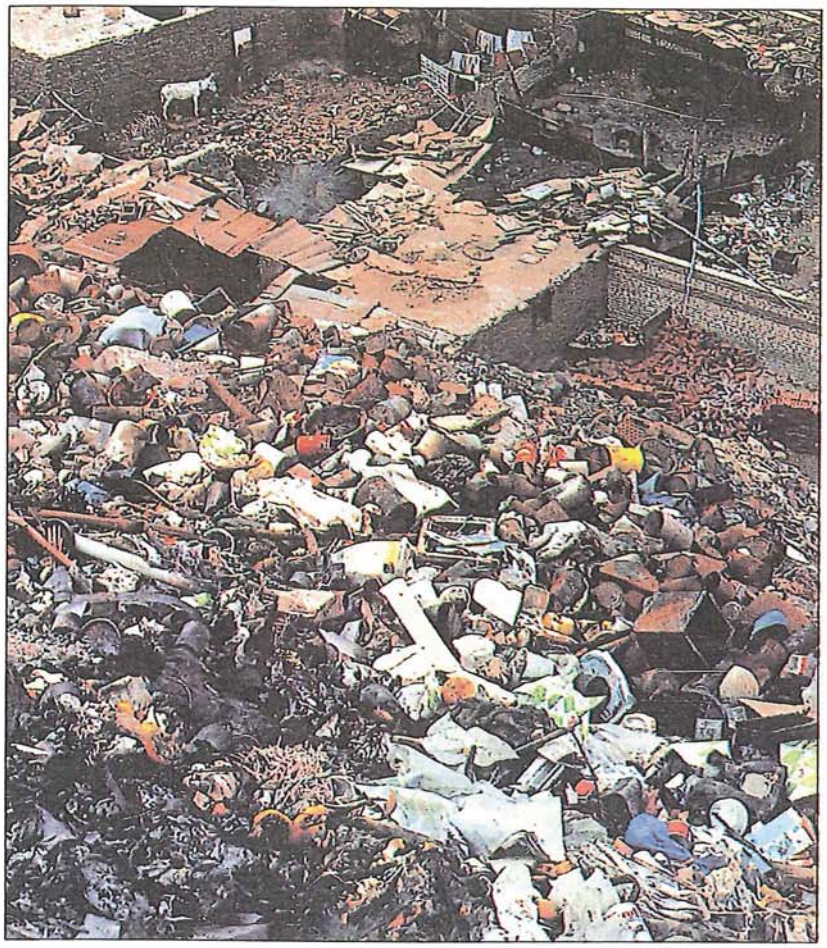
إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية في الوطن العربي

د. يس محمد الحسن



قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بالتعاون مع اتحاد مجالس البحث العلمي العربية بعقد حلقة دراسية حول أهمية استغلال طاقة الكتل الحيوية (النفايات العضوية) في الوطن العربي ، وقد أقيمت الحلقة الدراسية بالرياض في أبريل ١٩٨٧م . ودار الحوار الأساس في هذه الحلقة حول استغلال طاقة الكتل الحيوية ونوقشت أهم تجارب الوطن العربي في مجال تقنية الغاز الحيوي (البيوغاز) .

تقنية الغاز الحيوي

قبل التعرض إلى تجارب بعض الدول العربية نستهل الموضوع بنبذة موجزة عن تقنية الغاز الحيوي وكيفية إنتاجه من المخلفات والنفايات العضوية .

