |
|---|---|
| مخلفات الماشية رطوبة طبيعية (85-88%) | 60 |
| مخلفات الماشية متدنية اللزوجة 94% | 24 |
| مخلفات الدواجن المسامية الرطوبة 75% | 90 |
| مخلفات الدجاج من الأرض الرطبة 60% | 90 |
| العشب | 200 |
| القمح الدقيق | 550 |
| الدبس | 430 |
| الشحوم (الدهون) رطوبة 0% نقية | 1300 |
| مخلفات المسالخ | 300 |
| جذور محاصيل الخضار | 100 |
| نفايات منزلية | 100 |

ونكتفي بهذا القدر من الأمثلة و هو الجزء الأكبر من المخلفات المعروفة، لكن هذه النسب تتوقف على عدة عوامل مثل:

- كفاءة الهاضم.
- درجةحرارةالتحلل30-35%±5م.

– توفر الرطوبة (فيجب ترطيب المواد المستعملة).

– نعومة الفضلات، فكلما كانت ناعمة تساعد بسرعة التحلل و إنتاج الغاز الحيوي .

– استخدام البادئات: وهي جزء من الخميرة السابقة بالمخمر نفسه أو مواد متخمرة مسبقا أومواد بكتيرية جديدة والتي تسرع في عملية التخمر.

كما يختلف زمن بقاء المواد العضوية في المخمر حسب طبيعة المادة وقوامها حيث كلما كانت أن عم كانت مدة التخمر وإنتاج الغاز الحيوي أسرع.

وأن تحلل مخلفات الإنسان والحيوان أسرع من المخلفات النباتية، كما لدرجة الحرارة دور هام والحرارة المثلى بين(25–35م°) وأن انخفاض الحرارة يطيل عملية التخمر و إنتاج الغاز وقد يوقفها. يغذى المخمر بالمادة العضوية

ويبقى لمدة 30–60 يوم تقريبا تبدأ بعدها التغذية اليومية وهي تمثل حجم المادة الصلبة والماء الذي يضاف يوميا للمخمر بحيث يكون متوسط تركيز المواد الصلبة الكلية10%، وتكون نسبة الخلطة المضافة (الروث والماء) غالبا حسب رطوبة المادة. وتضاف دفع هو احده أو على عدة دفعات يوميا بمعدل 0.22 م$^3$ ينتجعنها0.22م$^3$سماد سائل وكمية غازحيوي3 م$^3$ باليوم(علما أن بقرة واحده متوسط وزنها 422 كغم تعطي حوالي 36 كغم روث يوميا تنتج حوالي 1.2م$^3$ غاز حيوي، أي حوالي اسطوانة غاز شهريا ، وعليه فان ثلاث بقرات كافية لتغطية حاجة أسرة ( وبشكل عام يشكل حجم الغاز الحيوي الناتج حوالي1.5–2.5من حجم الهاضم.)

تقدر قيمة السعرات الحرارية بحدود6–7.5ألف سعرة حرارية، وأن مخمر بحجم10م$^3$ ينتج سماد يكفي لهكتار من الأرض المزروعة. (**المقداد، 2015، الصفحات 5–6**)

### 5.1.II. تقنيات تنقية الغاز الحيوي حسبا لملوثات:

نقوم أدناه بتحليل كل نوع من الملوثات، متى يجب التخلص منه وماهي التقنية الأكثر ملاءمة:

أ- **كبريتيد الهيدروجين (H2S)**

وهو مركب ذو رائحة كريهة وسام ومسبب للتآكل. وبالإضافة إلى ذلك، فإن احتراق هي نتج عنه ثاني أكسيد الكبريت، وهو أحد الأسباب الرئيسية لظاهرة المطر الحمضي.

### التقنيات المستخدمة

إزالة الكبريت بيولوجيًا: إنها التقنية الأكثر تنافسية حتى عندما يكونا لحمل مرتفعًا ،وذلك بفضل كفاءتها العالية وتكاليف التشغيل المنخفضة.

الغسيل العكسي للمياه بالضغط: امتصاص الماء يعتمد على اختلاف القطبية.

الغسيل الكيميائي بواسطة أجهزة الغسل: يستخدم كبديل عضوي. إنها تقنية فعالة ولكنها أقل اقتصادية وتتطلب استخدام المواد الكيميائية.

جرعة أملاح الحديد في الهاضم: تساعد على التخفيف من تكون هذه المادة الملوثة، عن طريق ترسيب الكبريتيد (عن طريق تقليل تكوين كبريتيد الهيدروجين)

**ب- ثاني أكسيد الكربون (CO2)**

وهو ليس ملوثًا خاصًا بالغاز الحيوي ،لأنه غير ضار لمعظم التطبيقات. ومع ذلك ،يجب فصل ذلك إذا أردنا الحصول على غاز الميثان المركز ،إما للاستخدام كوقود للسيارات أو للحقن في شبكة الغاز الطبيعي.

### التقنيات المستخدمة

الغسيل العكسي للمياه بالضغط: امتصاص الماء يعتمد على اختلاف القطبية.

يتم الاحتفاظ بكل من ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين بينما لا يتم الاحتفاظ بالميثان، وذلك بسبب الاختلافات في القطبية بين الجزيئين الأولين وجزيء الميثان، وهو غير قطبي. تعتمد ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء على الضغط ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة.

للتخلص تمامًا من ثاني أكسيد الكربون ،يمكن إكمال هذه الخطوة عن طريق الترسيب باستخدام $Ca(OH)_2$ من $H_2S$ و $CO_2$ للحصول على $CaCO_3$ و $CaS$.

**ت- الماء (H2O)**

عند الخروج من الهاضم، يكون الغاز الحيوي مشبعًا ببخار الماء ،وسيكون من الضروري تجفيفه بالنسبة لغالبية التطبيقات. للقيام بذلك ،يمكن تبريد الأنابيب واستعادة المياه.

**التقنيات المستخدمة**

التبريد: يتم تبريد الأنابيب ،مما يسمح باستعادة الماء المكثف. إذا كنت تريد التخلص التام من بخار الماء ،فمن الممكن امتصاصه باستخدام عامل تجفيف مثل هلام السيليكا أو Al2O3.

**ث- سيلوكسان**

هذه عائلة من مركبات السيلكون الموجودة في شكل بخار في الغاز الحيوي. وهي تتبلور جزئيًا لتشكل السيلكون الذي يسبب تآكلًا قويًا للمعدات الميكانيكية. ويتم فصلها عن الغاز الحيوي عن طريق امتصاصها بالكربون المنشط.

