اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

زيادة تنافسية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة من خلال استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً

تقييم إمكانية تطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

E/ESCWA/SDPD/2009/5
12 November 2009
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

زيادة تنافسية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة من خلال استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً

تقييم إمكانية تطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا

الأمم المتحدة
نيويورك، ٢٠٠٩

09-0484

شكر وتقدير

تودّ الإسكوا أن تنوّه بمساهمات كلّ من السيد أحمد حوري لمساعدته في إعداد دراسات الحالة حول مخلفات الزيتون وصناعة الألبان؛ والسيدة شادية توفيق لمساعدتها في إعداد دراسة الحالة بشأن صناعة السكر؛ والسيد جان بول صفير للعرض الذي قدّمه حول التكنولوجيات البيئية التي يمكن استخدامها لإنتاج الوقود الحيوي.

تصدير

تتناول هذه الدراسة الفرص والعراقيل المتصلة بتطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا، وتقدّم لهذا الغرض عرضاً حول التكنولوجيات السليمة بيئياً المتوفّرة في المنطقة والمتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة. كما تتناول الدراسة النفايات الزراعية التي تنتجها ثلاثة صناعات هامة، هي صناعة زيت الزيتون، وصناعة السكر (المستخرج من قصب السكر وشمندر السكر)، وصناعة الألبان. وتتضمن هذه الوثيقة دراسات حالة عن مجموعة من البلدان، وذلك لتقديم تقييم مالي وبيئي مستند إلى التحليل؛ وتقدّم كذلك سلسلة من التوصيات، بهدف مساعدة صانعي القرار وأصحاب المشاريع على متابعة التطورات التي يشهدها قطاع الوقود الحيوي من الجيل الثاني عن طريق استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً.

المحتويات

الصفحة

شكر وتقدير ..... ج
تصدير ..... هـ
ملخّص تنفيذي..... ك
مقدّمة ١

الفصل

أولاً- استخدام التكنولوجيات البيئية لإنتاج الوقود الحيوي ٥

ألف- الاستخدامات الحالية للنفايات الزراعية ٥
باء- توليد الطاقة من النفايات الزراعية ٦

ثانياً- الوقود الحيوي المشتق من مخلفات الزيتون..... ١٨

ألف- لمحة عامة ١٨
باء- حالة صناعة زيت الزيتون..... ١٩
جيم- ثفل الزيتون كمصدر للطاقة..... ٢٣
دال- التوصيات ٣٢

ثالثاً- الوقود الحيوي المشتق من نفايات صناعة السكر..... ٣٤

ألف- لمحة عامة ٣٤
باء- التحديات البيئية والاقتصادية ٣٥
جيم- إنتاج محاصيل السكر..... ٣٩
دال- الطاقة المتولّدة من النفايات ٤٦
هاء- تكاليف الاستثمار والتشغيل ٤٩
واو- مبادرات القطاعين العام والخاص..... ٥٤
زاي- استخدام الوقود الحيوي ٥٥
حاء- الاستنتاجات والتوصيات..... ٥٦

رابعاً- استخراج الغاز الحيوي من الثروة الحيوانية وصناعات الألبان ٥٨

ألف- لمحة عامة ٥٨
باء- الثروة الحيوانية وإنتاج الحليب في بلدان الإسكوا ٥٨
جيم- استخدام الروث في مزارع الألبان كمصدر للطاقة..... ٦٠
دال- التوصيات ٧١

المحتويات (تابع)

الصفحة

خامساً- التحديات والفرص المتصلة بإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا ٧٣

ألف- جدوى تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي ٧٣
باء- الفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة ٧٤

سادساً- الاستنتاجات والتوصيات ٧٥

ألف- التوصيات الموجَهة إلى المؤسسات الصغيرة والمتوسطة ٧٥
باء- التوصيات الموجَهة إلى الحكومات ٧٥

قائمة الجداول

١- المعدات اللازمة لإنتاج القوالب ١٠
٢- أهم المعدات اللازمة لإنتاج الطاقة الحرارية عن طريق تغويز ثفل قصب السكر ١٤
٣- أهم المعدات اللازمة لتوليد الكهرباء والبخار عن طريق التغويز ١٥
٤- ظروف التشغيل في عمليات الهضم اللاهوائي ١٦
٥- المعدات اللازمة لإنتاج الإيثانول الحيوي ١٧
٦- أشجار الزيتون المغروسة، ومناطق زرعها وإنتاجيتها في مجموعة من بلدان الإسكوا ... ١٩
٧- الإنتاج الاعتيادي للمشتقات من الطن الواحد من الزيتون ٢٠
٨- الإنتاج السنوي لمختلف مشتقات الزيتون ٢١
٩- تحليل المنتجات الناتجة عن عصر الزيتون ٢٣
١٠- الإنتاج والقيمة الحرارية والطاقة الكهربائية من إيطاليا وأسبانيا ٢٦
١١- تقدير حجم سوق ثفل الزيتون ٢٧
١٢- كلفة إنتاج مخلفات الزيتون ٢٧
١٣- الوفورات في كلفة الطاقة ٢٨
١٤- التكاليف التشغيلية السنوية لإنتاج الفحم النباتي ٣٠
١٥- مواصفات لب شمندر السكر في مصر ٣٩
١٦- مستويات إنتاج محاصيل السكر في عدد من البلدان العربية، ٢٠٠٧ ..... ٤١
١٧- معامل السكر في مجموعة من البلدان العربية ٤٢
١٨- توليد النفايات من معالجة السكر في عدد من البلدان العربية، ٢٠٠٧ ..... ٤٥
١٩- معدل الرطوبة في كل من مشتقات محاصيل السكر ٤٦

المحتويات (تابع)

الصفحة

٢٠- توليد الطاقة من الوقود الحيوي المستخرج من ثفل قصب السكر ولب الشمندر عن طريق عدد من التكنولوجيات القابلة للتطبيق ٤٨
٢١- إمكانية توليد الطاقة من الوقود الحيوي..... ٤٨
٢٢- تحويل الكتلة الحيوية إلى قوالب: تكاليف رأس المال الاعتيادية..... ٥٠
٢٣- تحويل الكتلة الحيوية إلى قوالب: التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً..... ٥٠
٢٤- التغويز وتوليد البخار: تكاليف رأس المال الاعتيادية ٥١
٢٥- التغويز وتوليد البخار: التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً ٥١
٢٦- التغويز وتوليد الكهرباء (٣ ميغاواط): التكاليف الاعتيادية المتصلة برأس المال..... ٥٢
٢٧- التغويز وتوليد الكهرباء (٣ ميغاواط): التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً..... ٥٢
٢٨- إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية: الكلفة الاعتيادية لرأس المال..... ٥٣
٢٩- إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية: تكاليف التشغيل والصيانة الاعتيادية، سنوياً ٥٣
٣٠- تكاليف رأس المال والاستثمار المترتبة على التكنولوجيات المقترحة لإنتاج الوقود الحيوي..... ٥٤
٣١- عدد المواشي في منطقة الإسكوا ٥٨
٣٢- إنتاجية ١٠٠ بقرة في مزرعة للألبان من الطاقة ٦٢
٣٣- إمكانات إنتاج الغاز من نفايات الألبان ولحم الدواجن والبقر ٦٣
٣٤- مقارنة بين الغاز الحيوي ومصادر الطاقة الأخرى ٦٣
٣٥- مدخلات الطاقة للطن الواحد من الحليب المجهّز ٦٤
٣٦- إمكانية سدّ الاحتياجات الاعتيادية للمزارع عن طريق النفايات الحيوانية ٦٤
٣٧- دراسات حالات عن إنتاج الغاز الحيوي في مزارع الألبان في الولايات المتحدة ٦٥
٣٨- قدرات محطات الغاز الحيوي في منطقة الإسكوا ٦٦
٣٩- القدرة على سدّ الاحتياجات المحلية من الكهرباء..... ٦٦
٤٠- إنتاج الحليب في عدد من مزارع الألبان في منطقة الإسكوا ٦٧
٤١- تقديرات مبسّطة لاحتياجات مصانع الألبان من الطاقة وقدرة محطات الغاز الحيوي على توليد الطاقة ٦٨
٤٢- تكاليف الاستثمار في ماكينة الهضم اللاهوائي في معمل ألبان Kirk Carrell Dairy ٦٩
٤٣- التكاليف والمكاسب السنوية المتوقعة الناتجة عن استخدام ماكينة الهضم اللاهوائي في معمل ألبان Kirk Carrell Dairy ٧٠
٤٤- تكاليف نظام معالجة الزبل عن طريق الهضم اللاهوائي..... ٧٠

المحتويات (تابع)

الصفحة

قائمة الأشكال

١- مجاري النفايات الزراعية..... ٥
٢- عملية تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي..... ٦
٣- غلاية صغيرة لحرق الوقود..... ٨
٤- مبدأ التفحيم عن طريق التقطير ١٣
٥- مخطط توضيحي لعملية إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية ١٧
٦- مخطط بياني حول معالجة الزيتون والاستخدام المحتمل لمشتقاته ١٩
٧- إنتاج النفايات بواسطة مختلف تكنولوجيات إنتاج زيت الزيتون ٢٢
٨- من أفران التقطير المستخدمة لإنتاج الفحم النباتي..... ٢٩
٩- تجميع ثفل قصب السكر وتجهيزه في شركة سوراك في المغرب ٣٨
١٠- اتجاهات إنتاج محاصيل السكر في مجموعة من البلدان العربية، ١٩٩٨-٢٠٠٧..... ٤٠
١١- التوزيع العام لمنتجات قصب السكر ومشتقاته ونفاياته ٤٣
١٢- التوزيع العام لمنتجات شمندر السكر ومشتقاته ونفاياته..... ٤٤
١٣- الاتجاهات المتصلة بمنتجات ونفايات قصب السكر في عدد من البلدان العربية، ١٩٩٨-٢٠٠٧ ..... ٤٤
١٤- المنتجات والنفايات المستخرجة من شمندر السكر، ١٩٩٨-٢٠٠٧ ..... ٤٥
١٥- عدد الأبقار الحلوب في بلدان الإسكوا..... ٥٩
١٦- الفجوة بين مستويات إنتاج الحليب والجبن واستهلاكهما..... ٦٠
١٧- مخطط إدارة نفايات مزارع الألبان..... ٦١
١٨- تلبية الاحتياجات من الطاقة بناء على عدد الأبقار ٦٨

قائمة الأطر

١- تجارب ناجحة في توليد الحرارة/الكهرباء عن طريق الحرق المباشر للنفايات الزراعية ٩
٢- الفحم النباتي لمكافحة تغير المناخ ١٣

المراجع..... ٧٨

ملخّص تنفيذي

لقد أدّت التطورات في قطاع الوقود الحيوي إلى تفعيل النقاش العالمي حول النتائج العرضية المحتملة للجهود المبذولة لتحقيق أمن الطاقة على حساب الأمن الغذائي. وكشفت الأزمات الغذائية والمالية الأخيرة تأثّر الأسعار العالمية للغذاء بالتغيّرات التي يشهدها من عرض السلع الغذائية الأساسية والطلب عليها في مختلف البلدان. ومن هذه السلع السكر والذرة، اللذان باتت زراعتهما موجهة أكثر فأكثر إلى إنتاج الإيثانول. ويطرح استخدام الموارد الشحيحة من المياه والأراضي بهدف زراعة المحاصيل المخصصة لإنتاج الطاقة تحديات جديدة في إدارة الجفاف وتدهور الأراضي والتصحر في المنطقة. فقطع الأشجار بهدف إنتاج المحاصيل المخصّصة لإنتاج الوقود الحيوي يؤدّي إلى إزالة الغابات ويسهم بالتالي في ظاهرة تغيّر المناخ. وفي معرض البحث عن بدائل لهذه المحاصيل الزراعية، تنظر بلدان الإسكوا في استخدام أصناف جديدة من المحاصيل غير الغذائية التي يمكن الاستفادة منها لإنتاج الوقود الحيوي الأساسي في الأراضي الهامشية.

وفي حين لا يزال الجدل الدولي مستمراً بشأن تطوير الوقود الحيوي الأولي، تظهر أصناف الجيل الثاني من الوقود الحيوي والمستخرجة من مشتقات النفايات الزراعية كبدائل سليمة بيئياً يمكن أن يعتمدها صانعو القرار وأصحاب المشاريع المهتمون بتطوير الوقود الحيوي. ومن هنا، حدّد عدد من المؤتمرات العالمية والمحافل الإقليمية التي شاركت فيها بلدان الإسكوا الجيل الثاني من الوقود الحيوي باعتباره أداة ممكنة لتطوير مصادر بديلة وجديدة للطاقة. ويشير المدافعون عن الوقود الحيوي إلى أن التطورات التي يشهدها هذا القطاع يمكن أن تساعد أيضاً في التصدّي للمشاكل البيئية في المنطقة، وأن تتيح إمكانات جديدة لتوليد الدخل وفرص العمل، وذلك من خلال اعتماد تكنولوجيات سليمة بيئياً.

ويتيح تطوير قطاع الجيل الثاني من الوقود الحيوي للمشاريع الصغيرة والمتوسطة فرصاً جديرة بالاهتمام، يمكن أن يستفيد منها أيضاً المزارعون في المجتمعات المحلية الريفية الزراعية. فالأساليب التقليدية المتبعة اليوم في تصريف النفايات الزراعية عبر قنوات تجارية وغير تجارية، كثيراً ما تخلّف آثاراً ضارةً بالبيئة مثل ارتفاع مستويات تلوث الهواء بفعل حرق سيقان قصب السكر، أو تراجع العائدات الاقتصادية بفعل بيع روث الحيوانات كسماد. وإذا حصل المنتجون الصغار والمتوسطين على التكنولوجيات السليمة بيئياً لتحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي من الجيل الثاني، ففي ذلك ما يساعدهم على الاستفادة من الفرص التي يتيحها هذا القطاع الناشئ. غير أن خيارات التكنولوجيا على المستويين الوطني والمحلي تتوقف على توفر كميات النفايات الزراعية وسهولة الحصول عليها. وبالإضافة إلى ضرورة نقل التكنولوجيا والحصول على المعلومات والموارد المالية اللازمة للاستثمار في هذا القطاع، ينبغي توفير بيئة مؤاتية تشجّع على تطوير مصادر الطاقة المتجددة في المنطقة. ومع أن البلدان الصناعية تدعم تطوير الوقود الحيوي، لا تزال الحوافز المالية اللازمة للبحوث والاستثمار غير متوفرة في البلدان النامية عموماً، ومنها بلدان الإسكوا. ويؤثر هذا الواقع على الجدوى المالية لمباشرة الاستثمار في الجيل الثاني من الوقود الحيوي.

وفي هذا السياق، تبحث هذه الدراسة في الفرص والقيود المتصلة بتطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا، وتقدّم لهذا الغرض عرضاً للتكنولوجيات السليمة بيئيا المتوفرة في المنطقة والتي يمكن للمشاريع الصغيرة والمتوسطة حيازتها. وتتناول الدراسة النفايات الزراعية الناتجة من ثلاثة قطاعات هامة في منطقة الإسكوا، هي صناعات زيت الزيتون والسكر والألبان. وتتناول مشتقات السكر المستخرج من قصب السكر وشمندر السكر، نظراً إلى أهمية هذه القطاعات الفرعية بالنسبة إلى البلدان العربية. وتتضمن هذه الوثيقة دراسات حالة عن مجموعة من البلدان، وذلك لتقديم تقييم مالي وبيئي مستند إلى التحليل؛ وتقدّم كذلك سلسلة من التوصيات، بهدف مساعدة صانعي القرار وأصحاب المشاريع على متابعة التطورات التي يشهدها قطاع الجيل الثاني من الوقود الحيوي عن طريق استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً.

مقدمة

تتوفّر موارد الطاقة غير المتجددة بكميّات متفاوتة جداً في مختلف بلدان الإسكوا. غير أنّ تحقيق الكفاءة في استخدام هذه الموارد هو ضرورة لجميع هذه البلدان، المنتجة وغير المنتجة للنفط، سواء أكان ذلك للتقليل من وارداتها من الوقود أم زيادة الكميات المتوفرة للتصدير. وعلى صعيد آخر، لا تزال المشاكل البيئية التي تعاني منها المنطقة تتفاقم باستمرار في ظل ارتفاع أعداد السكان وقلة الكفاءة في إدارة النفايات. وهكذا أصبحت ضرورة استخدام موارد الطاقة المتجددة اليوم أكثر إلحاحا من أيّ وقت مضى.