يتم إنتاج الغاز الحيوي أثناء عملية تخمير النفايات والمخلفات التي تحتوي على مواد عضوية لاهوائيا بوساطة أنواع خاصة من البكتيريا ، وينتج من هذه العملية خليط من غازي الميثان(CH_4) وثاني أكسيد الكربون(CO_2) يسمى بالغاز الحيوي . يمكن الإستفادة من غاز الميثان كمصدر رخيص للطاقة في عدد من مجالات إستهلاك الطاقة المختلفة ، وتتم عملية إنتاج الغاز الحيوي كما يوضح الشكل (١) في مرحلتين هما :-

● المرحلة الأولى

تقوم فيها أنواع معينة من البكتيريا التي تعرف بالبكتيريا المكونة للأحماض بتحويل المواد العضوية والبروتينات والسكريات إلى مواد عضوية أقل تعقيداً تتمثل في عدد من الأحماض على رأسها حامض الخليك (Acetic acid) ، وذلك وفقاً للآتي:-

مواد عضوية معقدة $\xleftarrow{\text{بكتيريا}}$ حامض الخليك

● المرحلة الثانية

تقوم في هذه المرحلة أنواع البكتيريا المنتجة لغاز الميثان بتحويل هذه الأحماض إلى خليط من غازي الميثان (٦٠-٧٠٪) وثاني أكسيد الكربون (٣٠-٤٠٪) وذلك حسب المعادلة التالية :-

حامض الخليك $\xleftarrow{\text{بكتيريا}}$ ثاني أكسيد الكربون + الميثان

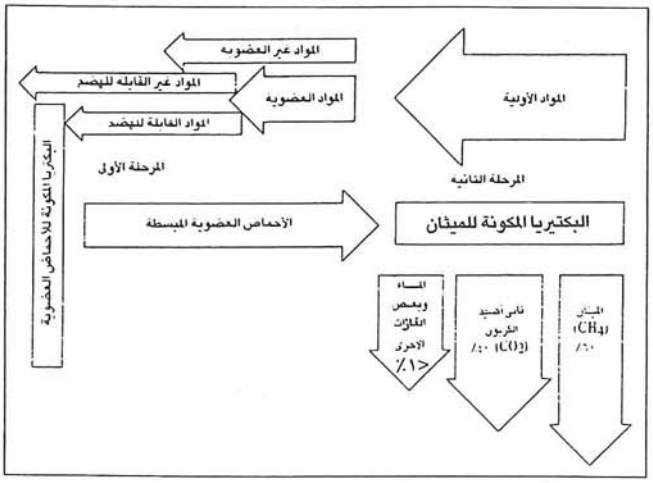
يتطلب إنتاج الغاز الحيوي في هذه العملية عدة عوامل تتضمن الآتي :-

١- غياب أو عدم وجود الأكسجين (ظروف لاهوائية) .

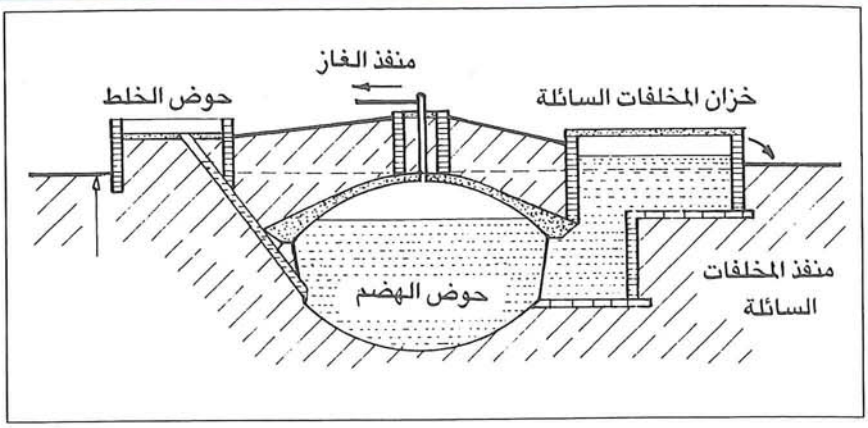
٢- درجة حرارة معينة للوسط الذي تتم فيه العملية .

٣- توفر عنصري الكربون والنيتروجين بنسب محددة .

٤- توفر وسط متعادل ، أي أن يكون



● شكل (١) مراحل إنتاج الغاز الحيوي من المواد العضوية .