**التقنيات المستخدمة:**

الامتصاص بالكربون المنشط: باستخدام هذه التقنية نحصل على عائد مرتفع يسمح بتخفيض هذه المركبات إلى(v)ppb.

BTEX والهيدروكربونات ومركبات الهالوجين تمتص مرشحات الكربون المنشط أيضًا تلك التي قد تكون موجودة في الغاز الحيوي.

إذا كنت تريد غاز الميثان بقيمة حرارية (PCI) مماثلة لتلك الموجودة في الغاز الطبيعي ،فهناك بديل ثابت للتنقية باستخدام الترشيح الغشائي.

يمر الغاز المراد تنقيته عبر غشاء انتقائي، واعتمادًا على نفاذية الغشاء المختلفة للمركبات المختلفة، تصبح نفاذية ويتم إثراء الميثان.

تصميم الغشاء هو الأكثر ملاءمة للفصل الانتقائي للغازات المختلفة، وخاصة ثاني أكسيد الكربون والميثان. تعتبر عملية التنقية فعالة ،حتى لوكان هناك فقدان معين لغاز الميثان مع ثاني أكسيد الكربون المنفصل ،علاوة على ذلك فإن هذه الأنظمة باهظة الثمن.

## II.2. التركيبات والمعايير

### II.2. 1.مقارنة عمليات التنقية المختلف

| Paramètres | biogaz | GNR | Gaz naturel |
|---|---|---|---|
| | | **Mesures en continu** | |
| **CH4** | 60,15 | 97,20 | 95,41 |
| **C2H6** | - | 0,00 | 1,93 |
| **C3H8** | - | 0,00 | 0,15 |
| **C4H10** | - | 0,00 | 0,02 |
| **CO2** | 35,50 | 1,80 | 0,65 |
| **H2S** | 2 876 | 1,00 | 4,00 |
| **S total** | 2 730 | - | - |
| **O2** | 0,95 | 0,20 | 0,00 |
| **H2** | 0,005 | 0,00 | 0,00 |
| **H20** | saturé | 5,40 | 21,50 |
| | | **Valeurs dérivées** | |
| **Gaz diluants : N2 O2 CO2** | 39,85 | 2,80 | 2,47 |
| **Pouvoir calorifique supérieur** | 22,68 | 36,64 | 37,89 |
| **Indice de Wobbe** | 23,70 | 48,30 | 50,38 |
| | | **Composants en traces** | |
| **COV** | 8 016 | - | - |
| **Cu** | 9 500 | - | - |
| **As** | n.d. | - | - |
| **Hg** | 0,100 | - | - |
| **siloxanes** | 0,150 | - | - |
| **Cl** | 0,089 | - | - |
| **F** | 0,002 | - | - |
| **CH2CHCl** | 0,032 | - | - |
| **NH3** | 0,340 | - | - |
| **Bactérie oxydante, réductrice, acidifiante** | 31 600 | 6 300 | 150 000 |

### II.2. 2. عمليات التنقية

#### أ. المقارنة الفنية

**خصائص عمليات تنقية الغاز الحيوي:**

| | Taille des installations | Perte de CH4 | Avantages | Inconvénients |
|---|---|---|---|---|
| **Lavage à l'eau** | Moyenne ou grande | 2% | Facile à mettre en place | Consomme de l'eau qui doit être traitée : 0,6 à 3 L/Nm3 CH4. |
| **Lavage organique** | Moyenne ou grande | 4% | Faible encombrement | Consommation de réactifs. |
| **Lavage aux amines** | Moyenne ou grande | 0,4% | Produits très purs. Pas de pertes de méthane dans le gaz de purge. | Demande thermique pour la regénération importante (1,8 kWh/Nm3 produit). |
| **Pressure swing adsorption** | Petite à moyenne | 2% | Pas de pertes de CH4 si chaudière gaz de purge. Ne consomme aucun réactif. | |
| **Techniques membranaires** | Petite à moyenne | 20%-0,5% | Ne consomme aucun réactif. Flexibilité du processus. | Durée de vie de 7 à 9 ans (à renouveler). |
| **Cryogénie** | Grande | Aucune | CH4 et CO2 très purs. Valorisation du CO2 liquide. | Forte consommation d'électricité. |

المصدر : التكنولوجيا الحيوية اللاهوائية. لإنتاج الطاقة الحيوية

**ب . المقارنة الاقتصادية**

**المقارنة الاقتصادية لتقنيات التنقية المختلفة:**

| Paramètres | Lavage à l'eau | Lavage solvant organique | Lavage aux amines | PSA | Technologie membranaire |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coûts d'investissement [€/(m3/h)** | | | | | |
| **pour 100m3/h biométhane** | 10.100 | 9.500 | 9.500 | 10.400 | 7.300-7.600 |
| **pour 250m3/h biométhane** | 5.500 | 5.000 | 5.000 | 5.400 | 4.700-4.900 |
| **pour 500m3/h biométhane** | 3.500 | 3.500 | 3.500 | 3.700 | 3.500-3.700 |
| **Coûts de fonctionnement [ct€/m3** | | | | | |
| **pour 100m3/h biométhane** | 14,0 | 13,8 | 14,4 | 12,8 | 10,8-15,8 |
| **pour 250m3/h biométhane** | 10,3 | 10,2 | 12,0 | 10,1 | 7,7-11,6 |
| **pour 500m3/h biométhane** | 9,1 | 9,0 | 11,2 | 9,2 | 6,5-10,1 |

المصدر: تقنيات فصل الغاز الغشائي لترقية الغاز الحيوي ،تشين وآخرون. **2015**

## 3.II. استخدامات الغاز الحيوي:

تم تجهيز معظم محطات الغاز الحيوي بمحطات التوليد المشترك للطاقة التي تنتج الكهرباء والحرارة. في بعض الأحيان يكون من المستحيل استخدام الحرارة الزائدة وبالتالي لا يتم تحسين إخراج محطاتAD. وفي هذه الحالات، يكون البديل هو إنتاج الميثان الحيوي الذي يقدم متغيرات اقتصادية مثيرة للاهتمام.