ولا يزال البحث في موارد الطاقة المتجددة في منطقة الإسكوا يركّز على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرمائية. وغير أن الكتلة الحيوية هي من مصادر الوقود التي تستحق الاهتمام في المنطقة. وعلى الصعيد العالمي، وفي ظل أزمة الغذاء التي رافقها ارتفاع في أسعار المواد الغذائية وتفاقم في الفقر والجوع، تجدّد النقاش حول إنتاج الوقود الحيوي. ويرى البعض أنّ الطلب على الوقود الحيوي في السوق الدولية كان من الأسباب التي أسهمت في ارتفاع أسعار المواد الغذائية، وذلك بتحفيز المزارعين على زراعة محاصيل تجارية بهدف استخراج الوقود الحيوي بدلا من المحاصيل المخصّصة لإنتاج الأغذية[١]. وتكتسب هذه الحجة أهمية خاصة عند البحث في زراعة محاصيل غذائية يمكن استخراج الوقود الحيوي الأولي منها، مثل السكر والذرة، لإنتاج الإيثانول مثلاً. ويعود ذلك إلى أن الأراضي والمياه المخصصة لزراعة هذه المحاصيل التجارية التي يمكن استخدامها كوقود حيوي تقتطع موارد الأراضي والمياه التي كان بالإمكان تخصيصها لإنتاج الغذاء. ويبرز هذا التحدي خصوصاً في البلدان العربية التي لطالما اعتبرت الأمن الغذائي عنصراً رئيسياً في سياساتها التجارية وسياساتها المعنية بالتنمية الزراعية.

ويرى البعض أنّ الأثر الصافي لإنتاج الوقود الحيوي الأولي ضار بالبيئة والمناخ، نظراً إلى أنّه يزيد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وذلك من خلال التسبب بإخراج الكربون من التربة وإطلاقه في الهواء. ومع أن الوقود الحيوي لا يمثّل سوى نسبة ضئيلة من الاحتياجات العالمية من الطاقة في الوقت الراهن، ومع أن المزارع المخصصة لزراعة محاصيل تجارية بهدف إنتاج الوقود الحيوي لا تزال تمثّل نسبة قليلة جداً من مجموع الأراضي المزروعة، يتسبّب إنتاج هذا الوقود بتحولات كبيرة في الأراضي، سواء أكان ذلك بطريقة مباشرة أم غير مباشرة. ومن هذه التحولات تدهور الأراضي وفقدان مساحات كبيرة من الغابات المدارية في أنحاء عدة من العالم. وتضع مبادرة خفض الانبعاثات الناجمة عن إزالة الأحراج وتدهور الغابات في البلدان النامية هذه التحولات في صلب اهتماماتها، وتسعى إلى تقديم حوافز مالية للبلدان النامية المستعدة لخفض الانبعاثات والقادرة على ذلك، من خلال منع إزالة الغابات بهدف حمايتها باعتبارها وسيلة لمكافحة تغيّر المناخ.

غير أن أحدث البحوث والجهود الرامية إلى التطوير في إنتاج الوقود الحيوي الأولي تعود بالنفع على المناطق التي تعاني من الجفاف والتصحر، مثل الأراضي الهامشية في منطقة الإسكوا. فعلى سبيل المثال، تعمل مصر والسودان معا لزرع أصناف جديدة من النباتات غير الغذائية التي يمكن استخدامها لإنتاج الوقود الحيوي[٢]. وفي سياق الجهود الإقليمية المبذولة في هذا المجال أيضاً، يجري الاستثمار في نبتة الجاتروفا المقاومة للجفاف، وفي نبتة الهوهوبا التي يمكن زراعتها في التربة المالحة. وفي الحالتين، يمكن استخدام

---

(١) منظمة الأغذية والزراعة، حالة انعدام الأمن الغذائي في العالم، ٢٠٠٨.

(٢) W. Sawahel, "Sudan sets its sights on biofuels" (Science and Development Network, 25 June 2009).

الزيت المستخرج من هذه النباتات كوقود أولي أو كمادة مقوية لأصناف الوقود الحيوي الأخرى. وتشهد مصر ومناطق عدة في بلدان مجلس التعاون الخليجي مزيداً من جهود البحث والتطوير في هذا المجال، وذلك بهدف تطوير الوقود الحيوي، واستخراج النفط، وكذلك تحسين الغطاء الحرجي في المناطق التي تعاني من ندرة المياه وتدهور الأراضي.

ومن الخيارات الأخرى المتاحة لبلدان الإسكوا إنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي، أو الوقود الحيوي المشتق من النفايات الزراعية. وقد أشارت محافل سياسية دولية وإقليمية عدة إلى هذا الخيار البديل باعتباره وسيلة لتطوير الوقود الحيوي بطريقة مستدامة، وعن طريق استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً. ويشير المدافعون عن هذا البديل إلى الفرص التي يولّدها الجيل الثاني من الوقود الحيوي من حيث استحداث فرص العمل وتوفير مصادر إضافية للدخل للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في الاقتصادات الريفية الزراعية. ويشكل اعتماد هذه التكنولوجيات البيئية بهدف الاستفادة من مشتقات النفايات الزراعية خياراً يدعو للاهتمام، ويستحق أن تنظر فيه بلدان المنطقة التي تعاني من شح المياه، والتي يواجه قطاع الطاقة فيها الكثير من القيود والتحديات المتصلة بتوزيع الطاقة الكهربائية في الريف.

ولا تزال منتديات عديدة تناقش النتائج العرضية المترتبة على تطوير قطاع الوقود الحيوي والفرص الناتجة منه. وعلى الصعيد العالمي، وفي ضوء طفرة الوقود الحيوي خلال الأعوام القليلة الماضية، أوصي باعتماد نهج حذر إزاء الوقود الحيوي. فقد دعا الإعلان الصادر عن المؤتمر الرفيع المستوى المعني بالأمن الغذائي العالمي، مثلاً، إلى الاستمرار في إجراء "دراسات معمقة لكفالة استدامة إنتاج واستعمال الوقود الحيوي وفقا للركائز الثلاث للتنمية المستدامة، مع مراعاة الحاجة إلى تحقيق الأمن الغذائي العالمي والحفاظ عليه"[٣]. وأعربت لجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة في دورتها السابعة عشرة عن تأييدها لهذا الموقف، مشيرة إلى ضرورة "التصدي للتحديات التي يفرضها الوقود الحيوي، واغتنام الفرص التي يتيحها، بالنظر إلى احتياجات العالم في مجال الأمن الغذائي والطاقة والتنمية المستدامة"[٤]. وأعربت عدة منظمات دولية عن قلقها إزاء قيام حكومات مختلفة باعتماد سياسات تدعم تطوير الوقود الحيوي الأولي، وإزاء آثارها المحتملة على تغير المناخ وأسعار الأغذية في العالم والاستدامة البيئية والتجارة الدولية[٥].

وعلى الصعيد الإقليمي، حذر الإعلان الوزاري العربي حول التغير المناخي البلدان العربية من "عواقب اتجاه البلدان المتقدمة إلى تشجيع الدول النامية على زراعة المحاصيل المنتجة للوقود الحيوي عوض الغذاء"، وشجع على إنتاجه "من المخلفات العضوية"[٦]. كذلك، أشارت استراتيجية التنمية الزراعية العربية المستدامة للعقدين القادمين (٢٠٠٥-٢٠٢٥) إلى القيمة المضافة التي يكتسبها المزارعون من استخدام النفايات الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي، وإلى أثره الإيجابي على البيئة وعلى تأمين الوقود لمختلف

---

(٣) إعلان المؤتمر الرفيع المستوى المعني بالأمن الغذائي العالمي: تحديات تغير المناخ والطاقة الحيوية، روما، ٣-٥ حزيران/يونيو، "التدابير المتوسطة والطويلة الأجل"، ص ٣.

(٤) لجنة التنمية المستدامة، "خيارات السياسات والتدابير العملية الرامية إلى التعجيل بالتنفيذ في مجالات الزراعة، والتنمية الريفية، والأراضي، والجفاف، والتصحر في أفريقيا"، نص غير محرر، ١٩ أيار/مايو ٢٠٠٩، ص ١٦.

(٥) OPEC Fund for International Development (OFID), "Biofuels and food security" (2009); and Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "Biofuel support policies: An economic assessment" (2008).

(٦) مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، "الإعلان الوزاري العربي حول التغير المناخي" (٢٠٠٧). ويشير هذا الإعلان، الذي اعتمده المجلس في دورته التاسعة عشرة، إلى موقف البلدان العربية إزاء قضايا تغير المناخ.

الاستخدامات[٧]. ودعا الخبراء في اجتماعات الإسكوا كذلك إلى إجراء تحليل مفصّل لفوائد الوقود الحيوي يتناول تكاليفه في كل بلد على حدة، وذلك لتحديد مدى كفاءة إنتاج الوقود الحيوي الأولي والثانوي وتحديد الإمكانيات التي قد يوفرها الوقود الحيوي الثانوي للمنطقة[٨]. وتأتي هذه الدراسة استجابة إلى المطالب الداعية إلى إجراء المزيد من البحوث في هذا المجال.

ومن وجهة نظر بيئية، يحتمل أن يسهم تطوير صناعة الجيل الثاني من الوقود الحيوي في التخفيف من مشاكل إدارة النفايات البيئية الناتجة من مختلف الأنشطة الزراعية. وتفرض إدارة النفايات الزراعية تحديات كبيرة على الكثير من البلدان العربية، وتُعتبر مجالا رئيسيا ينبغي أن تستمر الحكومات العربية في البحث فيه[٩]. وتتسبب النفايات الزراعية الصلبة بروائح كريهة وبتلوث الأراضي والمياه، وغالباً ما يجري التخلص منها عن طريق حرقها في موقعها، وهو ما يضرّ بنوعية الهواء ويتسبب بالكثير من الحرائق في الغابات، على نحو ما وقع في لبنان. وفي مصر، يخلّف حرق القش وقصب السكر ضباباً أسود يلفّ القاهرة لفترات طويلة، لا سيما في فصل الخريف. ويؤدي تصريف مخلفات زيت الزيتون في الأنهار إلى رفع مستويات الطلب البيولوجي على الأكسجين، وتضاؤل كميات الأكسجين في المياه بفعل تحلل كميات كبيرة من المواد العضوية فيها، بالإضافة إلى نفق الكثير من أسماك تلك الأنهار بسبب النقص في الأكسجين. وينتج تلوث مياه البحر كذلك من تصريف نفايات عضوية معيّنة فيها من دون أية ضوابط. ويتسبب تصريف النفايات السائلة أيضاً في موارد المياه السطحية والجوفية بارتفاع معدلات التلوث. ويزيد ذلك من الضغوط على موارد المياه العذبة الشحيحة في بلدان الإسكوا. ومع أنّ معظم النفايات الزراعية قابلة للتحلل، يؤدّي تركز كميات كبيرة منها في البيئة خلال فترات الحصاد إلى رفع معدّلات التلوث وإجهاد النظم الإيكولوجية والبيئية المحلية.

ومن وجهة نظر اقتصادية، يشكل الوقود الحيوي تكنولوجيا بيئية قابلة للاستمرار وللاستخدام في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة. وتدلّ التجارب الناجحة في أنحاء مختلفة من العالم على أن الوقود الحيوي قادر على توفير إمدادات الطاقة الموثوقة والمستدامة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة، وعلى خفض تكاليف الطاقة وتكاليف إدارة النفايات التي تتكبدها المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الزراعية عادة، وقادر كذلك على توفير فرص العمل التكميلية وتوليد الدخل عن طريق استخدام مجاري النفايات لإنتاج الطاقة البديلة. وعلى هذا النحو، يمكن اعتبار المؤسسات الصغيرة والمتوسطة منتجة للوقود الحيوي ومستهلكة له، لا سيما في المناطق الريفية في بلدان الإسكوا. ويوفّر استحداث فرص اقتصادية جديدة في المجتمعات الزراعية فوائد اجتماعية للتنمية الريفية.

وتندرج هذه الدراسة في إطار أنشطة الإسكوا الرامية إلى زيادة استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً في البلدان الأعضاء، من أجل تحسين القدرة التنافسية للمشاريع الصغيرة والمتوسطة، وتعزيز التنمية الريفية

---

(٧) المنظمة العربية للتنمية الزراعية، "التنمية الزراعية العربية المستدامة للعقدين القادمين (٢٠٠٥-٢٠٢٥)"، البرنامج الفرعي لتطوير تقانات استخدام المخلفات الزراعية، ٢٠٠٧، ص ٣٠.

(٨) على سبيل المثال، اجتماع فريق الخبراء حول الإدارة المستدامة للأراضي باعتبارها إحدى أفضل الممارسات لتعزيز التنمية الريفية في منطقة الإسكوا، بيروت، ٢٥-٢٧ آذار/مارس ٢٠٠٩.

(٩) جامعة الدول العربية، البرنامج التنفيذي لمتابعة تنفيذ تكليفات القمة العربية الاقتصادية والتنموية والاجتماعية في مجال البيئة المعتمد من مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن البيئة في دورته الاستثنائية، ٢٤–٢٥ أيار/مايو ٢٠٠٩.

المستدامة. وتبحث الدراسة في إمكانية تطوير الوقود الحيوي الثانوي المستخرج من نفايات زراعية معينة، وفي إمكانية استخدامه في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة.

ويستعرض الفصل الأول الاستخدامات الحالية للنفايات الزراعية، مشيراً إلى مختلف التكنولوجيات والعمليات البيئية اللازمة لتحويل النفايات الزراعية إلى طاقة. ويبحث الفصل الثاني إلى الرابع في جدوى استخدام المنتجات الثانوية المستخرجة من ثلاث صناعات زراعية بهدف إنتاج الوقود الحيوي الثانوي في منطقة الإسكوا، وهي النفايات الناتجة من صناعات زيت الزيتون والسكر ومنتجات الألبان. وقد عرضت دراسات حالة حول كل من الصناعات الزراعية في عدد من البلدان الأعضاء، وذلك على أساس مستويات الإنتاج المحلي وحالة تطوير الوقود الحيوي في قطاعات محددة. ويستعرض الفصل الخامس التحديات والفرص المتصلة بإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا. وتختتم الدراسة بعدد من الاستنتاجات والتوصيات الهادفة إلى تطوير الوقود الحيوي من خلال استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً والهامة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة.

أولا- استخدام التكنولوجيات البيئية لإنتاج الوقود الحيوي

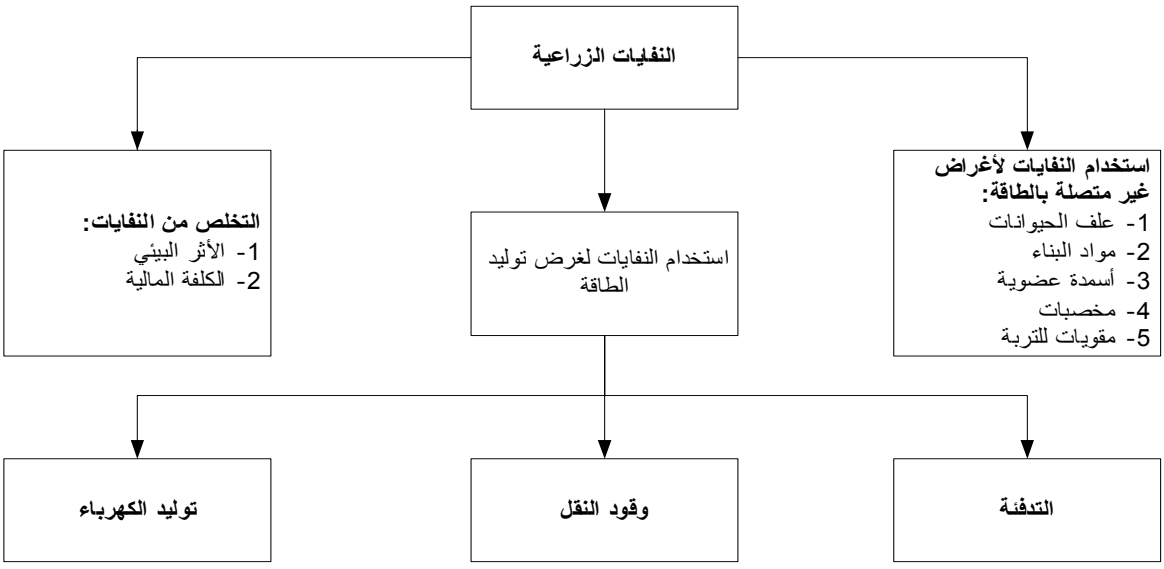
تتوفّر اليوم مجموعة متنوعة من التكنولوجيات البيئية التي تستخدم في تحويل النفايات الزراعية إلى طاقة. ويستعرض هذا الفصل الاستخدامات الحالية للنفايات الزراعية، ويشير إلى مجموعة من العمليات المعتمدة لهذا الغرض. ويَختتم الفصل بتحليل للتكنولوجيات التي يمكن تطبيقها في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في منطقة الإسكوا.