● شكل (٢) وحدة إنتاج الغاز الحيوي .

الرقم الهيدروجيني للوسط الذي تتم فيه التفاعلات مساوياً لـ (٧) .

وحدة إنتاج الغاز الحيوي

تختلف تصاميم وحدات إنتاج الغاز الحيوي من بلد لآخر ولكن معظمها يتكون - بشكل عام - من نفس الأجزاء ، وتشمل حوضاً لخلط الفضلات وحوضاً للهضم البكتيري وخزاناً للمخلفات السائلة ، شكل (٢) .

فوائد تقنية الغاز الحيوي

هناك عدة فوائد لتقنية إنتاج الغاز الحيوي من النفايات والفضلات العضوية ، وتتضمن تلك الفوائد مايلي :-

١- إنتاج طاقة رخيصة متمثلة في غاز الميثان الذي يمكن الإستفادة منه في كثير من الأغراض المنزلية كالطهي والإنارة والتدفئة والتبريد وحفظ الخضروات والفواكه وما إلى ذلك من أغراض .

٢- استعمال الغاز كطاقة في القطاع الزراعي خاصة في المناطق الريفية والنائية ، إذ يمكن إستعماله كوقود للآلات الزراعية والجرارات ومضخات المياه ، وفي صناعات الورش الريفية الخفيفة كالغزل والنسيج ، وفي تبريد المواد الزراعية وتجفيف الفواكه .

٣- الحد من تلوث البيئة والحفاظ على توازنها ، إذ أن عملية الاحتراق غير الكامل التي تصاحب حرق بعض المواد كوقود - خاصة في الريف - أو حرق النفايات والفضلات للتخلص منها ، يؤدي إلى تلوث البيئة بالعديد من الغازات مثل أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين ، كما أن التخلص من هذه الفضلات عن طريق طمرها في حفر يؤدي إلى تقليل رقعة الأرض الصالحة للاستعمال وإلى تلوث المياه الجوفية .

٤- الحد من انتشار الأمراض والأوبئة ، إذ يمثل تراكم هذه الفضلات والنفايات بؤرة لتولد وتكاثر كثير من الميكروبات والطفيليات والحشرات كالذباب والبعوض والتي تسبب أو تنقل العديد من الأمراض الوبائية سريعة العدوى والانتشار ، وقد أثبتت التجارب فاعلية التخمير اللاهوائي في القضاء على بعض أنواع الطفيليات .

٥- تحسين المظهر العام للمدن والأرياف نتيجة للتخلص من النفايات والفضلات المتكدسة .

٦- إنتاج الأسمدة لزيادة خصوبة التربة ، حيث أن عملية التخمير اللاهوائي تخلف - إضافة إلى إنتاج غاز الميثان - خليطاً من مواد صلبة وأخرى سائلة يطلق عليها اسم سماد الغاز الحيوي ، وقد أثبتت التجارب الجودة العالية لهذا السماد في زيادة خصوبة التربة ، حيث تتحول كثير من مكونات المواد العضوية المعقدة أثناء عملية التخمير إلى أشكال بسيطة التركيب يسهل امتصاصها بوساطة جذور النبات .

٧- توفير العملات الصعبة خاصة للدول النامية غير المنتجة للبترول ، إذ يلتهم استيراد البترول كمصدر رئيس للطاقة في تلك الدول جزءاً كبيراً من العملات الصعبة يمكن استغلاله في مشاريع تنموية أخرى .

٨ - الحد من القطع المكثف للأشجار واستعمالها كمصدر للطاقة ، حيث يساعد ذلك على تنمية الغابات كأحزمة واقية للبيئة كما يساعد على محاربة الجفاف والتصحر الذي كان للإنسان دور بارز في إحداثه وبالتالي فيما يترتب عليه من نتائج .