بفضل تقنيات إثراء الغاز الحيوي، تتم إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغاز الحيوي بكفاءة عالية ويتم إنتاج الميثان الحيوي بجودة تعادل جودة الغاز الطبيعي (CH4 97-99%). تجدر الإشارة إلى أن الميثان الحيوي هو غاز متجدد عالي الجودة، ويمكن حقنه مباشرة في شبكة الغاز الطبيعي الحالية.

يمكن استخدامه من أجل:

الاحتراق في المنشآت البعيدة عن الإنتاج (الدورة المركبة).

الغاز الحيوي للاستهلاك المباشر في المنازل أو الصناعة.

الوقود الحيوي للمركبات.

## 4.II. مميزات استخدام الغاز الحيوي:

يستخدم للتخلص من النفايات الزراعية والصناعية بشكل آمن.

- يحل مشكله إمدادات الطاقة حيث إنه أفضل من حرق الخشب.
- يعد غاز الميتان واحدة من أفضل الغازات حيث ينتج عنه دخان.
- يستخدم غاز الميثان في توليد الكهرباء.
- يحل مشكلة الصرف الصحي وتحسين النظافة اليومية الزراعية والبيئية
- تستخدم البقايا المستنفدة من الخليط لداخل في إنتاج الغاز كسماد عضوي جيد حيث إن لطن منه يباع بعشرين دولار تقريبا.
- يستخدم غاز الميثان لأغراض لطهي وكوقود رخيص للسيارات.
- يستخدم غاز الميثان لإنتاج الميثانول والذي يستخدم في صناعات عديدة.
- إن خروج غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون بصورة حرة إلى الغلاف الجوي جراء عمليات التحلل الهوائي يسبب زيادة تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري فتأثير غاز الميثان يفوق تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون بما يعادل واحد وعشرين ضعفا . وأثبت اختبار غاز الميثان الحيوي قدرته على تقليل 99 مليون طن متر انبعاث غاز الاحتباس الحراري أو حوالي 4% من غازات الاحتباس الحراري التي تنتجه الولايات المتحدة (**al et.Cuellar ،2008**).

## 5.II. كمية الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي:

تختلف كمية الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي تبعا إلى محتواه من الميثان

**جدول(6) :خصائص غاز الميثان**

| | |
|---|---|
| الصيغة الجزيئية | CH4 |
| الكتلة المولية | g/mole16.042 |
| المظهر | غاز عديم اللون |
| الكثافة | kg/m30.717 |
| نقطة الانصهار | −°c182.5 |
| نقطة الغليان | °c−161.6 |
| الذوبان في الماء | 3.5mg ml 10 H2O عند درجة حرارة 17°c |

ومحتوى الطاقة في المتر المكعب الواحد من الغاز الحيوي هو3.1 إلى 5.1 كيلو واط ساعي تبعا إلى محتواه من الميتان، وهذا ما يعادل 6.0 لتر من الوقود.

الغاز الحيوي (المصفى) هو غاز أخف بحولي 20% من الهواء وحرارة اشتعاله بين 650° – 750° وهو غاز عديم اللون والرائحة يحترق بلهب أزرق

## 6–II الأنواع الرئيسية للوقود الحيوي:

– الإيثانول الحيوي: ينتج من تخمير السكريات المستخرجة من المحاصيل مثل الذرة وقصب السكر.

– الديزل الحيوي: يُنتج من الزيوت النباتية أو الدهون الحيوانية من خلال عملية تُعرف بالترنسسترة.

– الغاز الحيوي: يتكون من الميثان بشكل أساسي ويُنتج من خلال التحلل اللاهوائي للمواد العضوية.

## II-7. عمليات الإنتاج:

- التخمير: تحويل السكريات إلى إيثانول بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.
- الترنسسترة: عملية كيميائية تُستخدم لتحويل الدهون والزيوت إلى ديزل حيوي.
- التحلل اللاهوائي: تحويل المواد العضوية إلى غاز حيوي في غياب الأكسجين.

## II-8. التحليل البيئي والاقتصادي:

- تقييم التأثير البيئي، بما في ذلك انبعاثات الغازات الدفيئة.
- الجدوى الاقتصادية مقارنة بالوقود الأحفوري.
- أثر إنتاج الوقود الحيوي على الأمن الغذائي واستخدام الأراضي.

. التحديات والفرص:

- التحديات: مثل التنافس مع الغذاء، واستخدام الموارد المائية، والتأثيرات البيئية السلبية المحتملة.

- الفرص: تطوير تقنيات جديدة مثل الوقود الحيوي من الجيل الثاني والثالث، الذي يعتمد على المواد اللجنوسليلوزية والطحالب.

**خلاصة :**

روث الابل كغيره من الروث الحيواني , يحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي من خلال عمليات التحلل اللاهوائي , يمكن تحويل هذه المواد الى غازات مثل الميثان(CH4) ثاني أكسيد الكربون (CO2) , والتي يمكن استخدامها كوقود حيوي عن الطريق العملية الموالية:

**1.جمع الروث و معالجته الأولية :** يتم جمع الروث و تخزينه في حاويات خاصة .قد يتم مزجه مع مياه لجعله أكثر سيولة و تسهيل عملية التحلل .

**2.التحلل اللاهوائي :** يتم وضع الروث في مفاعلات لاهوائية حيث تقوم البكتيريا بتحليل المواد العضوية في غياب الأكسجين منتجة غاز الميثان و غازات أخرى .

**3.تنقية الغاز:** يتم تنقية الغاز الحيوي الناتج لإزالة الشوائب مثل كبريتيد الهيدروجين و الرطوبة للحصول على غاز حيوي نقي يمكن استخدامه كوقود.

**4.استخدام الغاز :** يمكن استخدام الغاز الحيوي المنتج في توليد الكهرباء أو كوقود للمركبات أو للأغراض المنزلية مثل الطهي و التدفئة .

و من فوائده

البيئية : تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة عن طريق استخدام روث الحيوانات بدلا من تركه يتحلل بشكل طبيعي .

الاقتصادية : توفير مصدر بديل للطاقة يمكن أن يكون أقل تكلفة في المناطق الريفية أو الصحراوية

الاجتماعية: تحسين جودة الحياة في المجتمعات الريفية من خلال توفير مصادر طاقة محلية و مستدامة .