ألف- الاستخدامات الحالية للنفايات الزراعية

يمكن استخدام النفايات الزراعية بطرق متنوعة، حسب طبيعة هذه النفايات وظروف إنتاجها، كما هو مبيّن في الشكل ١. ويجري التخلص من أصناف كثيرة من النفايات بطرق غير سليمة. ويؤدي ذلك إلى مشاكل بيئية كبيرة، حيث يجري تصريف المياه العادمة الناتجة من معاصر الزيتون، أو المياه العادمة الناتجة من مزارع الألبان ومصانع تجهيز الأغذية في الأجسام المائية المجاورة. وتكثر هذه الممارسة في البلدان التي تكتفي بالحد الأدنى من الأنظمة، والتي تفتقر فيها النظم المعنية بإنفاذ حماية البيئة إلى الكفاءة. وفي البلدان التي تطبق قوانين صارمة، قد يتكبّد المنتجون تكاليف مالية باهظة لنزع أثر النفايات أو معالجتها قبل التخلص منها.

ويمكن للمزارعين التخلّص من النفايات الزراعية عن طريق بيعها في أسواق ثانوية تستخدم مشتقات النفايات لأغراض أخرى. وعلى سبيل المثال، تُباع التمور المحصودة الرديئة النوعية أو الصغيرة الحجم علفاً للحيوان، ويَباع القش المتبقي بعد تطهير الحقول مادة للبناء. ويمكن كذلك تحويل معظم النفايات الزراعية إلى سماد واستخدامها لتغذية التربة وتقويتها. وتشيع هذه الاستخدامات خصوصاً في المناطق الريفية في البلدان العربية. وهكذا، نشأت أسواق عدة بفعل استخدام النفايات والمنتجات الزراعية. ولذلك، ينبغي تحليل مسارات استخدام هذه المشتقات في سياق البحث في جدوى الترويج لتطبيق تكنولوجيات سليمة بيئياً من أجل استخراج منتجات جديدة من النفايات الزراعية.

الشكل ١- مجاري النفايات الزراعية

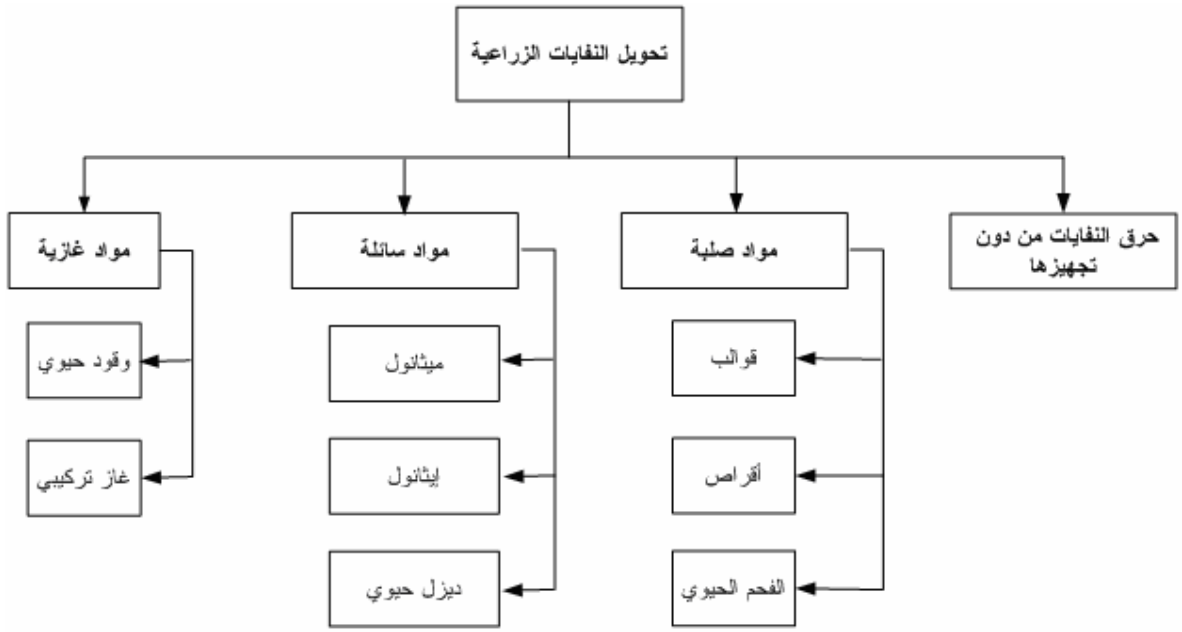


تُستخدم النفايات الزراعية لتوليد الطاقة أيضاً. فحرق الكتلة الحيوية لتوليد الحرارة هو طريقة شائعة للتخلص من النفايات في منطقة الإسكوا، بالرغم مما تسبّبه من ضرر على الصحة وتلوث في الهواء. وفي عدد كبير من البلدان الزراعية في العالم، يشكل روث الحيوانات مصدراً رئيسياً للطاقة المستخدمة للطهو والتدفئة في المنازل. غير أنّ هناك تكنولوجيات بديلة أخرى لاستخراج الطاقة من النفايات الزراعية[١٠].

باء- توليد الطاقة من النفايات الزراعية

لأغراض التبسيط والتصنيف، تشير هذه الدراسة إلى أن عملية تحويل النفايات الزراعية إلى طاقة قد تجري بطريقة من الطرق الأربع المبيّنة في الشكل ٢، وهي: (أ) الحرق المباشر والبسيط الذي يُمارس عادة من دون معالجة النفايات، ويشيع اعتماده لأغراض التدفئة في مختلف أنحاء العالم؛ (ب) تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي صلب؛ (ج) تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي سائل؛ (د) تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي غازي.

الشكل ٢- عملية تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي



(١٠) See, for example, the following: (a) A.M. Omer, "Organic waste treatment for power production and energy supply", *Journal of Cell and Animal Biology*, vol. 1, No. 2 (October 2007), pp. 034-047; (b) Department of Economic and Social Affairs (DESA), "Small-scale production and use of liquid biofuels in sub-Saharan Africa: Perspectives for sustainable development" (2007), which is available at: www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/csd15_bp2.pdf; (c) Wetlands International, "Biofuels in Africa: An assessment of risks and benefits for African wetlands" (May 2008), which is available at: http://www.aidenvironment.org/Upload/Files/xhtvkw/Biofuels%20in%20Africa_study%20WI.pdf; (d) European Commission, Directorate-General for Research, Information and Communication Unit, "Energy scientific and technological indicators and references" (2005), which is available at: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html; and (e) The Royal Society, "Sustainable biofuels: prospects and challenges" (14 January 2008), which is available at: http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914.

يتطلب تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي صلب حداً أدنى من المعالجة. ومن الشائع رصّ النفايات وتحويلها إلى قوالب أو ألواح، واستخدام المنتج النهائي في المواقد. ويشكل تحويل النفايات إلى أقراص شكلاً آخر من أشكال رصّ هذه النفايات وتحويلها إلى منتج يمكن استخدامه صناعياً. وأما الشكل الثالث من الوقود الصلب والمستخدم بكثافة، فهو الفحم الحيوي المعروف بالفحم النباتي، والذي يحتوى حداً أدنى من الرطوبة في النفايات الزراعية المكونة له، مما يجعل هذا الوقود الصلب القابل للاحتراق أخف وزناً وأكثر نظافة.

ويتطلب تحويل النفايات إلى وقود حيوي سائل قدراً أكبر من الطاقة وعدداً أكبر من الأيدي العاملة. فهذه العملية تستلزم رفع مستوى الاستثمارات في المصانع، وتوفير سوق للمنتجات بصرف النظر عما إذا كانت غاز الميثانول أو الإيثانول، أو ناتجة من تخمير المنتجات المتنوعة التي تحتوي على سكّريات، أو وقود الديزل الحيوي الناتج من أسترة نفايات الزيوت النباتية.

ويتطلب تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي غازي مستوى معيناً من التجهيز. ويؤدي إنتاج الغاز الحيوي (الميثان بشكل رئيسي) من التحلل اللاهوائي، وكذلك توليد الغاز المركب (خليط من الميثان والهيدروجين وأول أكسيد الكربون) من الانحلال الحراري، إلى إنتاج وقود حيوي يمكن استخدامه لأغراض التدفئة أو توليد الكهرباء.

وتتوفر عدة تطبيقات تكنولوجية لاستخراج الطاقة من الكتلة الحيوية. ويوجد عدد من التكنولوجيات والعمليات الحديثة جداً التي لا تزال في مرحلة البحث والتطوير وليست اقتصادية بالضرورة في مراحلها الأولى. غير أنّ هناك أيضا تكنولوجيات سليمة بيئياً معقولة الكلفة ومناسبة، وهي متوفرة في السوق ويمكن للمشاريع الصغيرة والمتوسطة استخدامها. ومن مصادر الوقود الأكثر استخداماً في هذه التكنولوجيات الخشب الصلب، وجذوع الخشب، ورقائق الخشب، وأقراص الخشب، ونشارة الخشب، ولحاء الخشب، ونجارة الخشب، والنفايات الزراعية، وقشر الجوز، وروث الحيوانات، وحتى حمأة مياه الصرف الصحي. وتتوقف كفاءة التطبيق التكنولوجي على مصدر الوقود ونسبة رطوبته. وتتراوح التكنولوجيا المستخدمة بين الحرق المباشر والتغويز والانحلال الحراري والهضم اللاهوائي. وتوجد كذلك مجموعة متنوعة من تكنولوجيات التحويل، وهي الأفران، والغلايات المشبّكة، والقواعد المميّعة، والسخانات، والغرف المستخدمة لحرق الكتلة الحيوية والفحم بهدف خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتنفيذ الانحلال الحراري. وتهدف هذه التطبيقات بمعظمها إلى توليد الكهرباء والحرارة. وتُستخرج الطاقة من التوربينات البخارية والتوربينات الغازية ومبادلات الحرارة وحتى المحركات ذات الاحتراق الداخلي.

ويستعرض هذا الفصل التكنولوجيات التالية: (أ) الحرق المباشر؛ (ب) رصّ النفايات في قوالب؛ (ج) تحويل النفايات إلى أقراص؛ (د) صنع الفحم النباتي؛ (•) الانحلال الحراري/التغويز؛ (و) التحلل اللاهوائي؛ (ز) تكوّن الإيثانول الحيوي.

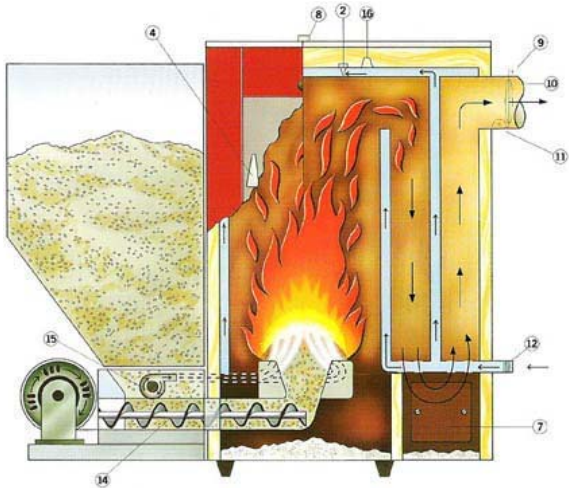
١- الحرق المباشر

يمكن استخدام المعدات القادرة على تحويل النفايات الزراعية إلى طاقة لأغراض منزلية وبلدية وصناعية. ويمكن استخدام إحدى التكنولوجيات الأربع المبينة فيما يلي.

(أ) غلايات صغيرة لحرق الوقود (أقل من ٥٠٠ كيلوواط حراري)

تَستخدم هذه الغلايات تكنولوجيا الوقّاد الذي يَغذّى بالفحم من أسفله، على النحو المبيّن في الشكل ٣. وهي تبثّ الحرارة على المشعاعات بالطريقة نفسها التي تعمل فيها مواقد الزيت. وغالباً ما تكون هذه الغلايات أوتوماتيكية، نظراً إلى أنها مجهزة بمستوعب اسطواني يحتوي على النفايات الزراعية الصلبة. ويقوم جهاز التغذية اللولبية بضخ الوقود بشكل متزامن مع احتياجات المسكن. وتشمل إيجابيات هذا النوع من الغلايات الكفاءة الحرارية العالية وانخفاض كلفة التشغيل، وقلة الحاجة إلى التنظيف. وبالرغم من تركيبتها التي غالباً ما تكون بسيطة، يمكن لمعظم الغلايات المشتعلة تلقائيا تحقيق ٩٠ في المائة من الكفاءة. ومن الشروط الهامة لتحقيق هذه الكفاءة أن تكون حمولة الغلاية خلال العملية اليومية شبه كاملة. وفي حالة الغلايات الأوتوماتيكية، ينبغي ألا يتجاوز المردود الاسمي للغلاية (ذات الحمولة الكاملة) الحد الأقصى من الطلب على الطاقة في فصل الشتاء. إلا أن هذه الغلاية تصدر ١٠٠ جزء في المليون من أول أكسيد الكربون، ويجب إخضاعها لتدابير صارمة للتحكم بالانبعاثات الصادرة عنها.

الشكل ٣- غلاية صغيرة لحرق الوقود



(ب) غلاية كبيرة لحرق الوقود (أكثر من ٥٠٠ كيلوواط حراري)

لقد ثبت أنّ غرف الاحتراق ذات القواعد المميّعة هي خيار موثوق في حالة المصانع الكبيرة التي تستخدم النفايات الزراعية. وفي هذه التكنولوجيا، يَضخّ الوقود في قاعدة صلبة مميّعة، أي أنها رفعت فوق لوحة لتوزيع الحرارة، وذلك من خلال نفخ الهواء أو الغاز عبر هذه اللوحة. وكمية المواد التي تتكون منها القاعدة هامة لتحديد كمية الوقود. وتكتسب غرف الاحتراق ذات القواعد المميعة مزايا كثيرة، منها تركيبتها البسيطة، ومرونتها في تقبل الوقود الصلب والسائل والغازي (تقبلها مختلطة، وتتحمل خصائصها المتغيرة)، وقدرتها الكبيرة على الاحتراق بدرجة حرارة منخفضة جداً.

وتتضمن تطبيقات الغلايات الكبيرة ما يلي: (أ) إنتاج الحرارة للمباني الكبيرة ذات الاحتياجات الكبيرة من التدفئة؛ (ب) إنتاج البخار اللازم للمحطات الصغيرة لتوليد الطاقة (لغاية ١٠ ميغاواط)؛ (ج) تطبيقات مشتركة لتوليد الحرارة والطاقة للمستشفيات والصناعات.

(ج) أجهزة التدفئة بالهواء الساخن

يمكن تسخين الهواء مباشرة بواسطة الغازات القابلة للاحتراق أو عبر المبادلات الحرارية في عدد من التطبيقات الخاصة، مثل مزارع الدواجن، والتدفئة في البيوت المحمية.

(د) حرق المخلفات الزراعية مع الفحم الطبيعي

إمكانية حرق المخلفات الزراعية والفحم موجودة. وهي تتطلب إدخال حد أدنى من التعديلات على الأجهزة الموجودة، وتستدعي قيام الصناعة المولّدة للطاقة ببعض الاستثمارات الإنتاجية. وينبغي البحث في هذه الإمكانية خصوصاً عند التخطيط لبناء محطات لتوليد الطاقة من الفحم. ويجري كذلك حرق المخلفات الزراعية مع الوقود الثقيل في مصانع الاسمنت، وذلك في حال ارتفاع أسعار الوقود الثقيل.