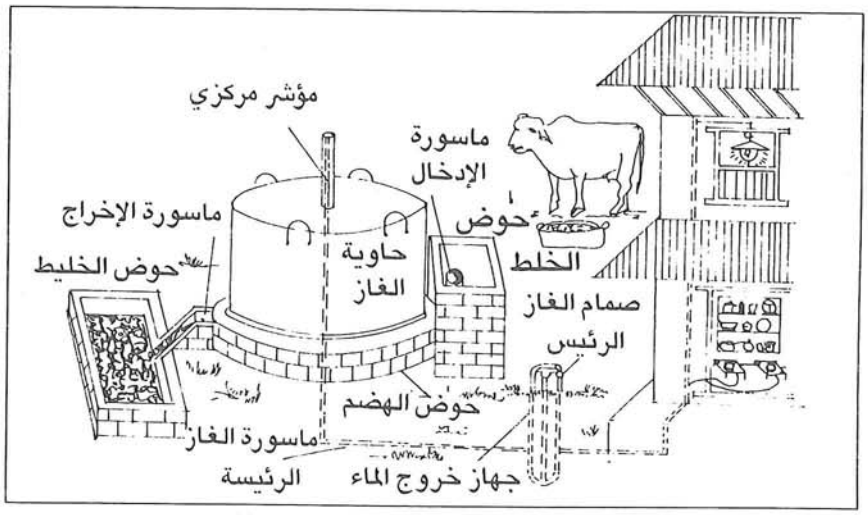
٩- التخفيف من معاناة وأعباء المرأة خاصة في الريف ، إذ كثيراً ما تقوم بعمليات قطع الحطب ونقله إلى المنزل ، الأمر الذي يؤدي إلى راحتها وتوفير الكثير من الوقت الذي يمكنها أن تستغله في رعاية وتربية أطفالها أو في تدبير شؤون منزلها أو في القيام ببعض الأعمال اليدوية المنزلية التي يمكن أن تزيد من دخل الأسرة .

١٠- تطوير الريف والنهوض به إذ أن انتشار تقنية إنتاج الغاز الحيوي والإستفادة منها كمصدر للطاقة للأغراض المنزلية والعملية (الزراعية والورش) يؤدي إلى تيسير سبل أداء المهام المنزلية والعملية وممارسة نوع من الحياة الحضرية .

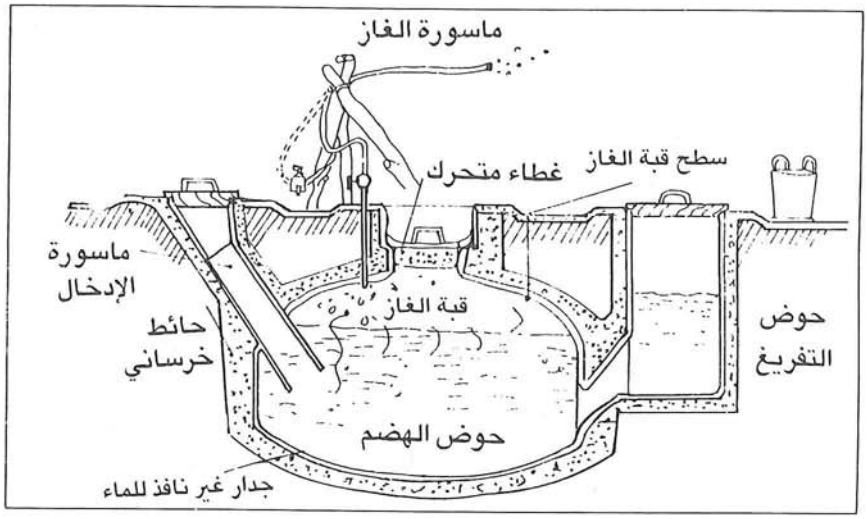
١١- إيجاد فرص للعمالة واستقطاب الأيدي العاملة - خاصة المحلية - في مناطق انتشار تقنية إنتاج الغاز الحيوي ، ولاشك أن ذلك يقلل من انتشار البطالة بين أفراد المجتمعات الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع دخل الفرد والمجتمع وبالتالي إلى ارتقاء مستوى المعيشة، كما أن ذلك يقلل من حدة الهجرة من الريف إلى المدن وهي من المشاكل الرئيسة التي تعاني منها البلدان النامية .