# الجزء العملي

# الفصل الثالث

# المواد والطرق

**العتاد المستخدم**

1) المخبر: مخبر كلية الرياضيات وعلوم المادة قاصدي مرباح ورقلة

2) خزان بلاستيكي سعته 150لتر:لاحتواء التفاعل

**الشكل رقم (07)خزان بلاستيكي 150لتر**

**3) ميزان** : لقياس كمية المادة العضوية.

**الشكل (08)ميزان**

**4) محرار الكتروني** : لمتابعة درجة حرارة المخبر

**الشكل رقم (09) محرار الكتروني**

5) **محرار زئبقي** : لمتابعة تغيرات درجة حرارة التفاعل داخل الخزان البلاستيكي

**الشكل رقم(10)محرار زئبقي**

6) **مدفأة كهربائية:** للمساعدة في رفع درجة حرارة المخبر في فترة البرد

7) **مكيف هوائي:** للمساعدة في رفع درجة حرارة المخبر والحفاظ عليها ثابتة.

8) **بالونات مطاطية:** لتخزين الغاز المستخرج من تجربة الثانية .

9) **دلاء بلاستيكي:** لاحتواء تفاعل النفايات العضوية.

**الشكل رقم(11) دلاء بلاستيكي**

**10)جهاز قياس PH**

**الشكل رقم(12)جهاز PH Métre**

**11)جهاز قياس الناقلية**

**الشكل رقم (13) جهاز الناقلية**

**12)منصة خشبية : لرفع التجربة عن سطح الأرض.**

- **المواد**

1. **روث الإبل : هو فضلات الإبل**

**الشكل رقم(14) روث الإبل**

المصدر: صحراء الطيبات (تقرت )+صحراء ورقلة

**2.قشور البطاطا والبرتقال** : نفايات منزلية عضوية .

**المصدر**: نفايات منزلية عضوية (المنزل).

**3.الماء**

**المصدر**: ماء معدني (منبع سيدي خالد)

✓ **الطرق:**

وجود مادتين هما روث الإبل وقشور البطاطا والبرتقال.

✓ **تحضير روث الإبل**

- تم تجفيف الروث لمدة أسبوعين في هواء الطلق تحت أشعة الشمس .
- ثم طحنه حتى يصبح ذو قوام متجانس.

✓ **تحضير النفايات المنزلية العضوية**

- تم تجفيف قشور البطاطا والبرتقال (50%قشور بطاطا و50%قشور برتقال) لمدة شهر في هواء الطلق فقط ثم تقطيعها إلى قطع صغيرة .

✓ **تحاليل الفيزيائية للماء**

❷ **قياس Phالماء**

قمنا بقياس PHالماء بواسطة جهاز PH Mètreوكانت القيمة PH=7.6

❷ **قياس الناقلية والملوحة**

قمنا بقياس الناقلية والملوحة للمياه المستعملة في التجربة بواسطة Conductimètreوكانت القيمة (576)وقيمة الملوحة sal=0.02

**الشكل (15) جهاز الناقلية عليه القيمة**

- **تركيب بروتوكولات التجربتين**

**التجربة الأولى: متابعة نواتج تشكل الغاز من روث الإبل**

1.نضع داخل خزان بلاستيكي سعته 150لتر 6.8كلغ من روث الإبل و60لتر من الماء ونمزج الخليط جيدا.

**الشكل رقم (16) مزيج الروث والماء داخل الخزان**

**2.**ثم غلق الخزان البلاستيكي بإحكام حتى يتم العزل التام للتفاعل.

**3.** تأكد من عدم وجود هواء داخل البرميل بعد الغلق بالضغط القوي على غطاء الخزان.

**4.** رفع مكونات وحدة إخراج الغاز على سطح الأرض بحوالي 30 سم لتفادي تأثير حرارة سطح الأرض على التجربة.

**الشكل رقم (17)التجربة على المنصة الخشبية**

**5.**ضبط المكيف الهواء في المخبر على درجة حرارة 30°

6.وضع المدفأة الكهربائية بالقرب من التجربة لثبات درجة الحرارة.

**ملاحظة:قمنا بنفس التجربة في دلو صغير بكمية 2 كلغم من روث الإبل.**

**الشكل رقم(18) دلو يحتوي على 2كلغم من روث +ماء**

**التجربة الثانية : متابعة نواتج تشكل الغاز الحيوي من نفايات عضوية منزلية**

i. نضع داخل دلو البلاستيكي 2 كلغم من نفايات عضوية منزلية.

ii. نضيف الماء قرابة 20 لتر داخل الدلاء.

iii. نمزج الخليط جيدا ونقوم بغلق الدلو بإحكام حتى لا يتسرب الغاز.

✓ **انتهاء التجارب**

بعد انتهاء التجربة الأولى بتاريخ 13 جوان 2024قمنا بترشيح روث الإبل الذي كان داخل الخزان ونشره في هواء الطلق وتحت أشعة الشمس .

**الشكل رقم(19)تجفيف فضلات الحيوانات (روث الإبل)**

**الشكل رقم(20)تجفيف فضلات حيوانات(روث الإبل)من دلو**

# الملاحظات ونتائج ومناقشة

☑ **الملاحظات:**

✓ **الملاحظات أثناء التجارب:**

**التجربة الأولى:** متابعة نواتج التجربة الأولى التحلل اللاهوائي (روث الإبل في خزان)

**تغيرات درجة الحرارة:**

– انطلاق التجربة في 21 افريل 2024 قمنا بوضع الروث داخل الخزان، وكانت درجة الحرارة داخل المخبر 27°درجة مئوية.

– في29افريل2024 عدم تغير في مستوى خروج الغاز وانخفاض في مستوى الحرارة، المخبر والخزان تتراوح بين 25°و27°درجة مئوية.

– 02 ماي 2024 توصيل المدفأة الكهربائية لرفع درجة حرارة الوسط 30° درجة مئوية.

– 20ماي 2024 ملاحظة خروج رائحة كريهة بعض الشيء من الخزان بعد فتح الصمام المسؤول على خروج الغاز إلى الموقد الصغير وكانت درجة الحرارة تتراوح بين 35°و37° درجة مئوية .

– 30ماي2024 قمنا بفتح الصمام الذي بالموقد فلاحظنا خروج نسبة ضئيلة من الغاز تكاد تنعدم ودرجة الحرارة بين 38°و39° درجة مئوية.

– 3جوان2024 تزايد في درجة الحرارة 40°وخروج نسبة قليلة من الغاز

– 10جوان 2024عدم ملاحظة وانخفاض في درجة الحرارة أي شيء لذلك قمنا بترشيح محتوى الخزان في تحت هواء الطلق وأشعة الشمس.