الإطار ١- تجارب ناجحة في توليد الحرارة/الكهرباء عن طريق الحرق المباشر للنفايات الزراعية

التجربة الناجحة ١- السويد، حرق النفايات الزراعية لغرض التدفئة: قام مزارع سويدي يعمل في زرع ٤٠٠ هكتار من القمح باستثمار قرض بقيمة ٧٦٠ ٠٠٠ يورو في محطة لتوليد الحرارة عن طريق حرق القش بكفاءة ٣ ميغاواط حراري. وبعد إرسال الحرارة إلى شركة التدفئة التابعة للمنطقة، بلغت المبيعات السنوية في المحطة ٣٣٠ ٠٠٠ يورو. وتستهلك هذه العملية من حبوب الجاودار كمية أقل من الكمية التي تستهلك في سائر وسائل التدفئة. ويقوم المزارع حالياً بشراء القش من مزارعين آخرين بكلفة ٠,٠٣ يورو للكيلوغرام الواحد. وقد حققت مبادرته مكاسب بيئية هامة إضافة إلى زيادة دخل مزرعته، وذلك من دون أي دعم حكومي.

التجربة الناجحة ٢- الصين، حرق النفايات الزراعية لتوليد الكهرباء: جرى استثمار مبلغ ٣١ مليون دولار أمريكي في محطة لتوليد الكهرباء بهدف حرق ٢٠٠ ٠٠٠ طن من القش وتوليد ١٣٠ جيغاواط من الكهرباء سنوياً من هذا المنتج الذي كان يَحرق في الهواء الطلق في السابق.

التجربة الناجحة ٣- أستراليا، حرق النفايات الزراعية لتوليد الكهرباء: تم استثمار مليوني دولار في أول محطة كهرباء تغذيها مخلفات جوز المكاداميا في العالم. وتستهلك العملية ٥ ٠٠٠ طن من المخلفات سنوياً، وتنتج ١,٥ ميغاواط من الكهرباء. ويبلغ إنتاجها السنوي ٩,٥ ميغاواط، وهي كمية كافية لتزويد نحو ١ ٢٠٠ منزل بالكهرباء.

التجربة الناجحة ٤- المملكة المتحدة، حرق النفايات الزراعية لتوليد الكهرباء: تولّد محطة الكهرباء التي تعمل على القش ما يكفي لتزويد ٨٠ ٠٠٠ منزل بالكهرباء، بكلفة قدرها ٨٤ مليون دولار.

٢- رصّ النفايات في قوالب

يشكل رصّ النفايات الزراعية في قوالب بهدف إنتاج الوقود الحيوي المضغوط الذي يمكن حرقه أو تغويزه تكنولوجيا قديمة تسمح بضغط هذا الوقود وبالتالي نقله بكلفة معقولة وبسهولة إلى المستخدم النهائي (يتراوح وزن القالب بين كيلوغرام واحد وكيلوغرامين). ويحتاج الزبائن إلى هذه القوالب لاستخدامها كوقود للغلايات المنزلية، وكمواد أولية لنظم الاحتراق و/أو الأجهزة المنزلية أو الصناعية الصغيرة[١١].

(١١) Free Patents Online, "Method and device for pelletizing unprocessed sugar-cane bagasse" (4 April 2007), which is available at: www.freepatentsonline.com/EP1770152.html.

ويمكن أن تختلف الانبعاثات الناتجة من احتراق هذه القوالب كثيراً. ويجري حرق القوالب عادة في بيئة غير منضبطة نسبياً، وقد يكون ضاراً للبيئة. ولكن، نظراً إلى أن إزالة الغابات تطرح مشكلة كبيرة في منطقة الإسكوا، توفر هذه القوالب بديلاً أفضل بكثير من الألواح الخشبية أو الفحم النباتي.

(أ) استخدام القوالب

يشمل الجيل الأول من المعدات اللازمة لاستخدام القوالب المواقدِ المفتوحة، والأفران المشعة التقليدية التي يبلغ متوسط كفاءة التحويل فيها ٢٠ في المائة (متوسط كفاءة التحويل هو القيمة الأولية للتدفئة القابلة للاشتعال محوّلة إلى قيمة التدفئة المستعملة بالفعل). ويتضمن الجيل الثاني من المعدات المواقدِ العاملة بواسطة الحمل الحراري القسري والغلايات ذات الأرجل الخشبية التي يبلغ متوسط كفاءة التحويل فيها ٨٠ في المائة. وفي حين يشكل الجيل الأول من المعدات استثماراً منخفض الكلفة، فهو ليس فعالاً من حيث الطاقة. ويمكن لاستخدام الجيل الثاني من المعدات أن يحلّ مكان الحلول القائمة على زيت الوقود في المناطق الريفية، وأن توفّر الراحة لمستخدميها أكثر من الجيل الأول من المعدات.

(ب) إنتاج القوالب

يقع إنتاج القوالب في خمس مراحل أساسية، هي تخزين المواد الخام وتجهيزها، ومن ثمّ تجفيفها لتصل نسبة رطوبتها إلى ما دون ١٨-١٩ في المائة، وتصنيع القوالب وتبريدها، وبعد ذلك تعبئتها وتخزينها. وتبلغ قيمة تدفئة القوالب ١٦-١٨ ميغاجول/كيلوغرام وكثافتها نحو ٦٥٠-٧٠٠ كيلوغرام/متر مربع.

ويبيّن الجدول ١ التالي المعدات اللازمة لإنتاج خمسة أطنان من القوالب في الساعة، تتراوح رطوبتها بين ٥ و١٠ في المائة، من مواد تُدخل بمعدل عشرة أطنان في الساعة وتبلغ نسبة رطوبتها ٥٠ في المائة. وتُستورد هذه المعدات عادة ويمكن أن تتوفر في السوق المحلية، أو تُنتج محلياً.

الجدول ١- المعدات اللازمة لإنتاج القوالب

المعدات	المواصفات	محلية أو مستوردة
جهاز التحميل	١,٥ متر مكعب، ٩٠ حصاناً	مستورد
حاوية العلف	١٠ أمتار مكعبة	محلية
جهاز رافع	١٠ أطنان/ساعة - ٤ أحصنة	محلي
حزام ناقل	١٠ أطنان/ساعة - ٣ أحصنة	محلي
جهاز فصل كهرو مغناطيسي	٤ كيلوواط	مستورد
جهاز لفصل الحصى	١٠ أطنان/ساعة	مستورد
جهاز نقل لولبي	١٠ أطنان/ساعة - ٤ أحصنة	محلي
ماكينة التجفيف	١٠ أطنان/ساعة، مجهز بالهواء الموجه إلى جهاز الحرق الإضافي، ويعمل بالوقود الصلب بقوة ١٢٠ حصاناً	محلي
غازات العادم	حمولات صلبة	محلية
مروحة للشفط أو التهوئة	٥ أطنان/ساعة - ٧,٥ أحصنة	محلية
جهاز لرصّ النفايات في أقراص (٢)	بقوة ٦ أطنان/ساعة	مستورد
حزام ناقل	٦ أطنان/ساعة - ٣ أحصنة	محلي
منخل رجاج	٤ أطنان/ساعة - حصانان	محلية
نظام تبريد (٢)	٣ أطنان/ساعة - ٣ أحصنة	محلي
حزام ناقل للمخلّفات	٢ طن/ساعة - حصانان	محلي
نظام تغليف	٥ أطنان/ساعة - ٧,٥ أحصنة	محلي

٣- رصّ النفايات الزراعية في أقراص

تهدف هذه العملية إلى تقليص حجم النفايات الخشبية، بحيث تصبح أكثر قابلية للإدارة وصالحة للاستعمال. ويمكن ضغطها لغاية ٧٠ في المائة[١٢]. وعلى سبيل المثال، يتطلب إنتاج طن واحد من الأقراص التي يبلغ معدل رطوبتها ٧-١٠ في المائة سبعة أمتار مكعّبة من نشارة الخشب بمعدل رطوبة قدره ٥٠-٥٥ في المائة، أو ١٠ أمتار مكعبة من النشارة بمعدل رطوبة قدره ١٠ إلى ١٥ في المائة.

(أ) صنع الأقراص

ينبغي تجفيف النفايات الخشبية إذا كانت المواد الخام المستخدمة رطبة، وذلك بواسطة مولّد للغاز الساخن عادة. وبعد ذلك تُطحن النفايات، وتُرصّ الحبيبات التي تتكون منها حتى يعادل حجمها قطر القرص. ويمكن إجراء هاتين العمليتين في الوقت نفسه. وبعد ذلك، تُعصر الأقراص، وتلتحم بفعل احتوائها على مادة الليغنين التي تصبح طرية عندما تُضغط تحت تأثير الحرارة المولّدة من العملية (لغاية ٩٠ درجة مئوية). ويسمح التبريد لمادة الليغنين بأن تبرد وأن تحافظ على تماسك الأقراص وعلى شكلها. ويفحص المنتج النهائي للتأكد من أنه متماسك وأنه يستوفي المعايير، وذلك لتجنب أية مشاكل في معدات الحرق.

(ب) خصائص الأقراص الخشبية

بالرغم من أنّ خصائص الأقراص الخشبية تختلف حسب طريقة صنعها، يبلغ قطرها ٦-١٠ ميليمترات وطولها ١٠-٣٠ ميليمتراً عموماً. ويبلغ معدّل رطوبتها ٧-١٢ في المائة، وتتراوح كثافتها الظاهرية بين ٦٥٠ و٧٠٠ كيلوغرام/متر مكعّب. ويتراوح محتواها من الطاقة بين ٠٠٠ ٣ و٣٠٠ ٣ كيلوواط حراري ساعة/متر مكعب من الأقراص السائبة، أي ما يعادل ٣٠٠-٣٣٠ ليتراً من زيت الوقود الخفيف. ولا تتجاوز المساحة اللازمة لتخزين الأقراص الخشبية ١,٥ متر مكعّب/طن، وهي أقل بكثير من المساحة اللازمة لتخزين مخلفات الأخشاب السائبة.

٤- الفحم النباتي (الفحم)

يفضّل الفحم النباتي على الفحم الحجري في العديد من التطبيقات المنزلية، مثل التدفئة والطهو. ويؤدي التجفيف الشامل للفحم النباتي خلال صنعه إلى إعطاء كل وحدة وزن منه قيمة حرارية أكبر، أي ٣٣ ميغاجول/كيلوغرام، مقابل القيمة الحرارية للخشب وقدرها ١٧ ميغاجول/كيلوغرام[١٣]. وعلاوة على ذلك، يحول حرق الفحم النباتي دون إنتاج كميات مفرطة من الدخان والجسيمات التي تصدر عموماً عن حرق الأخشاب. ويتّخذ الفحم النباتي أشكالاً متنوعة، منها الفحم النباتي المقطوع (على شكل قطع)، وقوالب الفحم النباتي، والفحم النباتي غير المكربن.

وينتج الفحم النباتي عموماً من حطب التدفئة الخالي من الأكسجين، ويمكن الحصول عليه بطريقة من هاتين الطريقتين:

---

(١٢) بناء على مقابلة أجريت مع جان بول صفير في ٤ شباط/فبراير ٢٠٠٩.

(١٣) R.C. Pal and V.K. Singh, "Charcoal making technology for livelihood for rural people", which is available at: www.fuelnetwork.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=207.

(أ) الطريقة المباشرة، وتُستخدم بموجبها الحرارة المنبعثة من الاحتراق غير المكتمل للمواد العضوية المستخدمة والتي يفترض أن تتحول إلى فحم نباتي. وتؤدي هذه الطريقة عادة إلى إصدار جسيمات تساهم في تلوث الهواء؛

(ب) الطريقة غير المباشرة، وتُحرق بموجبها المواد العضوية في مقطرة مغلقة وخالية من الهواء وتتخللها فُتحات لتنفيسها، ثمّ تُستخدم بعد حرقها لأغراض التدفئة أو توليد البخار، على النحو المبين في الشكل ٤. وتستخدم هذه الطريقة الحرارة الخارجية لطهو المواد، وتنتج فحماً نباتياً أفضل نوعية. وتنتشر هذه الطريقة أكثر فأكثر في مختلف أنحاء العالم.

وتستخدم مجموعة متنوعة من المواد الزراعية الأولية والثانوية لصنع الفحم النباتي، مثل الخشب، والخيزران، ومخلفات الأخشاب، وقشور جوز الهند[١٤]، ومخلفات قصب السكر[١٥]، وقشر الأرز، والخشب الصلب، والخشب اللين، ونشارة الخشب، ونجارة الخشب، وبذور الفاكهة، وقشر الجوز، والبندق، ولحاء الخشب، وأكواز الذرة، وبذور القطن[١٦]. ومن أبرز مشتقاته أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، والميثان، والإيثان، وحمض الخليك، والميثانول، والقطران، والمياه، والزيت الثقيل. وتتحول المواد العضوية وأول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون وإلى ماء قبل الخروج من المقطرة. ويمكن التحكم بالجسيمات الصلبة الناتجة من هذه العملية بواسطة مرشح من قماش (تبلغ نسبة التحكّم ٩٩ في المائة) أو بواسطة جامع بالطرد المركزي (بنسبة ٦٥ في المائة)[١٧].

يتراوح معدل رطوبة الفحم النباتي بين ٥ و٨ في المائة[١٨]؛ وتشكل المخلفات السائلة والرواسب القطرانية ٥-٤٠ في المائة منه. ويتوقف المحتوى الرطب على مدة التفحيم. وكلما كان حجم المواد المتبخرة صغيراً، كان من الصعب إشعال الفحم النباتي. ومع ذلك، عندما يشتعل هذا النوع من الفحم يحترق جيداً. وتبلغ نسبة الرماد فيه ٠,٥-٥ في المائة، وهو يحتوي على أكاسيد المغنيسيوم، والسليكا، والكالسيوم.

---

(١٤) G. Pari et al., "Charcoal production for carbon sequestration" (2004), which is available at: http://project.jica.go.jp/indonesia/006504510/archives/pdf/output3.pdf.

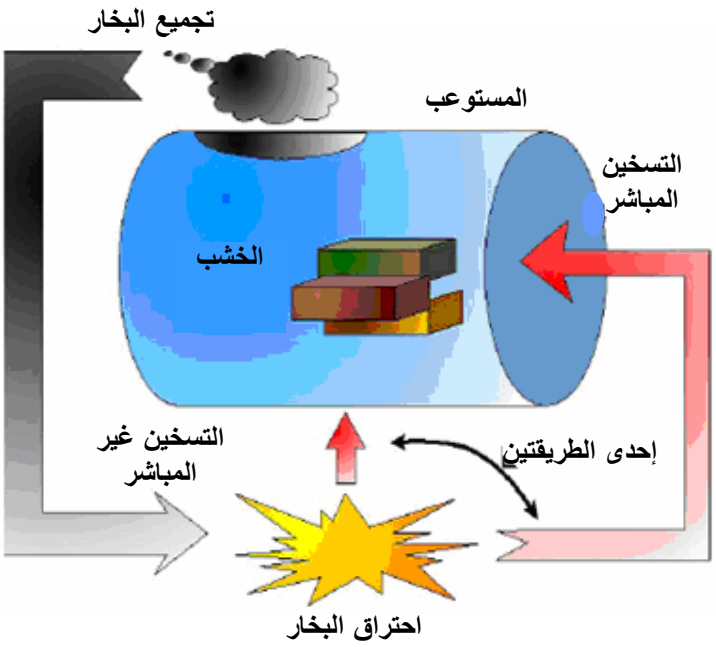
(١٥) S.H. Hibajene and O.S. Kalumiana, "Manual for charcoal production in earth kilns in Zambia" (2003), which is available at: http://www.bioquest.se/reports/Charcoal%20production%20manual%20ENGLISH.pdf.

(١٦) Food and Agriculture Organization (FAO), "Industrial charcoal production – Development of a sustainable charcoal industry" (June 2008), which is available at: http://www.drveniugljen.hr/assets/files/pdf/FAO_Industrial%20charcoal%20production.pdf.

(١٧) R.C. Pal and V.K. Singh, "Charcoal making technology for livelihood for rural people", which is available at: www.fuelnetwork.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=207.

(١٨) Food and Agriculture Organization (FAO), "Industrial charcoal production – Development of a sustainable charcoal industry" (June 2008), which is available at: http://www.drveniugljen.hr/assets/files/pdf/FAO_Industrial%20charcoal%20production.pdf.

الشكل ٤ - مبدأ التفحيم عن طريق التقطير



الإطار ٢ - الفحم النباتي لمكافحة تغير المناخ

تسعى اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر واتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ بالإضافة إلى المبادرة الدولية للفحم النباتي إلى تعزيز الوعي الدولي حول إمكانيات الفحم النباتي كمصدر للطاقة وكأداة لمكافحة تغير المناخ. ويعتبر الفحم النباتي مقوياً للتربة وأنه قادر على تحسين إنتاجيتها، نظراً إلى أنه يحبس الماء والمواد الغذائية فيها ويوفرها للنباتات. ويمكن للفحم النباتي أيضاً التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه في التربة، مما بات يسلّط عليه الأضواء باعتباره أداة محتملة لإبطاء الاحترار العالمي.