الغاز الحيوي في الدول النامية

حظيت تقنية الغاز الحيوي باهتمام كبير في معظم بلدان العالم النامي والمتقدم ، وقد عانت الدول النامية بصفة خاصة من الارتفاع المطرد لأسعار البترول الأمر الذي جعلها تولي هذه التقنية اهتماماً كبيراً ، فالهند مثلاً لم يكن لديها من وحدات تخمير المواد العضوية (مخمرات) أكثر من ٨٠٠٠ وحدة حتى عام ١٩٧٣م ، وفي عام ١٩٧٥م أصبح عددها ١٢٠٠٠ وارتفع العدد إلى ٥١٠٠٠ وحدة عام ١٩٧٨م ومع نهاية عام ١٩٨٥م بلغ عدد تلك الوحدات ربع مليون



● شكل (٣) التصميم الهندي (الغطاء الطافي) .



● شكل (٤) التصميم الصيني (القبة الثابتة) .

وحدة ، كما بلغت سرعة انتشار تقنية الغاز الحيوي رقماً قياسياً في جمهورية الصين الشعبية بعد عام ١٩٧٥م إذ تفيد التقارير بأن عدد الوحدات المنتجة للغاز يتراوح الآن مابين ٦,٥ إلى ٧ مليون وحدة . هذا ويعد التصميم الهندي (الغطاء الطافي)، شكل (٣) والتصميم الصيني (القبةالثابتة)، شكل (٤) لوحدات إنتاج الغاز الحيوي من التصاميم الرئيسة .

تجارب الوطن العربي

عرضت في الحلقة الدراسية المشار إليها في صدر هذا الموضوع العديد من الدراسات والبحوث عن أهمية استغلال طاقة النفايات العضوية في الوطن العربي ، وسنستعرض فيما يلي بعض ما طرح من تجارب لبعض الدول العربية في هذا المجال بشيء من الإيجاز دون الغوص في تفاصيل المناقشات التي دارت في الحلقة الدراسية .

● المغرب

يعتمد المغرب إقتصاديا اعتماداً كبيراً على الزراعة وتربية المواشي مما يجعله مؤهلاً لتقنية الغاز الحيوي ، ويرجع تاريخ الإهتمام بتقنية الغاز الحيوي في المغرب إلى مطلع عام ١٩٨١م حيث أجريت أول التجارب لانتاج الغاز الحيوي من مخلفات الخيول ، ويعد عام ١٩٨٢م بداية الإهتمام الرسمي بتطبيقات تقنية الغاز الحيوي في المغرب . ويقوم مركز تنمية الطاقات المتجددة بمراكش والذي أنشأته وزارة الطاقة والمعادن في منتصف عام ١٩٨٢م بالعديد من المهام التي تتضمن دراسات جدوى استغلال مصادر الطاقة المختلفة المتوفرة ، وكيفية تطبيقها واستخدامها للأغراض المختلفة ، كما يقوم أيضاً بالتنسيق بين الباحثين ومساعدتهم في هذا المجال ، وقد تم ابتعاث عدد من الكفاءات إلى الصين للتدريب على تقنية الغاز الحيوي ، ويقوم المركز بمفرده أوبالتعاون مع جهات أخرى بتشييد العديد من وحدات التخمير لانتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار ، كما يقوم بدور هام وبارز في تعريف المزارعين وتشجيعهم ومساعدتهم على الاستفادة من هذه التقنية .