– نفس الملاحظات تجربة الدلو.

**التجربة الثانية:** متابعة نواتج تشكل الغاز (قشور البرتقال والبطاطا في الدلو)

⊡ عدم ملاحظة أي تغيير على مستوى الدلو والبالون.

☑ **ملاحظات بعد انتهاء التجارب:**

بعد عملية التجفيف الجيد قمنا بوزن الباقي الصلب وكان كالتالي:

التجربة الأولى: كان في بداية التجربة ب6.8كلغم من الروث والنتيجة كانت حوالي 4.5كلغم من الكمبوست اللاهوائي.

وفي بداية تجربة التي احتواها الدلو 2كلغم من الروث والنتيجة كانت تقريبا 1 كلغم من الكمبوست اللاهوائي.

التجربة الثانية: كان بداية التجربة 2كلغم من قشور البرتقال والبطاطا والنتيجة كانت 2كلغم

☑ **النتـائــج:**

من خلال بحثنا هذا استخلصنا عدة نتائج

**التجربة الأولى و الثانية: متابعة نواتج التحلل اللاهوائي لروث الإبل (فضلات الحيوانات في الخزان والدلو) ) مقارنة مع النفايات العضوية المنزلية (قشور البرتقال والبطاطا)**

1-اعتبار فضلات الحيوانات المنتج الأسرع والأكثر للغاز الحيوي، حيث أن الاعتماد على هذه المادة في إنتاج الغاز الحيوي أمر مجدي من الناحية الاقتصادية والبيئية، وبالنسبة للكمبوست فهو سماد عضوي جيد خالي من الآفات التي تحملها فضلات الحيوانات إذا استعملت مباشرة مثل بالنيماتودا و البكتيريا الضارة والديدان الخيطية والعديد من الفطريات وبذور الأعشاب الضارة بالأخص تلك الأعشاب التي تملك بذور مقاومة لظروف الصعبة، وإنتاجها للكمبوست بنسبة معتبرة يمكن أن توفر مصدرا لسماد عضوي ذو نوعية ممتازة.

2-أما في ما يخص النفايات العضوية المنزلية والمتمثلة في قشور البرتقال والبطاطا فإننا نقول أن طريقة التحلل اللاهوائي لا تعتبر طريقة مجدية لتثمينها نظرا لصعوبة هضمها من طرف البكتيريا اللاهوائية، بسبب مكونها من السيليلوز وغياب عنصر الازوت فيها، إلا إذا تم إضافته على شكل نباتات خضراء طازجة وهذا الأمر طبعا يعتبر صعبا بسبب الظروف المناخية للمنطقة من جفاف وحرارة عالية التي تجعل المادة الخضراء جافة في ساعات، بمعنى أخر أن جل البقايا النباتية تكون جافة على الدوام وإضافة مصدر أزوتي مكلف من الناحية المادية، لذلك نقترح أن توجه هذه النفايات إلى طريقة أخرى من طرق التثمين مثل إنتاج الكمبوست الهوائي.

☑ **المناقشـــة:**

مناقشة الملاحظات على طول مدة التجربة

قمنا بتقسيم مدة المتابعة إلى مراحل وهي:

التجربة الأولى: متابعة نواتج التحلل اللاهوائي للروث الإبل(في الخزان والدلو)

**1-المرحلة الأولى: عدم وجود تغيرات :21 افريل 2024 إلى 02 ماي 2024**

إن تسجيل التغيرات في التجربة يعني أن التفاعل قد انطلق، وعدم وجود تغيرات يعني أن التحلل اللاهوائي لم يبدأ بعد وذلك قد يرجع لعدة أسباب وهي:

- انخفاض درجة حرارة الوسط الخارجي لا يشجع على تكاثر البكتيريا عموما.
- انخفاض درجة حرارة وسط التفاعل يدل على عدم نشاط البكتيريا اللاهوائية.

**2-المرحلة الثانية : بداية التغيرات والتغيرات الواضحة :02ماي 2024 إلى 03 جوان 2024**

**كانت تغيرات طفيفة في درجة الحرارة وخروج الرائحة الكريهة**

- تركيب المدفأة ساهم بشكل كبير في رفع درجة حرارة الوسط الخارجي ووسط التفاعل.
- ظهور بعض الرائحة الكريهة يدل على نفاذ كمية الأكسوجين الموجودة في الخزان.
- تزايد في درجة حرارة وسط التفاعل يدل على نشاط البكتيريا.

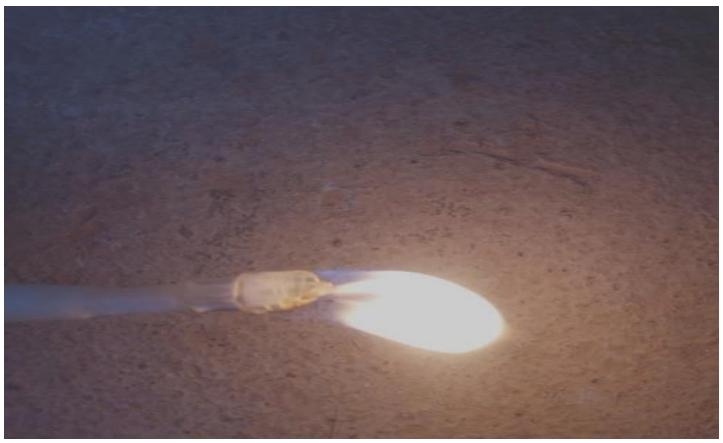
**كانت تغيرات واضحة في الفترة بين30ماي 2024و03جوان2024**

**ارتفاع في درجة الحرارة 38°،39°و40° وخروج الغاز**

- ارتفاع درجة حرارة وسط التفاعل يدل على النشاط الكثيف للبكتيريا اللاهوائية.

**ملاحظة :(نظرا لضيق الوقت لم نتمكن من الحصول على نسبة كبيرة من الغاز)**

في تجربة الدلو قمنا بتجريب اشتعال الغاز تم خروج كمية من الغاز



الشكل رقم (21)تجريب اشتعال الغاز من تجربة الدلو.

**3-المرحلة الثالثة :عدم وجود تغييرات 03جوان 2024الى 10جوان 2024**

**انخفاض في درجة الحرارة وعدم خروج أي كمية من الغاز**

- عدم خروج الغاز يدل على أن نشاط البكتيريا توقف وبهذا لم يعد هناك تحلل اللاهوائي.