المصدر: International Biochar Initiative, "Biochar Policy at the International and Federal Levels" (May 2009), which is available at: www.biochar-international.org.

٥- الانحلال الحراري/التغويز

الانحلال الحراري/التغوير هو تكنولوجيا جديدة نسبياً، وقد بدأت تنتشر في أنحاء مختلفة من العالم، حتى ولو كانت اليوم في مرحلة تجريبية. وتتمثل أهم النتائج السلبية المترتبة على هذه التكنولوجيا في الكلفة العالية المترتبة على إنشاء المرافق اللازمة وتشغيلها، مما يجعل هذه التكنولوجيا من الحلول غير المجدية اقتصادياً في منطقة الإسكوا ما لم تحظ بالدعم الحكومي. وتقع هذه العملية في مرحلتين[١٩]:

---

(١٩) M. Niaounakis and C.P. Halvadakis, *Olive processing waste management: Literature review and patent survey*, vol. 5, second edition (2006).

(أ) الانحلال أو التحلل الحراري: ويجري في المرحلة الأولى على درجة حرارة تتراوح بين ٤٥٠ و٦٠٠ درجة مئوية (تتوقف درجة الحرارة على الوقود المستخدم) وفي غياب الهواء، مما يسمح للعناصر المتطايرة من الكتلة الحيوية المستخدَمة بالتبخّر بفعل الحرارة. ويتكون البخار من ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأول أكسيد الكربون، والهيدروجين، والمياه، والقطران المتطاير، بالإضافة إلى كمية من الفحم النباتي المترسّب والذي يمثل حوالى ١٠-٢٥ في المائة من الكتلة الحيوية الأصلية؛

(ب) التغويز أو تحويل الفحم إلى غاز: وهو المرحلة الثانية من العملية، ويتم على درجة حرارة تتراوح بين ٧٠٠ و١,٢٠٠ درجة مئوية، ويتفاعل أثناءه الفحم مع الأكسجين لإنتاج أول أكسيد الكربون.

وتُستخدم تكنولوجيا الانحلال الحراري لإنتاج النفط الحيوي والفحم (الكربون ومخلفات الفحم). ويَحرق الفحم لتوليد الطاقة اللازمة لعملية الانحلال الحراري الممتصة للحرارة. وتنفذ مشاريع النفط الحيوي المستخرج من الكتلة الحيوية كمشاريع نموذجية في بعض البلدان المتقدمة. ويقال إن المنتج يعادل زيت الوقود (رقم ٢)، ويمكن كذلك معالجته لوقت أطول لإنتاج المواد الكيميائية[٢٠].

(أ) التغويز لإنتاج الطاقة الحرارية

تعتمد نظم التغويز على المفاعلات البسيطة ذات القواعد وكذلك على المفاعلات المتطوّرة ذات القيعان المميَعة المزدوجة والتي يجري فيها تدوير الرمل. ومن الخطوات الرئيسية في عملية تحويل النفايات الزراعية إلى طاقة حرارية جاهزة للاستخدام المباشر معالجة الكتلة الحيوية وتجهيزها وتغويزها، بواسطة ماكينة للتجفيف وجهاز لحرق الغاز ومولّد للبخار. وتستدعي هذه الوحدة المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي توليد البخار واستخدامه فوراً (من دون تخزينه).

وكمثال على ذلك، يبيّن الجدول ٢ المعدات اللازمة لتغذية ثفل قصب السكر بمعدل ١٠ أطنان/ساعة وإنتاج ١٠ أطنان/ساعة من البخار بمعدل ١٥-٢٠ باراً في سياق إنتاج الوقود الحيوي عن طريق معالجة السكر.

الجدول ٢ - أهم المعدات اللازمة لإنتاج الطاقة الحرارية عن طريق تغويز ثفل قصب السكر

المعدات	المواصفات	محلية أو مستوردة
آلة التحميل	١,٥ متر مكعب، ٩٠ حصاناً	مستوردة
نظام التغذية، بما فيه الهرامة والأحزمة الناقلة	قوة ١٠ أطنان/ساعة، ٤ أحصنة	محلي
نظام للتغويز مع آلة للتجفيف المسبق	سعة ٦ أطنان/ساعة من الأجسام الصلبة الجافة، ونظام لتنظيف الغاز بقوة ٧,٥ أحصنة	محلي
نظام لحرق الغاز	بمعدل ٥٠٠ متر مكعب/ساعة، بالإضافة إلى جهاز مساعد للحرق، ومروحة، ٦٧,٢ ميغاواط حراري/ساعة	محلي
غلايات البخار	بقوة ١٠ أطنان/ساعة- بخار بمعدل ١٥-٢٠ بارا	مستوردة/محلية

(٢٠) DynaMotive Energy Systems Corporation, "Fast pyrolysis of bagasse to produce biooil fuel for power generation", which was presented at the 2001–Sugar Conference and is available at: www.biooil.ru/docs/2001SugarConferencePaper.pdf.

(ب) التغويز لتوليد الكهرباء والبخار

في أثناء عملية التغويز الهادفة إلى توليد الكهرباء والبخار من النفايات الزراعية، يجري تحويل هذه النفايات حرارياً إلى ما يعرف بالغازات التركيبية (الهيدروجين وأول أكسيد الكربون) عن طريق أكسدتها جزئياً وتعريضها لمرحلة أولى من التجفيف. وتحرق الغازات لتشغيل توربينة غاز بهدف توليد الكهرباء. وتُوجَه غازات العادم الساخنة نحو غلاية من أجل توليد بخار للاستخدام المباشر.

ويتضمن الجدول ٣ المعدات الرئيسية اللازمة لمعالجة ستة أطنان/ساعة من الثفل الرطب لقصب السكّر لإنتاج ٣ ميغاواط حراري[٢١].

الجدول ٣- أهم المعدات اللازمة لتوليد الكهرباء والبخار عن طريق التغويز

المعدات	المواصفات	محلية أو مستوردة
ماكينة التحميل	١,٥ متر مكعّب، ٩٠ حصاناً	مستوردة
نظام التغذية، بما فيه الهرّامة والأحزمة الناقلة	قوة ٨ أطنان/ساعة، ٤ أحصنة	محلي
نظام للتغويز مع آلة للتجفيف المسبق	سعة ٤ أطنان/ساعة من الأجسام الصلبة الجافة، ونظام لتنظيف الغاز بقوة ٧,٥ أحصنة	محلي
نظام لحرق الغاز	غاز بمعدل ٥٠٠ متر مكعّب/ساعة، بالإضافة إلى جهاز مساعد للحرق، ومروحة، ٦٧,٢ ميغاواط حراري/ساعة	محلي
توربينات البخار	٣ ميغاواط	مستوردة
توربينات البخار بالإضافة إلى الغلاية والمكثّف	١٥٥ ميغاواط	مستوردة/محلية

٦- التحلل اللاهوائي

تتراوح كفاءة الهضم اللاهوائي بين ٣٥ و٥٠ في المائة، وغالبا ما تترافق عملية التسميد (الهوائية واللاهوائية) مع انخفاض الكتلة بنسبة ٤٠-٥٠ في المائة[٢٢]. وفي حين يحتاج التسميد الهوائي إلى الطاقة، يمكن للتسميد اللاهوائي إنتاج الطاقة عن طريق حرق الغاز الحيوي لاستخدامه مباشرة في المواقد أو الأفران في المناطق الريفية، أو لتحويله إلى قوة محرّكة[٢٣]. ولذلك، فالتحلل اللاهوائي هو النوع الذي تتناوله هذه الدراسة.

(٢١) International Society of Sugar Cane Technologists, "Design, build-up and evaluation of a sugarcane biomass (bagasse and trash) gasification pilot plant with 3 MWE of power" (June 2007), project proposal for the International Sugarcane Biomass Utilization Consortium (ISBUC), which is available at: http://issct.intnet.mu/ISBUCresprop1.HTM.

(٢٢) TDC-Olive, "By-product reusing from olive and olive oil production", which is available at: http://www.biomatnet.org/publications/1859bp.pdf.

(٢٣) G.L. Shukla and K.A. Prabhu, "Bio-gas production from sugarcane biomass and agro-industrial waste", which is available at: http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=19960302970.

ويُعرف التحلل اللاهوائي أو عملية تخمير غاز الميثان بأنه تحويل المواد العضوية إلى الميثان وثاني أكسيد الكربون في غياب الأكسجين الجزيئي[٢٤]. وينبغي تعديل تغذية ماكينة الهضم حسب نسبة رطوبة محددة، وحسب الأساليب المحددة، وهي إما جافة (يتراوح معدل رطوبتها بين ٨٥ و٩٠ في المائة) وإما رطبة (يتراوح معدل رطوبتها بين ٦٠ و٨٠ في المائة). وتوجد عدة عوامل أخرى، منها نسب الكربون إلى النيتروجين إلى الفوسفور والرقم الهيدروجيني. ويُستخدم الغاز الحيوي على نطاق واسع في العديد من البلدان النامية بنسب مختلفة تتراوح بين مترين مكعبين/يوم في الوحدات ذات حجم الأسرة، و١٢-١٥٠ متراً مكعباً/يوم للمصانع المحلية[٢٥]. وتُجمع النفايات العضوية والزراعية الناتجة من مصادر مختلفة في مرفق واحد للتحلل اللاهوائي كي يجري هضمها معاً، مما يضمن توفر حد أقصى من المواد العضوية في المنتج النهائي. وغالباً ما تُستخدم النفايات الحيوانية كمصدر وحيد للكتلة الحيوية.

ويشكل غاز الميثان ٥٥-٧٠ في المائة من الغاز الحيوي، في حين تتكون النسبة المتبقية من ثاني أكسيد الكربون وكميات قليلة من كبريتيد الهيدروجين والأمونيا. ويكون الغاز الحيوي عادة مشبعاً ببخار الماء، وتجري معالجته وحرقه لتوليد الكهرباء، والأفضل أن يكون ذلك في محطة لتوليد الحرارة والطاقة في الوقت نفسه. ويقتصر استخدام هذه التكنولوجيا على المنتِجين الذين يمكنهم الحصول على كميات كبيرة من الكتلة الحيوية التي يمكن استخدامها كمدخلات في عملياتهم، وعلى شبكات الكهرباء القادرة على استقبال الطاقة المولّدة.

ويلخص الجدول ٤ ظروف التشغيل في مصانع الهضم اللاهوائي عموماً. ومن الواضح أن هذه العملية تختلف أحياناً. وعلى مديري المصانع تحسين إجراءات التشغيل في مصانعهم حسب الظروف والقيود والاحتياجات المحلية. ويمكن الحصول على مدخلات متنوعة وبالتالي على مستويات مختلفة من النواتج والمعدات والطاقة الصافية المولّدة عن طريق الهضم اللاهوائي، نظراً إلى التباين الكبير في مستوى القدرات، والكفاءة التكنولوجية، ومواد التغذية، وغيرها.

الجدول ٤ - ظروف التشغيل في عمليات الهضم اللاهوائي

معايير التشغيل		القيمة النموذجية
درجة الحرارة	أليفة الاعتدال	٣٥ درجة مئوية
	أليفة الحر	٥٥ درجة مئوية
الحموضة		٧-٨
مجموع المواد الصلبة الذائبة		٢ ٥٠٠ ميليغرام/ليتر كحد أدنى
فترة الاحتجاز		١٠ - ٣٠ يوماً
معدل التحميل		٢,٢٦-٥,٢٦ كيلوغرامات من المواد الصلبة المتطايرة/متر مكعب في اليوم
كتلة الغاز الحيوي الناتج		٠,١٨-٠,٥ متر مكعب/كيلوغرام من المواد الصلبة المتطايرة
نسبة الميثان		٦٠-٧٠ في المائة

المصدر: Engler, C.R., Jordan, E. R., McFarland, M.J. and Lacewell, R.D. Economic and Environmental Impact of Biogas Production as a Manure Management Strategy. متاح على الموقع الإلكتروني: www.agmrc.org/media/cms/Engler2_F05E9EA9371B6.pdf.

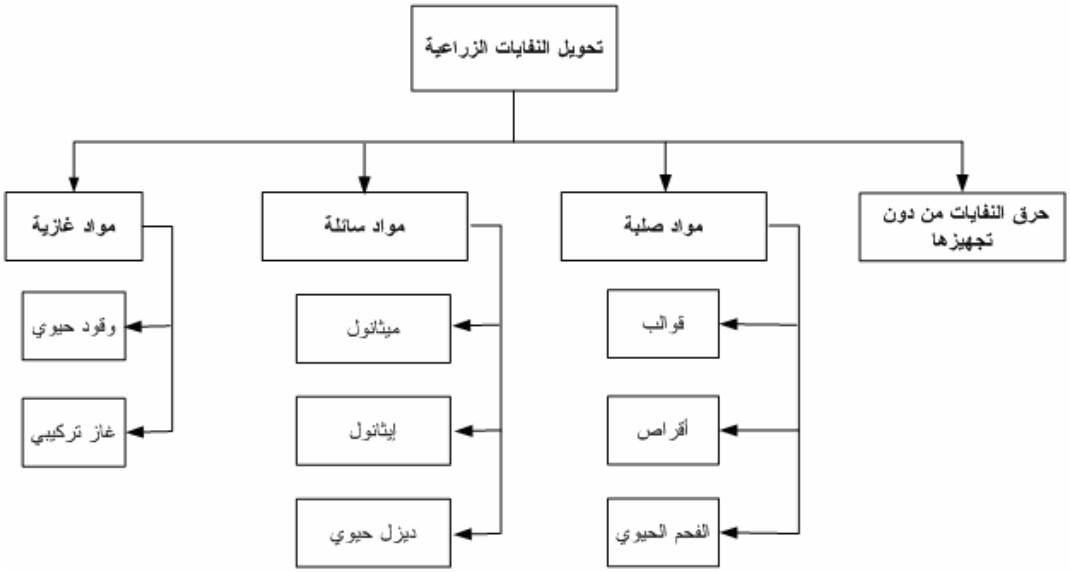
(٢٤) A.A. Atayol, "Anaerobic co-treatability of olive mill wastewaters and domestic wastewater" (Izmir Institute of Technology, Izmir, Turkey, 2003), which is available at: http://library.iyte.edu.tr/tezler/master/cevremuh/T000239.pdf.

(٢٥) D. Kannan, "Renewable energy in developing countries with an emphasis on India". قدمت هذه الورقة خلال المهرجان الدولي للطلاب في تروندهايم في عام ٢٠٠٩، وهي متاحة على الموقع الإلكتروني: http://folk.ntnu.no/kannan/renewable_energy_isfit09_presentation.pdf.

٧- الإيثانول الحيوي

يبيّن الشكل ٥ عملية إنتاج الإيثانول الحيوي. ولا تزال عملية تطوير إنتاج الجيل الثاني من الإيثانول الحيوي من الكتلة الحيوية السليلوزية كي يصبح سلعة مجدية اقتصادياً في أولى مراحلها. وبالرغم من ذلك، تُبذل حالياً مساع كبيرة هامة لتطوير جميع مراحل تجهيز الإيثانول، نظراً إلى أن إمكانات إنتاجه من الكتلة الحيوية في المستقبل كبيرة نسبياً. ويمكن أن يكون الإيثانول الخام المائي مركّزاً ومجففاً، ويمكن أن يَخلط مع البنزين لاستخدامه في النقل[٢٦].

الشكل ٥- مخطط توضيحي لعملية إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية



ويبيّن الجدول ٥ المعدات الرئيسية اللازمة لتجهيز ١,٧ طن/ساعة من مدخلات الإيثانول الحيوي وإنتاج ٠,٢٥ طن/ساعة منه.

الجدول ٥- المعدات اللازمة لإنتاج الإيثانول الحيوي

المعدات	المواصفات	محلية أو مستوردة
ماكينة التجفيف	إنتاج بمعدل ٢ طن/ساعة	محلية
نظام لتجهيز ثفل قصب السكر	طحن لغاية ١-٢ ميليمتر	مستورد
نظام للمعالجة المسبقة	حاويات العلف، المفاعلات، المرشحات	محلي
نظام للتحليل المائي- التخمير	حاويات العلف، المفاعلات، ماكينات الهضم، المرشحات	مستورد/محلي
تركيز محلول الإيثانول	التقطير الثابت الغليان، المناخل الجزيئية	مستوردة
توليد الطاقة من المخلفات	غلاية، جهاز للحرق	محلية
نظام معالجة المياه العادمة		محلية

(٢٦) See K.L. Kadam, "Environmental life cycle implications of using bagasse-derived ethanol as a gasoline oxygenate in Mumbai (Bombay)" (November 2000), which is available at: www.nrel.gov/docs/fy01osti/28705.pdf; M.I. Rajoka, "The enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated wheat straw and bagasse to ethanol", *ATDF Journal*, vol. 2, No. 2 (2005), which is available at: www.atdforum.org/IMG/pdf/ethanol.pdf; and A. Hinkova and Z. Bubnik, "Sugar beet as a raw material for bioethanol production", *Czech J. Food Science*, vol. 19, No. 6 (2001), pp. 224-234, which is available at: www.cazv.cz/attachments/5-Hinkova.pdf.