هناك أيضاً المركز الوطني لتنسيق وتخطيط البحث العلمي والتقني الذي يولي تقنية الطاقة الحيوية وتطبيقاتها اهتماماً متزايداً ، كما تقوم بعض مكاتب الإستثمار الزراعي بدور رائد في نشر تقنية الغاز الحيوي في مناطقها ، فقد ساهم أحد هذه المكاتب في إنجاز ما يقرب من ٢٦ وحدة تعمل معظمها بروث الأبقار ، ويستعمل الغاز المستخرج منها في الإضاءة والطهي . وعلى مستوى المؤسسات يضطلع قسم الهندسة الغذائية بمعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة بدور نشط في هذا المجال ، إذ يقوم بإجراء البحوث المختبرية ودراسة العوامل التي تؤثر على إنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار والخيول ونفايات الدواجن. وقد أنشأ القسم مختبراً متخصصاً في تقنية الغاز الحيوي ومعالجة وتنقية مياه الصرف الصحي من المدن والمصانع عن طريق التخمير اللاهوائي ، ويقوم المختبر بتدريب طلاب المعهد الراغبين في العمل في هذين المجالين ، كما يقوم بالتعاون مع جامعة

مينوستا الأمريكية بإجراء الدراسات حول طرق تسخين المخمرات اللاهوائية . وقد زامن إنشاء المختبر بناء مخمر من وحدتين سعة كل منهما ٣٠ متراً مكعباً وتستخدم فيهما نفايات الخيول ، وذلك لأغراض البحث العلمي ولإستغلال الغاز الناتج لتسخين المياه وتزويد مرافق الطلاب الرياضية بها . وبجانب المعهد تقوم مؤسسات أخرى بالمملكة المغربية بنشاطات مختلفة في مجال تقنية الغاز الحيوي .

● الأردن

يجري في الأردن التقويم المبدئي لتصورات تقنية الغاز الحيوي ، وقد تم جمع أحصائيات الثروة الحيوانية وتوزيعها على القطر . وتقدر كمية الغاز الحيوي التي يمكن إنتاجها من روث الحيوانات بحوالي ٣٦٠٦ مليون متر مكعب ، كما يقدر صافي العائد المادي لكل من الغاز الحيوي وسماد الغاز الحيوي بحوالي ٢ مليون دينار أردني ، هذا بالإضافة إلى عائد التقدم الاجتماعي وحماية البيئة من التلوث .

تبلغ تقديرات تكلفة بناء وإنشاء وحدات إنتاج « مخمرات » الغاز الحيوي بالكمية المقدرة أعلاه حوالي ٦ إلى ١٠ مليون دينار أردني . ويوجد بالأردن مايزيد عن ٥٠٠ مزرعة كبيرة للمواشي ، و ١٢٠٠٠ مزرعة كبيرة للدواجن الأمر الذي يؤهله لإنشاء وحدات إنتاج الغاز الحيوي شبه الصناعية والتي يمكن استغلالها في تدفئة حظائر المزارع في فصل الشتاء مما يترتب عليه ما يلي :-

١- توفير الكثير من الأموال التي يستنزفها وقود التدفئة .

٢- تشغيل كثير من المزارع التي تتوقف عن العمل في فصل الشتاء بسبب ارتفاع تكلفة التدفئة .

٣- توفير منتجات تلك المزارع وتجنب ندرتها في الأسواق في فصل الشتاء .

٤- ازدياد العائد المادي لتلك المزارع .