**التجربة الثانية : التحلل اللاهوائي لقشور البرتقال والبطاطا**

عدم ظهور أي تغيير على بالون قشور البرتقال والبطاطا ،يعني عدم وجود أي نشاط للبكتيريا اللاهوائية، ونفسر ذلك بغياب مادة عضوية سهلة الهضم تسمح ببدأ تكاثر البكتيريا طول مدة التجربة. **مناقشة الملاحظات بعد انتهاء التجربة**

كان بداية التجربة كمية فضلات الحيوانات (روث الإبل) 6.8كلغم وكمية النفايات العضوية المنزلية (قشور البرتقال والبطاطا) 2كلغم .

**فضلات الحيوانات:** 4.5كلغم من 6.8كلغم من روث الإبل يفسر ذلك بأن محتوى فضلات الحيوانات من المواد الميسرة للبكتيريا اللاهوائية مقارنة بالنفايات العضوية .

في تجربة الدلو 1 كلغم من أصل 2كلغم من روث الإبل في تجربة الدلو وتفسر هذه النتيجة نفس تفسير الذي سبق.

**النفايات العضوية المنزلية:** في هذه الحالة لم يطرأ أي تغيير يذكر على المادة المستعملة إما لصعوبة هضمها من طرف البكتيريا بسبب تركيبتها الغنية بالسيليلوز، أو لنقص عنصر

الازوت الذي يكون غير متوفر في المادة الجافة، وكما ذكرنا سابقا أن النشاط البكتيري الهوائي أو اللاهوائي يحتاج إلى نسبة معينة من الازوت.

☑ **التحاليل للمواد المستعملة :**

**Spectrométrie de fluorescence X à dispersion d'énergie (EDXRF)**

**العينة الأولى فضلات الحيوانات (روث الإبل ):**

| Z | Formule | concentration (%) | | Mode d'évaluation | Quantifié par | Nom du domaine |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | Ca | 68.87 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 14 | Si | 9.36 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 26 | Fe | 5.81 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 13 | AL | 4.65 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 16 | S | 3.27 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 17 | CL | 2.13 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 19 | K | 1.73 | % | Sans étalons | K | 20 kV range3 |
| 38 | Sr | 1.50 | % | Sans étalons | K | 40 kV range2 |
| 25 | Mn | 0.73 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 22 | Ti | 0.71 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 21 | SC | 0.60 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 40 | Zr | 0.23 | % | Sans étalons | K | 40 kV range2 |
| 30 | Zn | 0.16 | % | Sans étalons | K | 40 kV range2 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | Cu | 0.10 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 23 | V | 0.06 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |
| 24 | Cr | 0.06 | % | Sans étalons | Auto(k utilisé(e)) | 20 kV range3 |

العينة الثانية نفايات العضوية المنزلية (قشور البرتقال والبطاطا):

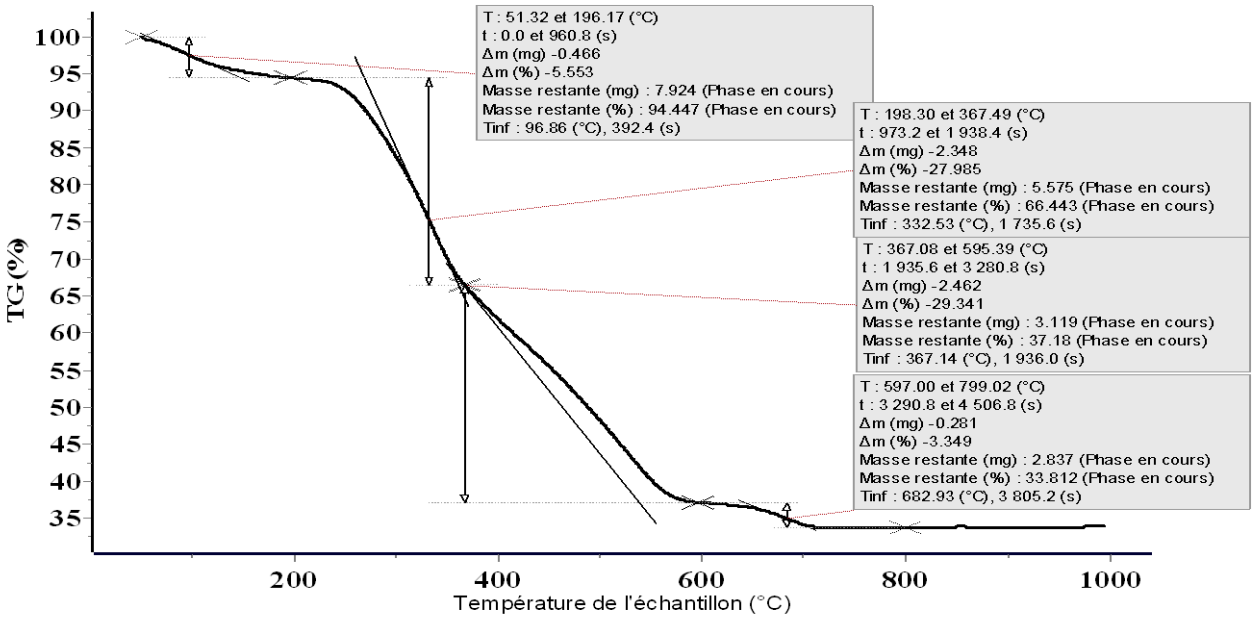
| Z | Formule | concentration | (%) | Mode d'évaluation | Quantifié par | Nom du domaine |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | K | 49.64 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 20 | Ca | 30.77 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 17 | CL | 7.62 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 13 | AL | 3.67 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 16 | S | 2.54 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 26 | Fe | 2.48 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 15 | P | 1.23 | % | K | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 38 | Sr | 0.54 | % | K | Sans étalons | 40 kV، range 2 |
| 29 | Cu | 0.28 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 22 | Ti | 0.27 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 35 | Br | 0.19 | % | K | Sans étalons | 40 kV، range 2 |
| 24 | Cr | 0.19 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 25 | Mn | 0.17 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 21 | Sc | 0.16 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |
| 30 | Zn | 0.15 | % | K | Sans étalons | 40 kV، range 2 |
| 23 | V | 0.09 | % | Auto(k utilisé(e)) | Sans étalons | 20 kV، range 3 |