ثانياً- الوقود الحيوي المشتق من مخلفات الزيتون

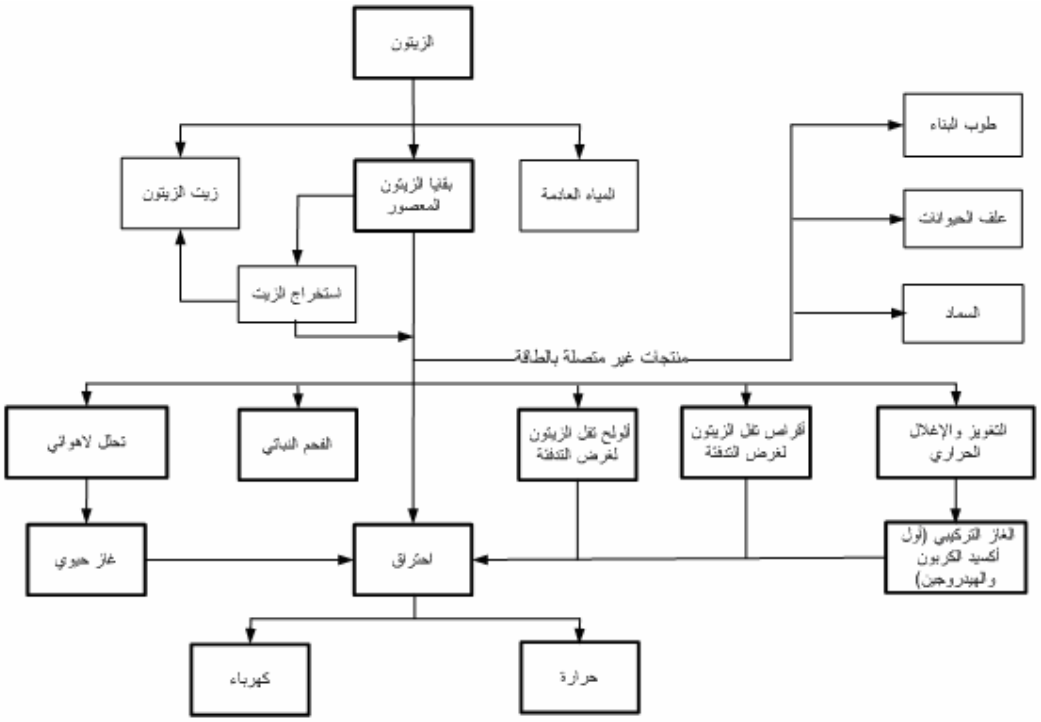
ألف- لمحة عامة

تُنتِج صناعة زيت الزيتون نفايات سائلة وصلبة بعد انتهاء موسم قطاف الزيتون بشهرين إلى ثلاثة أشهر، في أماكن محصورة بالقرب من معاصر الزيتون. وتؤدي الكمية الكبيرة من المياه العادمة الناتجة من عملية عصر الزيتون إلى تعكير المياه السطحية ومياه الينابيع. وبالإضافة إلى ذلك، غالباً ما يشكو القرويون من الروائح الكريهة المنبعثة من كوم مخلّفات الزيتون بعد عصره (المعروفة محلياً بجفت الزيتون)، وهو يتخمر ويتحول إلى سماد في الهواء الطلق. وفي الوقت الراهن، وبالرغم من المبادرات المتخذة للتقليل من النفايات السائلة من المياه العادمة في معاصر الزيتون بهدف الحد من الآثار السلبية على موارد المياه الجوفية، لم تستحوذ مجاري النفايات الصلبة إلا على القليل من الاهتمام. ويطرح التخلص من ثفل الزيتون مشكلة، حتى في إيطاليا، حيث تتكبد المعاصر تكاليف باهظة لنقل الثفل خارج مواقعها. ويتمحور عدد من الأنشطة الثانوية الصناعية حول هذا المنتج الثانوي. فعلى سبيل المثال، إزالة نوى الزيتون واستخراج زيت الزيتون من ثفل الزيتون (زيت الثفل) هما من الأنشطة المألوفة في صناعة الصابون.

وفي سياق معالجة الزيتون، يبيّن الشكل ٦ العمليات الأساسية التي ينطوي عليها إنتاج زيت الزيتون واستخدام مشتقاته. ويمكن إنتاج المشتقات المحتملة للطاقة من مخلفات الزيتون المعصور(ثفل الزيتون) عن طريق مجموعة متنوعة من طرائق عصر الزيتون، وهي الطريقة التقليدية، والطريقة الثلاثية المراحل، والطريقة الثنائية المراحل. وأما الاستخدامات الرئيسية لثفل الزيتون لأغراض غير متصلة بالطاقة، فهي صناعة طوب البناء، والعلف الحيواني، وصنع الصابون، وإنتاج السماد، ونشره مجدداً في الأراضي الزراعية. ويوجد عدد متنوع من التطبيقات المولّدة للطاقة، منها رصّ ثفل الزيتون في ألواح وأقراص، أو تحويله إلى فحم نباتي، أو حرقه مباشرة. وقد اعتُمدت تكنولوجيات متقدمة أخرى لمعالجة مخلّفات الزيتون، مثل التحلل اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي، أو الانحلال الحراري لإنتاج الغاز التركيبي ومن ثمّ توليد الحرارة أو الطاقة الكهربائية.

ويهدف هذا الفصل إلى تحليل الجوانب المالية والبيئية المتصلة بتوليد الطاقة في شكل حرارة أو كهرباء من ثفل الزيتون، وذلك لتمهيد الطريق أمام المؤسسات الصغيرة والمتوسطة للاستثمار في هذه التكنولوجيات. ويعرض هذا الفصل دراسات حالة من الأردن والجمهورية العربية السورية وفلسطين ولبنان، نظراً إلى أهمية قطاع زيت الزيتون في هذه البلدان مقارنة بسائر بلدان الإسكوا. ويمكن للاستنتاجات والتحليلات الواردة في هذه الدراسة أيضاً أن توجّه الجهود الإضافية المبذولة لتقييم إمكانية تطوير الوقود الحيوي في البلدان العربية الأخرى. ولا تتناول هذه الدراسة اعتماد النهج السليمة بيئياً لتصريف المياه العادمة المعروفة أيضا بمياه الخضار والناتجة من صناعة زيت الزيتون، وإنما تركز على المشتقات التي يمكن استخدامها لإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي.

الشكل ٦- مخطط بياني حول معالجة الزيتون والاستخدام المحتمل لمشتقاته



باء- حالة صناعة زيت الزيتون

تخصِّص بلدان البحر الأبيض المتوسط جزءاً كبيراً من أراضيها الزراعية لإنتاج الزيتون. ويبين الجدول ٦ المناطق المخصصة لزراعة الزيتون وإنتاجية هذه المناطق في مجموعة من بلدان الإسكوا. ولا ترد فلسطين في الجدول نظراً إلى عدم توفّر معلومات موثوقة وحديثة عن عدد أشجار الزيتون المتبقية فيها.

الجدول ٦- أشجار الزيتون المغروسة، ومناطق زرعها وإنتاجيتها في مجموعة من بلدان الإسكوا

البلد	الأشجار المغروسة (بالملايين)	الهكتارات المزروعة (بالآلاف)	إنتاج الزيتون (بآلاف الأطنان/هكتار)
لبنان	٦	٥٧,٦	١,٥-٣
الأردن	١٠	٥٢٠ ٦٤	..
الجمهورية العربية السورية	٦٠	٥٠٠ ٠٠٠	..

المصادر: European Community Contribution Agreement with an International Organization, "Integrated waste management for the olive oil pressing industries in Lebanon, Syria and Jordan" (2003), which is available at: http://www.undp-jordan.org/Portals/0/OO per cent20PD per cent201.pdf; A. Salibi, "Marketing study for olive, olive oil and apple in Lebanon" (June 2007), which is available at: http://www.agriculture.gov.lb/Studies/Bseline%20study%20for%20Apple%20and%20Olive%20June% 202007-GTFS-REM-070-ITA.pdf; and F.M. Santucci, "Organic agriculture and olive oil production in the southern Mediterranean countries" (OLIBIO Research Project, 2007), which is available at: http://orgprints.org/13528/01/Santucci-OA_in_the_Med.pdf.

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.

وتختلف البيانات المتوفّرة حول لبنان كثيراً. ووفقاً لوزارة الزراعة، كان لبنان يضم نحو ١٤ مليون شجرة زيتون في عام ٢٠٠٥، وكانت كثافة الأشجار تبلغ ٢٠٠-٢٥٠ شجرة/هكتار. ويضم لبنان ٥٤٤ معصرة، علما أن المعصرة النموذجية تتمتع بقدرة ٦٠٠ كيلوغرام في الساعة، وتعمل عادة بقوة ١٥٠ كيلوغراماً في الساعة[٢٧]. وتوجد في لبنان عدة صناعات تكميلية، منها صنع الصابون، وإنتاج الفحم النباتي وتغليفه وتحويله إلى سماد.

ويبيّن الجدول ٧ بعض الأرقام المبلّغ عنها والمتعلقة بتجهيز الزيتون لاستخراج الزيت منه في لبنان وفلسطين. ويلاحظ أنهما يسجّلان الأرقام نفسها تقريباً.

الجدول ٧- الإنتاج الاعتيادي للمشتقات من الطن الواحد من الزيتون

البلد أو الإقليم	الزيتون	الزيت (بالكيلوغرام)	المخلفات الصلبة (بالأطنان)	المياه العادمة (بالمتر المكعّب)	الطاقة (المدخلات)
لبنان	طن واحد	٢٠٠	٠,٦-٠,٤	١,٢-٠,٦	١٧٠-٤٠ كيلوواط
فلسطين	طن واحد	٢٠٠	٠,٤ >	١,٢-٠,٦	١١٧-٤٠ كيلوواط

المصادر: Ministry of Economy and Trade in Lebanon, "Integrated assessment of the Lebanon-EU Association Agreement: A pilot study on the Lebanese olive oil sector" (February 2006), which is available at: www.economy.gov.lb/NR/ rdonlyres/6BD2EE6D-81D5-49E6-894A-1E1A931BCAAC/0/ExecutivesummaryUNEP28February.pdf؛ حافظ شاهين، "إدارة مخلفات معاصر الزيتون في فلسطين"، متاح على الموقع الإلكتروني: http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/ARADO/UNPAN020869.pdf.

ويلخص الجدول ٨ إنتاج الزيتون والزيت والمشتقات الأخرى وطرق التخلص منها. وتختلف إنتاجية الزيتون بين عام وآخر، مما يتسبب بالتباين في إنتاجية المنتجات المشتقة منه. وفي حين تُستخدم نسبة ٨٢ في المائة من ثفل الزيتون في الأردن لأغراض التدفئة[٢٨]، يبدو واضحاً من الخلاف حول طرق التخلص منه أنّ بلدان الإسكوا تفتقر إلى الطرق السليمة اللازمة للتخلص من المنتجات الثانوية، سواء أكانت سائلة أم صلبة، وأنه من الضروري تصحيح هذا الوضع. والجدير بالذكر أن الجمهورية العربية السورية تنتج ٧ في المائة من الإنتاج العالمي من زيت الزيتون[٢٩]. ومن المنطقي القول إن كمية الثفل الناتجة من عصر الزيتون تفوق كمية زيت الزيتون بـ ٢-٣ مرات تقريباً. وينبع هذا التقدير من حقيقة أن الطرق المختلفة المعتمدة لعصر الزيتون تنتج كميات مختلفة من الثفل. وهكذا تنتج فلسطين نحو ٦٠ إلى ٩٠ ألف طن من الثفل سنوياً (بمعدل ٧٥ ألف طن)، بينما تنتج الجمهورية العربية السورية ١٤٠ إلى ٢٣٠ ألف طن (بمعدل وسطي قدره ٢٠٠ ألف طن).

(٢٧) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، نقل التكنولوجيا إلى الشركات الصغيرة والمتوسطة وتحديد فرص الاستثمار المحلي والاستثمار الأجنبي المباشر في قطاعات مختارة: حالة تجمعات الشركات الصغيرة والمتوسطة في صناعتي الأغذية الزراعية والملابس، (E/ESCWA/SDPD/2005/6)، ٢٠٠٥، ص ٢٢-٣٠.

(٢٨) M.I. al-Widyan, G. Tashtoush and A.M. Hamasha, "Combustion and emissions of pulverized olive cake in tube furnace", *Science Direct* (2006), which is available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890405001998.

(٢٩) TDC-Olive, "By-product reusing from olive and olive oil production", which is available at: http://www.biomatnet.org/publications/1859bp.pdf.

الجدول ٨- الإنتاج السنوي لمختلف مشتقات الزيتون

المنتج	الأردن	لبنان	فلسطين	الجمهورية العربية السورية
الزيتون (بآلاف الأطنان)	٥٢- ٢٥٣	٧٠- ١٨٩	١٢٠-١٢٤	٧٨٥
زيت الزيتون (بآلاف الأطنان)	١٣	١١,٥- ٢٥,٥	٢٠-٣٥	٧٠- ١١٦
المخلفات الصلبة الناتجة عن عصر الزيتون (جفت الزيتون، بآلاف الأطنان في السنة)	١٠٠	٦٦	٧٥	٢٠٠
الطريقة المعتمدة حالياً للتخلص من جفت الزيتون	- تحويله إلى فحم نباتي - التخلص منه في المناطق المحيطة	التدفئة	- يجري تجفيفه وإشعاله لتدفئة المصانع والمنازل	..
السعر الحالي للنفايات الصلبة (دولار/طن)	..	١٠٠	..	..
كمية المياه العادمة الناتجة عن العملية (بآلاف الأمتار المكعبة في السنة)	١٨٠-٥٠٠	١١٩,٤	٢٠٠>	..
الطريقة المعتمدة حاليا لتصريف المياه العادمة	- في البرك الاصطناعية - في الأنهار - في المجارير - في المجاري	- في المجارير - في الأنهار - للري - في البحر - في الوادي - التخلص منها في الهواء الطلق - في البالوعة	- في الوديان - في مجاري المياه	..

المصادر: European Community Contribution Agreement with an International Organization, "Integrated waste management for the olive oil pressing industries in Lebanon, Syria and Jordan" (2003); A. Salibi, "Marketing study for olive, olive oil and apple in Lebanon" (June 2007 Ministry of Economy and Trade in Lebanon, "Integrated assessment of the Lebanon-EU Association Agreement: A pilot study on the Lebanese olive oil sector" (February 2006); S. al-Shdiefat, M.S. el-Habbab and A. al-Sha'er, "Introducing organic farming system in olive production and linking small farmers to markets"; A.M. Aqeel and K.M. Hameed, "Implementation of olive mill by products in agriculture", *World Journal of Agricultural Sciences*, vol. 3, No. 3 (2007); M. Ghazal and H. Namrouqa, "Jordan: Pilot plant to treat olive vegetable water", *Jordan Times* (1 July 2007); The Olive Oil Source, "Disposal of olive processing by-products"; H. Shaheen and R. Abdel Karim, "Management of olive-mills wastewater in Palestine" (2007); F. Aqra et al., "Reducing the environmental impact of olive mill wastewater", *American Journal of Environmental Science*, vol. 5, No. 1 (2009); and W. al-Tawil, "Syrian Arab Republic" (CIHEAM-Option Méditerranéennes, 2001). حافظ شاهين، إدارة مخلفات معاصر الزيتون في فلسطين؛

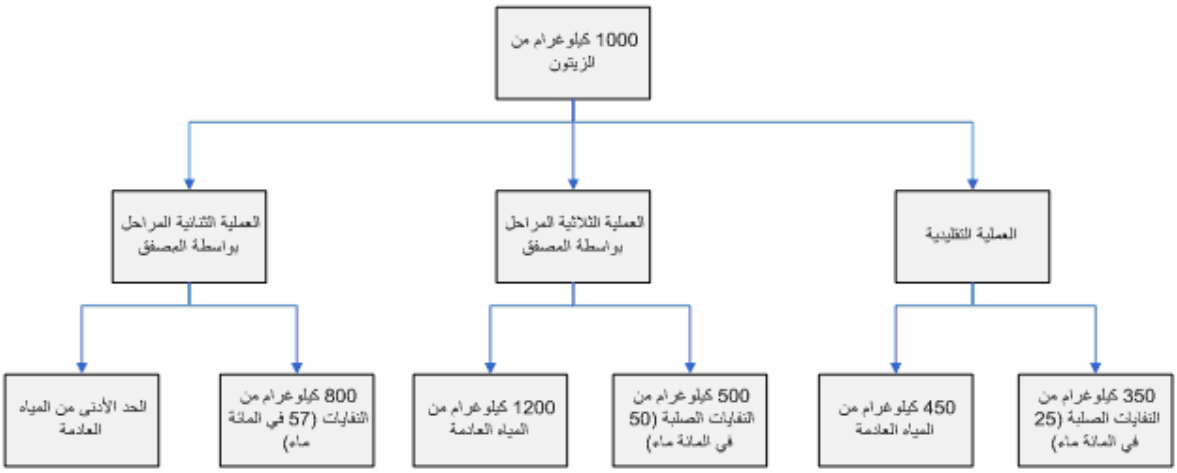
ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.