● اليمن

توضح التجارب الأولية في اليمن أن إنتاج الغاز الحيوي من مخلفات الحيوان يقدر بحوالي ٩٧ مليون متر مكعب من الغاز ، أي ما يعادل ٦١ مليون لتر من الكيروسين سنوياً تمثل ٩,٣٪ من الإستهلاك الكلي و ٦١٪ من الإستهلاك الريفي للنفط . وهناك عقبات كثيرة تعترض إنتاج الغاز الحيوي في اليمن ، منها صغر حجم ملكية الحيوانات وتعددها ، إذ تتوزع ٤٠٪ من مجموع الحيوانات على شكل مجموعات صغيرة تمتلكها الأسر ولاتزيد الملكية فيها عن حيوان أو حيوانين ، كما يمتلك البدو الرحل حوالي ٣٤,٦٪ من الحيوانات . وتُشكِّل ظروف تنقل البدو المستمر جزءاً كبيراً آخراً من العقبات التي تحول دون الإستفادة المرجوة من روث تلك الحيونات ، وكحل جزيء لذلك طرحت فكرة استخدام الوحدات « المخمرات » المتنقلة لإنتاج الغاز الحيوي في المناطق البدوية ، ومن المشاكل الأخرى التي تواجه إنتاج الغاز الحيوي عدم توفر المياه في بعض المناطق الأمر الذي أدى إلى التفكير في تغطية أرضيات حظائر الحيوانات بأرضية خرسانية صلبة تمكن من جمع الفضلات الحيوانية المائية ومياه الصرف وإعادة استخدامها تقليلاً للاحتياجات المائية .

● مصر

يرجع تاريخ أول تجربة لإنتاج الغاز الحيوي في مصر إلى عام ١٩٣٨م في الجبل الأصفر قرب القاهرة ، حيث نصب مستودع بسعة ٧٥٠٠ متر مكعب وخزان للغاز بسعة ١٥٠٠ متر مكعب . وعلى الرغم من أن الدراسات كانت مستمرة منذ تلك الفترة ، إلا أنها نشطت عام ١٩٧٨/٧٩م حيث بدأ العمل في ثلاث مشروعات كبرى ، الأول في المركز القومي للبحوث والثاني في مركز البحوث الزراعية والثالث بكلية الزراعة بالفيوم . وبخلاف الوحدات التجريبية ، أنشئت ٥٠ وحدة ميدانية بأحجام مختلفة على غرار نماذج الوحدات الهندية والصينية . وقد أعدت دراسات لإقامة ٤٠٠٠٠٠ وحدة تختلف أحجامها من ٦ إلى ١٠ أمتار مكعبة كوحدات منزلية ، ومن ٥٠ إلى ٣٠٠ متر مكعب كوحدات للمجمعات السكنية ، ويقدر إنتاج هذه الوحدات من الغاز الحيوي بما يعادل ٠,٤ مليون طن من النفط سنوياً . ويرجى أن يتضاعف هذا العدد من الوحدات إلى ١,٢٣مليون وحدة بعد تطوير بعض التصميمات المرتقبة ، كما يقدر الغاز الذي سينتج من هذه الوحدات بما يعادل٢٨٪ من احتياجات الطاقة للاستخدامات المنزلية ، و ١٤٪ من احتياجات القطاع الزراعي في الريف المصري ، وينتظر أن يستفيد من الغاز المنتج حوالي ٩ مليون شخص .

● السودان

بدأ نشاط أبحاث وتطوير تقنية الغاز الحيوي في السودان منذ عام ١٩٧٦م ضمن مشروع مكافحة أعشاب النيل المشترك بين السودان وألمانيا الاتحادية ، وقد أجريت عدة تجارب مختبرية ومنزلية على وحدات إنتاجية مختلفة التصاميم لإنتاج الغاز الحيوي من أعشاب النيل بمتوسط إنتاج قدرة ٠,٧٥ متراً مكعباً من الغاز الحيوي لكل كجم من المادة الجافة ، وقد استخدم الغاز المنتج من تلك التجارب لأغراض الإضاءة والطهي والتبريد وحفظ الأمصال . وبجانب التجارب الفردية في الجنوب ، تقوم جامعة جوبا بإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار لاستخدامه في المنازل والمختبرات . وفي مجال تطوير ونشر تقنية الغاز الحيوي قام معهد أبحاث الطاقة