**Expérimentation : B1**

**Appareil : SETARAM Labsys Evo - gas option**

**Masse initiale : 8.39 (mg)**

**Nature de gaz est $N_2$ le débit =40ml/min**

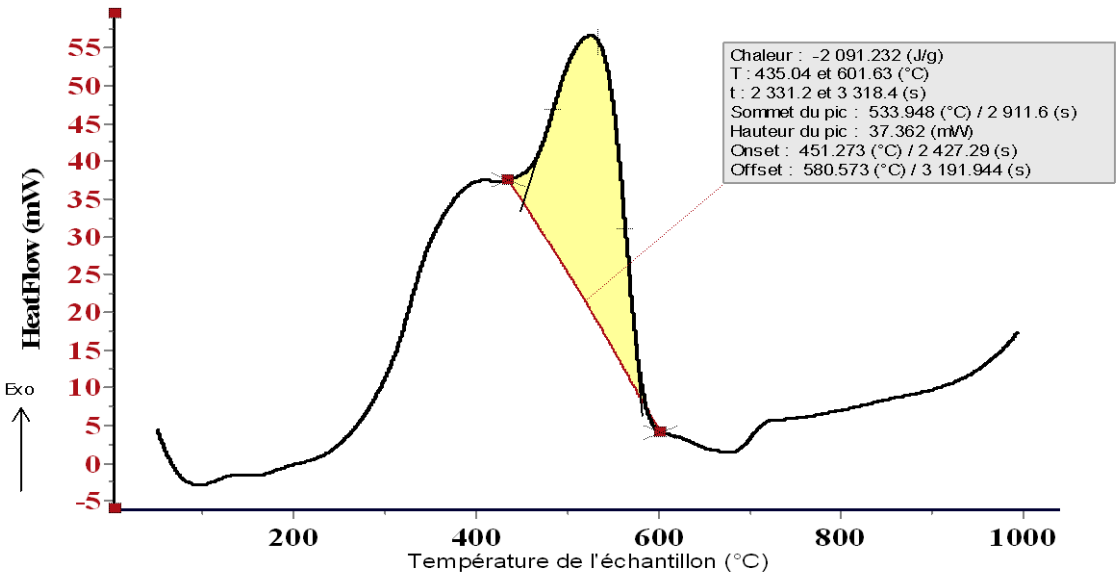



**Expérimentation : B1**

**Appareil : SETARAM Labsys Evo - gas option**

**Masse initiale : 8.39 (mg)**

**Nature de gaz est $N_2$ le débit =40ml/min**



**الخلاصة:**

مما سبق يتبين لنا أهمية الغاز الحيوي كطاقة بديلة وصديقة للبيئة ورخيصة وضرورية في ظروف الحياة العصرية في ظل نضوب مصادر الطاقة وتزايد عوامل تلوث البيئة والتخفيف من خطر التلوث بهدف حماية الانسان. **(المقداد، 2015، صفحة 34)**

ومن الفوائد الاقتصادية والبيئية للدراسة نجد

- تقليل النفايات: استخدام المخلفات الحيوانية يقلل من تلوث البيئة.
- مصدر طاقة محلي: يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد.
- خلق فرص عمل: في مجالات جمع المخلفات ومعالجتها وتصنيع الوقود الحيوي.
- تحسين الاقتصاد المحلي: من خلال تعزيز الصناعات الريفية.

1. **التوافر والاستدامة:** الإبل تعتبر مصدراً متجدداً للروث، مما يجعلها مادة خام مستدامة لإنتاج الوقود الحيوي. وهذا يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويعزز الاستدامة البيئية.

2. **تقليل التلوث البيئي:** استخدام روث الإبل في إنتاج الوقود الحيوي يساعد في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، حيث يتم تحويل النفايات العضوية إلى طاقة نظيفة بدلاً من تركها تتحلل في البيئة وإطلاق الميثان.

3. **كفاءة الإنتاج:** روث الإبل غني بالمواد العضوية والمغذيات، مما يجعله مناسباً لعملية التحلل الحيوي (الهضم اللاهوائي) التي تنتج البيوجاز (غاز حيوي)، الذي يمكن استخدامه كوقود بديل. البيوجاز يحتوي على نسبة عالية من الميثان، مما يجعله وقوداً فعّالاً للطاقة.

4. **الفوائد الاقتصادية:** إنتاج الوقود الحيوي من روث الإبل يمكن أن يكون مصدراً اقتصادياً للمزارعين والمجتمعات المحلية، من خلال توفير مصدر طاقة محلي ومنخفض التكلفة. كما يمكن بيع الفائض منه لتحقيق إيرادات إضافية.

**5. الأثر البيئي** : انتاج الوقود الحيوي من روث الابل يساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة , حيث يتم تحويل النفايات العضوية الى طاقة نظيفة .هذا يساهم في تقليل التلوث البيئي و تحسين إدارة النفايات الحيوانية .

**6.الجدوى الاقتصادية** : استغلال روث الابل لتوليد الوقود الحيوي يمكن أن يكون مجديا اقتصاديا , خاصة في المناطق الريفية الصحراوية حيث تكون الابل مصدرا رئيسيا للروث .هذا يقلل من الاعتماد على الوقود الاحفوري و يقلل من تكاليف الطاقة .

## التوصيات:

-**تحسين التكنولوجيا**: تعزيز تقنيات الهضم اللاهوائي لتحسين كفاءة تحويل روث الابل الى بيوجاز

-**البنية التحتية** : بناء وحدات انتاج الوقود الحيوي في المناطق التي تتواجد فيها الابل بكثرة مع التركيز على سهولة الوصول و الصيانة .

- **دعم حكومي**: يجب توفير دعم حكومي من خلال الإعفاءات الضريبية أو التمويلات الميسرة.

- **توعية المجتمع**: أهمية اشراك المجتمع المحلي في جمع المخلفات.

- **البحث والتطوير**: تشجيع البحث العلمي لتحسين كفاءة التقنيات المستخدمة.

- **تشريعات محفزة**: تشجيع الحكومات على وضع سياسات داعمة لاستخدام روث الابل في انتاج الوقود الحيوي , مثل الحوافز المالية و الإعفاءات الضريبية .