وأشارت إدارة الموارد والحلول البيئية إلى أن ٣٠ في المائة من الزيتون المنتَج في لبنان يَستخدم للأكل في المنازل، بينما تُعصر نسبة ٧٠ في المائة منه لإنتاج الزيت، وذلك بإنتاجية تتراوح بين ١٨ و٢٥ في المائة، (بمعدل ٢٠ في المائة)[٣٠]. وتذكر تقارير أخرى أن كمية الزيتون التي يجري بيعها لا تتجاوز ١٠ في المائة، بينما تُعصر الكمية المتبقية لاستخراج زيت الزيتون.

(٣٠) See Management of Resources and Environment Solutions (MORES), which is available at: http://www.mores.com.lb/.

وعلى النحو المبيّن في الشكل ٧، تُعتمد ثلاث طرق لاستخراج الزيت من الزيتون. ويشيع استخدام الطريقة التقليدية في البلدان موضوع الدراسة. وتقع المعاصر الموجودة في لبنان في ثلاث فئات، تقليدية (٨٧ في المائة)، وثلاثية المراحل (١٠ في المائة)، وثنائية المراحل (٣ في المائة)[٣١]. وتشكل العملية الثلاثية المراحل تكنولوجيا وسيطة تسمح بمعالجة الزيتون بصورة مستمرة، مما يحسّن كفاءة العملية بأسرها، وإن كانت تتطلب كميات كبيرة من المياه. وأما العملية الثنائية المراحل والتي تستخدم المصفق، فهي الطريقة الأكثر عصرية والأكثر استعمالاً في أسبانيا، لكنها ليست شائعة في بلدان الإسكوا. وتزيد هذه التكنولوجيا من كفاءة استخدام المياه العذبة، وتقلل من إنتاج المياه العادمة. وفي المقابل، يصعب في إطار هذه التكنولوجيا التصرّف بالثفل الناتج عن العملية، نظراً إلى ارتفاع معدل رطوبته والوقت الطويل اللازم لتجفيفه.

الشكل ٧- إنتاج النفايات بواسطة مختلف تكنولوجيات إنتاج زيت الزيتون



المصدر: TDC-Olive, "By-product reusing from olive and olive oil production", which is available at: http://www.biomatnet.org/publications/1859bp.pdf.

ويختلف تكوين الزيتون وفقا لعدة عوامل، منها أصناف الزيتون، والأرض المغروس فيها، وهطول الأمطار، ووقت الحصاد. وبالرغم من ذلك، يتكون الزيتون عموما من ٤٨-٥١ في المائة من الماء، و١٩-٢٣ في المائة من الزيت، في حين تتكون النسبة المتبقية منه من مواد صلبة[٣٢]. وتشمل النفايات الصلبة (الثفل) عموما الزيت بنسبة ٣-٤,٥ في المائة، في حين تتكون ١,٣ في المائة من المياه العادمة من زيت الزيتون. وتجري عادة إعادة معالجة الثفل لاستخراج بقايا الزيت منه.

ويعرض الجدول ٩ تحليلاً أكثر تفصيلاً للمنتجات الناتجة من العمليتين الثنائية والثلاثية، بما فيها تركيبة ثفل الزيتون ومياه الخضار[٣٣].

---

(٣١) Ibid.

(٣٢) TDC-Olive, "By-product reusing from olive and olive oil production", which is available at: http://www.biomatnet.org/publications/1859bp.pdf.

(٣٣) K. Tsiftes and P.A. Fokaides, "Utilization of olive husk in energy sector in Cyprus", *Renewable Energy Sources & Energy Efficiency* (2007), which is available at: www.tekes.fi/eu/fin/partnerinhaku/energia_tiedostot/Fokaides_cypros.pdf.

الجدول ٩ - تحليل المنتجات الناتجة عن عصر الزيتون

طريقة الاستخراج	العملية الثنائية المراحل	العملية الثلاثية المراحل
كفاءة استخراج الزيت (نسبة مئوية)	٨٦	٨٥
ثفل الزيتون		
الكمية (كيلوغرام/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	٧٢,٥	٥٠,٧
الرطوبة (نسبة مئوية)	٥٧,٥	٥٠,٧
الزيت (نسبة مئوية)	٣,١٦	٣,١٨
الزيت (نسبة المواد الجافة فيه)	٧,٤٤	٦,٦٨
الزيت (كيلوغرام/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	٢,٢٨	١,٦٠
ثفل الزيتون الجاف (كيلوغرام/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	٣٠,٧	٢٣,٩
مياه الخضار		
الكمية (ليتر/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	٨,٣	٩٧,٢
الزيت (غرام/ليتر)	١٣,٤	١٢,٦
الزيت (كيلوغرام/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	٠,١٤	١,٢
المخلفات الجافة (كيلوغرام/١٠٠ كيلوغرام من الزيتون)	١,٢	٨,٣

المصدر: K. Tsiftes and P.A. Fokaides, "Utilization of olive husk in energy sector in Cyprus", *Renewable Energy Sources & Energy Efficiency* (2007), which is available at: www.tekes.fi/eu/fin/partnerinhaku/energia_tiedostot/Fokaides_cypros.pdf.

جيم- ثفل الزيتون كمصدر للطاقة

١ - التكنولوجيات المعتمدة

على النحو المبيّن في الفصل الأول، تُستخدم مجموعة متنوعة من التكنولوجيات لاستخراج الوقود الحيوي من الكتلة الحيوية. ويحلل هذا القسم التكنولوجيات المعتمدة لمعالجة ثفل الزيتون.

(أ) الحرق المباشر

من الاستخدامات الشائعة لثفل الزيتون في مجال الطاقة، استخدامه لتلبية احتياجات المَعاصر أو المنشآت المجاورة إلى التدفئة. ويمكن إنتاج ٦٥٠ ٤ كيلوواط حراري ساعة/طن عن طريق الحرق المباشر لنفايات الزيتون الصلبة. ويمكن استخدام الرماد الناتج من الحرق كمصدر للمعادن في التربة[٣٤]. وتضم المنشآت التي تطبّق الحرق المباشر محطة حكومية لتوليد الحرارة في أرناسكو، إيطاليا، وتبلغ قدرتها ٧٠ كيلوواط تقريباً، وهي تستخدم نوى الزيتون، وتوفر ما يكفي من التدفئة لإحدى الكنائس وللمبنى الملحق بها. وتوجد في قبرص ٧٠ غلاية صغيرة (لا تتجاوز طاقتها القصوى ٩٦ كيلوواط حراري) وعشر غلايات كبيرة (أكثر من ٩٦ كيلوواط حراري)، وتوجد أكبرها في دير ماكايراس، وقدرتها ٨٥٠ كيلوواط حراري[٣٥].

(٣٤) TDC-Olive, op. cit.

(٣٥) M. Niaounakis and C.P. Halvadakis, *Olive processing waste management: Literature review and patent survey*, vol. 5, second edition (2006).

وفيما يتعلق بخصائص مصدر الوقود، ينبغي ألا يتجاوز معدل رطوبة مخلفات الزيتون ٢٠ في المائة. ونظراً إلى أنّ مخلفات الزيتون المعصور في المصانع التقليدية لاستخراج الثفل تكون مكسّرة وجافة، فهي تتحوّل إلى وقود ملائم لغرف الاحتراق والغلايات. ومع ذلك، إذا اعتُمدت العملية الثنائية أو الثلاثية المراحل، فسيحتوي الزيتون الخام المعصور على كميات كبيرة من مياه الخضار، وينبغي تجفيفه قبل حرقه. وتستغرق هذه العملية عادة أربعة إلى خمسة أشهر. وتبلغ كثافة مخلفات الزيتون ٥٥٠ كيلوغرام/متر مكعب، ومعدّل رطوبتها ٥,٥ في المائة، وهي تشبه الفحم العادي من حيث قيمتها الحرارية. وتنتج من حرق قشر الزيتون مباشرة عدة مشتقات، منها[٣٦]:

(أ) رماد القاع، ويتكوّن من المواد غير المحترقة والجزء الذي لا يمكن حرقه من قشر الزيتون. ويحتوي هذا الرماد على كميات كبيرة من المعادن، وكميات قليلة من المواد العضوية غير المحترقة. ويمكن استخدامه كمغذٍ يقوّي التربة ويجدّد المواد المغذية فيها؛

(ب) الرماد المتطاير، ويحتوي على النحاس وأحياناً الكلور، وكلاهما يحفزان تكوين الديبنزوديوكسين المتعدد التكلور والديبنزوفوران المتعدد التكلور، ولو بكميات ضئيلة. ويمكن إضافة اليوريا إلى قشر الزيتون قبل حرقه لخفض سمية الرماد المتطاير. ويعتبر الرماد المتطاير من عنّة الزيتون مادة سامة للبيئة، ويحتاج إلى علاج خاص قبل طمره في الأرض؛

(ج) منتجات للتنظيف.

تتوفر معلومات عن عدد من الحالات التي طُبّق فيها الحرق المباشر لنفايات الزيتون. ففي عام ٢٠٠٥، أحرقت المملكة المتحدة ٢٢٢ ٢٨٣ طناً من نفايات الزيتون. وكانت المملكة المتحدة قد استوردت هذه الكمية من اليونان وإيطاليا وأسبانيا، بغرض حرقها مع الكتلة الحيوية لتوليد الكهرباء، باعتبار أنّ هذه التكنولوجيا تساعد على تحقيق الأهداف المتعلّقة بتغيّر المناخ. غير أنّ نقل بقايا الزيت من البلدان المستوردة أنتج ٢١,٢ كيلوغراماً من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الكتلة الحيوية، مما خفف من بعض فوائد هذه التكنولوجيا.

ولا يؤثر حرق الكتلة الحيوية مثل مخلفات الزيتون على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. غير أن حرق مخلفات الزيتون ينتج كميات أكبر من عناصر الانبعاثات، مثل المواد الجسيمانية (الغبار)، وأول أكسيد الكربون، والهيدروكربونات، وأكاسيد النيتروجين، باستثناء ثاني أكسيد الكبريت. وبالرغم من الإيجابيات العديدة لعملية حرق ثفل الزيتون، ينبغي توخي الحذر للتحكم بما يصدر عن هذه العملية من انبعاثات في الهواء، وكذلك التنبه للأضرار التي يمكن أن يلحقها نقل المخلّفات بالبيئة.

(ب) <u>رصّ ثفل الزيتون في قوالب (ألواح)</u>

رصّ ثفل الزيتون في ألواح هو من الطرق المفيدة لمعالجة هذا النوع من الفضلات. ولهذه الألواح ميزة واضحة على الخشب في معظم الجوانب (درجة التدفئة ونسبة الرماد)، باستثناء إمكانية انبعاث روائح كريهة. ويشكّل الرصّ جزءاً هاماً للغاية في عملية الاستخدام، وقد يصل معدل الرصّ لغاية ٩٠ في

(٣٦) K. Tsiftes and P.A. Fokaides, "Utilization of olive husk in energy sector in Cyprus", *Renewable Energy Sources & Energy Efficiency* (2007), which is available at: www.tekes.fi/eu/fin/partnerinhaku/energia_tiedostot/Fokaides_cypros.pdf.

المائة[٣٧]. ويشكل رصّ مخلفات الزيتون في قوالب أو ألواح في الوقت الراهن أبسط وسيلة لتحسين معالجة ثفل الزيتون عند استخدامه في التطبيقات الصغيرة أو المحلية.

وعلى سبيل المثال، أدّت إحدى عمليات رصّ مخلفات الزيتون في لبنان إلى إنتاج ١,٥ طن/ساعة من الألواح، وزن كل لوح ١,٢ كيلوغرام وطوله ٢٢ سنتيمتراً، وقطره ١٠ سنتيمترات. وأشار مستخدمو هذه الألواح إلى أنهم كانوا عموماً راضين عن استخدامها، وأن مدى احتراقها هي ساعة ونصف تقريباً. وأدت الجدوى الاقتصادية لهذه التكنولوجيا إلى اعتمادها في الكثير من معاصر الزيتون. فجميع المعاصر المنضمة إلى نقابة المعاصر في بلدية حاصبيا في لبنان لديها معدات خاصة لصنع الألواح، وتُستخدم الكمية المنتجة بمعظمها إما في المعاصر وإما توزّع إلى أفراد من الأسرة. وتُباع الألواح لقاء مبلغ يتراوح بين ١٢٥ دولاراً أمريكياً و١٧٥ دولاراً للطن الواحد.

ونظراً إلى ضعف قدرة مخلفات الزيتون على تحمّل الضغط، فهي تتكسر بسهولة، حسب معدّل رطوبتها ورصّها. ومن الطرق الممكنة لتحسين خصائص القوالب إضافة نفايات الورق إليها، فهي تحتوي على مادة ليفية، وتزيد بالتالي من قدرة هذه القوالب على مقاومة التكسّر. وبالإضافة إلى ذلك، تستوفي نفايات الورق خصائص الاحتراق نفسها التي تميّز النفايات الزراعية وتأثيرها طفيف على معدل الاحتراق.

(ج) رصّ النفايات في أقراص

يمكن أن تواجه عملية رصّ ثفل الزيتون في أقراص الكثير من المشاكل، نظراً إلى سهولة تبعثر هذا الثفل، ممّا يستدعي إجراء المزيد من البحوث لاكتشاف أفضل مزيج لإنتاج هذه الأقراص. ولا شك في أن المنتجين الذين يمكنهم إعداد مزيج مماثل يتمتعون بميزة تنافسية على غيرهم.

(د) التحول الحراري/التغويز والتحلل اللاهوائي

يشكّل كلّ من الانحلال الحراري والتحلل اللاهوائي تكنولوجيا تجريبية. ولم يُنفّذ في هذا المجال سوى عدد قليل من المشاريع، ولم تطبّق على نطاق واسع بعد. وفي روسانو كالابرو في إيطاليا، يشكّل المحرّك العامل بالوقود الحيوي بكفاءة ٤ ميغاواط كهربائي والمرفق بنظام للتغويز أول مثال تجاري عن محطات التغويز/توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل على منتجات نفايات الزيتون[٣٨]. ويصدر الفحم الناتج من نفايات الزيتون كميات صغيرة من الكبريت والنيتروجين مقارنة بسائر مصادر النفايات.

(هـ) التخمير

تمكّن العلماء في أسبانيا مؤخراً من إنتاج ٥,٧ كيلوغرامات من الإيثانول الحيوي من ١٠٠ كيلوغرام من نوى الزيتون[٣٩]. ومع ذلك، وبالرغم من أن هذه العملية لا تزال في مرحلة التطوير، فهي تكتسب مزايا كثيرة تميّزها عن سائر طرق إنتاج الطاقة، نظراً إلى أنها تنتج الوقود السائل، وتبدو احتمالات نموّها كبيرة جداً.

---

(٣٧) Weima, "High performance briquetting system for volume reduction" (2009), which is available at: http://www.bestmachinery.hu/pdf/weima-th-400-e.pdf.

(٣٨) R. Bailey, M. Colombo and W.N. Scott, "A 4 MWe biogas engine fueled by the gasification of the production of olive oil wastes (sansa)", which is available at: http://www.brdisolutions.com/pdfs/bcota/abstracts/9/25.pdf.