- **برامج توعية** : تنظيم برامج توعية للمزارعين و مربي الابل حول فوائد و مزايا استخدام روث الابل في انتاج الطاقة الحيوية

- **التعاون مع المنظمات**: تشكيل شراكات مع المنظمات الدولية و المحلية لدعم و تطوير مشاريع الوقود الحيوي من روث الابل

- **التمويل :** السعي للحصول على تمويل من الجهات المانحة الدولية و المستثمرين المهتمين بالطاقة المستدامة.

# قائمة المراجع:


1. مذكرة تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي بلقاسم مسلم. صبرين قرميط -جامعة الوادي-2017 .
2. دراسة حالة من الإمارات العربية المتحدة: بحث تم إجراؤه في الإمارات حول استخدام روث الإبل في إنتاج البيوجاز وجد أن الإبل تنتج كميات كبيرة من الروث يومياً، مما يجعلها مصدراً محتملاً ومهماً لإنتاج الطاقة الحيوية في المناطق الصحراوية .
3. البحث العلمي في البيئة والطاقة: دراسة نُشرت في مجلة علمية تركز على تأثير إنتاج البيوجاز من روث الإبل على البيئة أظهرت تقليلاً كبيراً في انبعاثات الميثان، مما يسهم في مكافحة التغير المناخي .
4. الاقتصاد الدائري والزراعة المستدامة: مقالة في مجلة الزراعة المستدامة أشارت إلى أن استخدام السماد العضوي المتبقي من عملية إنتاج البيوجاز يعزز من الإنتاج الزراعي ويقلل من الاعتماد على الأسمدة الكيميائية .
5. كتاب "الوقود الحيوي: المبادئ والتطبيقات" - يشرح هذا الكتاب الأنواع المختلفة للوقود الحيوي وعمليات الإنتاج بالتفصيل.
6. مقال في مجلة "الطاقة المتجددة والمستدامة" - يتناول تأثير الوقود الحيوي على البيئة واقتصادياته.
7. دراسات وتقارير من وكالة الطاقة الدولية (IEA) - توفر تقارير مفصلة عن الوضع الحالي لتكنولوجيا الوقود الحيوي وتوقعات المستقبل

**☑مراجع أجنبية :**

1. Algeria ،Journal official 15 juillet 1975 (n° 75-633)
2. https://www.jstor.org/topic/organic-
   http://www.yso.fi/onto/yso/p13945

3. Cointreau-Levine S. ،(1997). "Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management". International Occupational and Environmental Medicine. St. Louis (USA); 25 pages
4. Aloueimine. S ،et al ،(2005-a)،Caractérisation des OrduresMénagers à Nouakchott : Partie I : Méthoded'Echantillonnage ،article en Presse ،7 pages
5. Ngnikam E. ،(2002). La maîtrise de la collecte et de traitement des déchetssolidesdans les pays en développement et réduction des émissions de gaz à effet de serre ،rencontre de la coopérationtechnologiquenord-sud pour le développement durable et le climatorganiséesdans le cadre de pollutec ، Lyon 25 et 26 Novembre 2002 ،22 pages.
6. Abu-Qudais M. et Abu-Qdais H.A. (2000). Energy content of municipal solid waste in Jordan adits potential utilization; Energy Conversion & Management 41 (2000) ،p983-991.
7. Georgieva K. and Varma K. (1999). Municipal Solid Waste Incineration; World Bank Technical Guidance Report; the International Bank for Reconstruction and Development / the World Bank; washington D.C.
8. François V. (2004) : Déterminationd'indicateursd'accélération et de
9. stabilisation de déchetsménagersenfouis. Etude de l'impact de la recirculation
10. delixiviatssurcolonnes de déchets ،thèse de doctorat N° 8-2004 ، Université de Limoges
11. AFNOR (2001). Caractérisation des déchets : Dosage du carboneorganique total (COT) dans les déchets ،boues et sediments ; NF EN 13137 ،X 30-404.
12. www.wikipedia.com
13. Gov.il agricultural waste management الوزارة لحماية البيئة
14. luto Journals is collaborating with JSTOR to digitize ،preserve and extend access to Bethlehem University Journal بقلم الدكتور عدنان شقير
15. anderhdm ،D.H. ،1975 ،Nutrient losses from livestock waste during storage ،treatment and handling. Proc. 3rd Inter. Symp. On livestock wastes. ASAE ،St. Joseph ،MI ،P 282.
16. Wilkinson ،S.R. ،1979 ،Plant Nutrient and Exonomic Value o( I I Animal Manures ،J. Anim. Sci. ،48:12.
17. Fontenot ،J.P. and I.J. Ross. ،1980 ،Animal Waste Utilization. Ini Lives tock Waste: A renewable resource.Proce. 4th Inter. Symp. On

Livestock Wastes ،ASAE ،ST. Joseph ،MI ،P.4. 6) Fontenot ،J.P. ،L.W. Smith amd A.L. Sutton ،1983 ،Alternative Utilization of Animal Wastes ، ASAS ،Vol. 57

18. Bhattacharya ،A.N. and J.C. Taylor ،1975 ،Recycling Animal Waste as a feedstuff : A review ،J. Anim Sci. 41:1438

19. Smith ،R.J. ،1980 ،Practicality of Methane Production from Livestock Wastes : State - of - the - art. Proc. 4th Inter. Symp. On Livestock Wastes ، ASAE ،st.Joseph،MI ،P 109.

20. Loehr R.C. 1947 Agriculture Waste Management ،Academic Press ، New York

a. Alnouss et al.

21. Optimum utilization of biomass for the production of power and fuels using gasification

22. H. Li et al.

23. Hydrothermal liquefaction of typical livestock manures in China: biocrude oil production and migration of heavy metals

24. J Anal Appl Pyrolysis

25. B. Zhang et al

26. .

27. Hydrothermal liquefaction of fresh lemon-peel and Spirulina platensis blending -operation parameter and biocrude chemistry investigation

28. *Cuellar ،Amanda D and Michael EWebber (2008). "Cow power:

29. the energy and emissionsbenefits of convertingmatiure to biogas،"

30. Environ. Res. Lett ،3:034002. doi:10.1088/17489326/3/3/034002

31. Amon ،T.; Amon ،B.; Kryvoruchko ،V. and Werner ،Z. (2006). Biogas

32. production from maize and dairy cattle manure Influence of biomass

33. composition on the methane yield ،Agriculture Ecosystem and

34. Environment ،in press

35. Balsari ،P.; Bonfanti ،P.; Bozza ،E. and Sangiorgi ،F.(1983). Evaluation -

36. of the influence of animal feeding on the performances of a biogas