(٣٩) http://www.srfo.org/index.asp?ln=ar.

٢- السوق المحتملة

عند تحليل استخدام ثفل الزيتون كوقود حيوي، ينبغي تقييم الطاقة التي ينطوي عليها والتي يعبّر عنها بمتوسط القيمة الحرارية لكل نوع من أنواع النفايات الصلبة المنتَجة. وفي أسبانيا حيث تُستخدم فيها العملية الثنائية المراحل عادة، يبلغ متوسط القيمة الحرارية لثفل الزيت البكر (معدّل الرطوبة ٥٥-٧٠ في المائة) ٨٠٠ ١ كيلو كالوري/كيلوغرام، بينما تبلغ القيمة الحرارية للثفل الجاف ٨٠٠ ٣ كيلو كالوري/كيلوغرام. وأما القيمة الحرارية للنوى أو الحصى المنفصلة، فهي ١٠٠ ٤ كيلو كالوري/كيلوغرام.

الجدول ١٠- الإنتاج والقيمة الحرارية والطاقة الكهربائية من إيطاليا وأسبانيا

	الإنتاج (طن/سنة)	القيمة الحرارية (كيلوكالوري/كيلوغرام)	محتوى الطاقة (إيطاليا) (كيلوواط حراري ساعة/كيلوغرام)	الطاقة (ميغاواط حراري ساعة/سنة)
ثفل الزيتون البكر	٢٢١ ٠٥٨ ٢	٨٠٠ ١	..	٠٦٤ ١٣٨ ٣
ثفل الزيتون الجاف (نسبة الرطوبة أقل من ١٠ في المائة)	٣٧٨ ٧٧٠ ١	٨٠٠ ٣	٤,٦٥	٩٠٦ ٣٠٧ ٤
النوى/الحصى	٠٠٠ ٠٥٠ ١	١٠٠ ٤	٥,٤	٨١٤ ٠٠٥ ٥

المصدر: Regional Energy Agency for Central Macedonia, "Market of olive residues for energy" (2008), which is available at: http://www.moreintelligentenergy.eu/public/file/publications/More_WP3_D%203.pdf.

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.

يبيّن الجدول ١١ تقديرات التكاليف الإجمالية لتسويق ثفل الزيتون وتوزيعه. وتعطي هذه التقديرات فكرة عن حصة المشاريع الصغيرة والمتوسطة المنتِجة والمزوّدة لمخلفات الزيتون من السوق سنوياً. وبناء على أنّ سعر ثفل الزيتون في لبنان يبلغ ١٠٠ دولار/طن، تقدّر القيمة التجارية لثفل الزيتون في هذا البلد بحوالى ٣٦ مليون دولار سنوياً.

ومن أجل تبسيط العملية الحسابية، تُحسب القيمة التقريبية لإنتاج الزيتون سنوياً استناداً إلى الافتراضات التالية:

(أ) يعصر ما مجموعه ٨٠ في المائة من الزيتون لاستخراج الزيت منه؛
(ب) يشكل ثفل الزيتون ٤٠ في المائة من كمية مخلفات الزيتون المعصور؛
(ج) يبلغ سعر التسويق والتوزيع في جميع أنحاء المنطقة ١٠٠ دولار/طن؛
(د) تصل الوفورات في كلفة الطاقة إلى ٠,٠٥ كيلوواط.

واستناداً إلى متوسط مؤشر الوفورات في كلفة الطاقة، وقيمته ٠,٠٥ كيلوواط/ساعة، يقدّر الجدول ١١ الوفورات في تكاليف الطاقة للمنطقة بأسرها بنحو ٨٤ مليون دولار سنوياً، حيث تستخدم مخلفات الزيتون بدلاً من أصناف الوقود التقليدية (مثل وقود الديزل أو ألواح الخشب). ويمكن استخدام هذا المبلغ لتمويل العديد من المؤسسات الصغيرة والمتوسطة المهتمة في تصنيع معدات الاحتراق التي تغذيها مخلفات الزيتون وفي المتاجرة بهذه المعدات وتركيبها وصيانتها.

الجدول ١١- تقدير حجم سوق ثفل الزيتون

البلد أو الإقليم	إنتاج الزيتون (بالأطنان)	مخلفات الزيتون المعصور (بالأطنان)	إنتاج ثفل الزيتون (بالأطنان)	القيمة التجارية لمبيعات ثفل الزيتون (بالدولار)	الوفورات السنوية في كلفة الطاقة في البلد (دولار/سنة)	القيمة الإجمالية لحصة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة من السوق (دولار/سنة)
لبنان	١١٠ ٠٠٠	٨٨ ٠٠٠	٣٥ ٢٠٠	٣ ٥٢٠ ٠٠٠	٨ ١٨٤ ٠٠٠	١١ ٧٠٤ ٠٠٠
الأردن	١٢٠ ٠٠٠	٩٦ ٠٠٠	٣٨ ٤٠٠	٣ ٨٤٠ ٠٠٠	٨ ٩٢٨ ٠٠٠	١٢ ٧٦٨ ٠٠٠
الجمهورية العربية السورية	٧٨٥ ٠٠٠	٦٢٨ ٠٠٠	٢٥١ ٢٠٠	٢٥ ١٢٠ ٠٠٠	٥٨ ٤٠٤ ٠٠٠	٨٣ ٥٢٤ ٠٠٠
فلسطين	١٢٠ ٠٠٠	٩٦ ٠٠٠	٣٨ ٤٠٠	٣ ٨٤٠ ٠٠٠	٨ ٩٢٨ ٠٠٠	١٢ ٧٦٨ ٠٠٠
المنطقة	١ ١٣٥ ٠٠٠	٩٠٨ ٠٠٠	٣٦٣ ٢٠٠	٣٦ ٣٢٠ ٠٠٠	٨٤ ٤٤٤ ٠٠٠	١٢٠ ٧٦٤ ٠٠٠

المصدر: الإسكوا.

٣- تكاليف الاستثمار

(أ) تكاليف إنتاج ثفل الزيتون

يتضمن الجدول ١٢ تقديرات كلفة إنتاج ثفل الزيتون في لبنان لعام ٢٠٠٨، بدءاً بمعصرة الزيتون ووصولاً إلى المستهلك. والجدير بالذكر أنّ إمكانية تحقيق وفورات كبيرة في كلفة الطاقة بواسطة مخلفات الزيتون (مقارنة بوقود الديزل التقليدي) ربما تؤدي إلى ارتفاع الكلفة التجارية لمخلفات الزيتون. ولا يتناول الجدول هذا النوع من الارتفاع في التكاليف. والجدير بالذكر أيضاً أن ثفل الزيتون الناتج من العملية الثنائية والثلاثية المراحل يُباع بسعر أقل من سعر الثفل الناتج من طريقة العصر التقليدية، بنسبة ٣٠ إلى ٤٠ في المائة، وذلك لارتفاع معدل رطوبته. ويمكن بيع الثفل الجاف في لبنان، بعد تجفيفه، بسعر ١٠٠ دولار تقريباً للطن الواحد.

الجدول ١٢- كلفة إنتاج مخلفات الزيتون

المراحل	تسليم الكميات السائبة في أكياس كبيرة أو رزم		كلفة تسليم القوالب (الألواح) (دولار/طن)
	عصر الزيتون بالطرق التقليدية (دولار/طن)	مصفق ثنائي وثلاثي المراحل (دولار/طن)	
كلفة التخلص من النفايات في معاصر الزيتون	١٠	١٠	١٠
كلفة إنتاج القوالب (اليد العاملة، والكهرباء، والآلات)	..	..	٥٠
نقلها لتخزينها ضمن مسافة ٢٠٠ كيلومتر	٢٠	٢٠	٢٠
كلفة تدريب اليد العاملة	٢٠	٢٠	٤٠
هامش ربح التاجر (التجار)	٥٠	٢٠	٥٠
الكلفة الإجمالية على الزبائن	١٠٠	٧٠	١٧٠

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.

(ب) مقارنة كلفة الطاقة المولّدة من ثفل الزيتون بكلفة سائر المصادر التقليدية للطاقة

تسمح الحلول الممكن اعتمادها لتوليد الطاقة والمذكورة آنفاً بتحقيق وفورات في كلفة الطاقة عند استخدام مخلفات الزيتون بدلاً من المصادر التقليدية الأخرى للطاقة. ويعرض الجدول ١٣ بعض الأرقام المفيدة واللازمة لحساب كلفة الطاقة على أساس التعاريف التالية:

(١) القيمة الحرارية المتدنية والمعبّر عنها بالكيلوواط ساعة/كيلوغرام هي الطاقة التي يولّدها الوقود خلال عملية الاحتراق. وتُقاس هذه القيم في المختبر، وتُعتبر قيماً علمية عامة؛

(٢) الكلفة التجارية هي الكلفة الفعلية للوقود كما يباع للمستهلكين حسب إحدى الوحدات القياسية (طن، كيلوغرام، ليتر). وتُحدّد هذه الكلفة وفقاً للأسعار المعمول بها في لبنان في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٨؛

(٣) الكلفة الأولية للطاقة هي كلفة الطاقة التي يولّدها الوقود خلال احتراقه؛

(٤) كفاءة المعدات هي نسبة الطاقة الفعلية والمفيدة من الطاقة الأولية المولّدة من الوقود، والتي جرى نقلها إلى الماء أو البخار أو الهواء ليتم استخدامها؛

(٥) كلفة الطاقة المفيدة هي كلفة الطاقة التي تم نقلها إلى الماء والبخار أو الهواء والتي يتم استخدامها بالفعل.

ولا يقارن هذا الفصل سوى تكاليف الطاقة، بما أن كفاءة معدات الاحتراق وكلفة المعدات وفترة الاسترداد هي خارج نطاق هذا التحليل. ويجري الفصل بدلاً من ذلك مقارنة بين تكاليف الطاقة الناتجة من استخدام المعدات نفسها التي تقدم الخدمة نفسها والمستوى نفسه من الراحة والتي تتمتع بنفس مستوى كفاءة التحويل تقريباً. وتشير الاستنتاجات إلى أن قيم وفورات الطاقة تتفاوت بين ٠,٠٣٢ كيلوواط ساعة و٠,١٤٥ كيلوواط ساعة، كما هو مبيّن في الجدول ١٣.

الجدول ١٣ - الوفورات في كلفة الطاقة

	القيمة الحرارية المتدنية (كيلوواط ساعة/كيلوغرام)	كلفة السوق (دولار/ألف ليتر أو طن)	الكلفة الأولية للطاقة (دولار/كيلوواط ساعة)	كلفة الطاقة المفيدة (دولار/كيلوواط ساعة)				
				غرفة الاحتراق في الغلاية المستخدمة لتسخين المياه أو توليد البخار	المدفأة التقليدية	المواقد العاملة بالحمل الحراري	توليد الكهرباء عن طريق محرك ترددي أو توربينة بخارية	محطة للتوليد المختلط للحرارة والكهرباء من الفحم
كفاءة جهاز الحرق				٠,٩	٠,٢	٠,٨	٠,٣	٠,٦٦
نوع الوقود								
زيت الديزل	١١,٠٠	٥٥٠	٠,٠٥٩	٠,٠٦٥			٠,١٩٦	
ثفل الزيتون	٤,٦٥	١٠٠	٠,٠٢٢	٠,٠٢٤			٠,٠٧٢	٠,٠٣٣
الألواح المصنوعة من الثفل	٤,٦٥	١٧٠	٠,٠٣٧		٠,١٨٣	٠,٠٤٦		
الألواح الخشبية	٢,٦٧	١٧٥	٠,٠٦٦		٠,٣٢٨	٠,٠٨٢		
الفحم (متوسط عام ٢٠٠٨)	٤,٦٥	٢٠٠	٠,٠٤٣					٠,٠٦٥
الوفورات في كلفة الطاقة (دولار/كيلوواط ساعة)				٠,٠٤١	٠,١٤٥	٠,٠٣٦	٠,١٢٤	٠,٠٣٢

المصدر: الإسكوا.

من الصعب تحديد التكنولوجيا القادرة على اختراق الأسواق أكثر من غيرها. ويتوقف تقييم هذه التكنولوجيات على عدة معايير، منها السياسات العامة، وكلفة الاستثمار، وتوفّر المواد الخام، والكفاءة التكنولوجية، ورغبة المستهلكين، والأثر البيئي.

ومن أجل تقييم الوفورات التي يحتمل تحقيقها في كلفة الطاقة في كل بلد، تمّ استخدام مؤشر معتدل لوفورات الطاقة وقدره ٠,٠٥ دولار/كيلوواط ساعة. وجرى اختيار هذا المؤشر باعتبار أنّ أكثر التكنولوجيات قابلية للاستخدام هي الغلايات التي تحقق وفورات في كلفة الطاقة بمعدل ٠,٠٤١ دولار/كيلوواط ساعة، والمواقد الخشبية/المدافئ التقليدية التي تحقق وفورات في كلفة الطاقة بمعدل ٠,١٤٥ دولار/كيلوواط ساعة.

(ج) الفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في مجال إنتاج الفحم النباتي من ثفل الزيتون

الفحم النباتي هو منتج عالي الجودة، والطلب عليه كبير جداً، ويمكن صنعه بشيء من السهولة. ويمكن استخدام أفران التقطير الحديثة التي تنتج الفحم النباتي بطريقة أسرع وأنظف وبكفاءة أعلى للتخفيف من الإجهاد الذي تتعرض له المساحات الحرجية المتناقصة. ويمكن كذلك استخدام هذه الأفران لخفض مستويات تلوث الهواء الناجمة عن الطرق التقليدية المعتمدة في صنع الفحم النباتي. وقد تكون أفران التقطير هذه صغيرة بحيث تتحمّل الثفل الناتج من معصرة زيتون واحدة فقط، أو يمكن تشغيلها مع مجموعة من المعاصر في منطقة معينة.

الشكل ٨- من أفران التقطير المستخدمة لإنتاج الفحم النباتي

المصدر: Four Seasons Fuel Ltd, which is available at: http://www.fourseasonsfuel.co.uk/charcoal-retorts.asp.

أفران التقطير هي تقنية متاحة تجارياً ويمكن شراؤها باستثمار أولي قدره ٠٠٠ ٣٥ دولار[٤٠]. ويمكن لهذا الفرن إنتاج نحو ٢٥٠ كيلوغراماً من الفحم النباتي في اليوم الواحد. ويعمل الفرن ٨-١٠ ساعات يومياً، ثمّ يترك بعد ذلك ليبرد طوال الليل. ويمكن لهذا النظام معالجة حوالى ١٢ ألف طن من مشتقات الثفل الناتجة من عملية العصر الثلاثية المراحل في الشهر الواحد. ويعتبر الوقود المستهلَك في عملية صنع الفحم جزءاً من الثفل الناتج من العملية، ولذلك، لا حاجة لشراء الوقود من الخارج وتكبّد تكاليفه. ويمكن إجراء تحليل مالي سريع للعملية، باعتبار أنّ كلفة صيانة هذا النظام تبلغ ٥ في المائة، وأن مدة صلاحيته هي ١٠ سنوات، وأنه يعمل ستة أشهر في السنة (انظر الجدول ١٤).

الجدول ١٤- التكاليف التشغيلية السنوية لإنتاج الفحم النباتي

العملية	الكلفة
الاستثمار الأولي (سنويا، على مدى عشر سنوات)	٥٠٠ ٣ دولار
تكاليف الصيانة	٧٥٠ ١ دولاراً
كلفة ثفل الزيتون (٧٢ طنّا)	٢٠٠ ٧ دولار
اليد العاملة (٣٥٠ دولارا x ٦)	١٠٠ ٢ دولار
المجموع	٥٥٠ ١٤ دولاراً
حصيلة الفحم النباتي	٠٠٠ ٦ كيلوغرام
كلفة الفحم النباتي (بالكيلوغرام)	٢,٤٣ دولار

ويبيّن الجدول ١٤ كلفة إنتاج الفحم النباتي، استناداً إلى الافتراضات المذكورة آنفاً. ويمكن تحسين هامش الربح عن طريق عدة عوامل، منها:

(أ) يمكن أن يؤدي تصنيع فرن التقطير محلياً، وهو احتمال وارد في العديد من البلدان المعنية، إلى خفض الكلفة الأولية للاستثمارات؛

(ب) يمكن أن يؤدي تشغيل النظام لفترات تزيد عن ستة أشهر إلى تحسين معدل استخدامه وزيادة عائداته؛

(ج) يمكن ضمان مدى صلاحية أطول للنظام عن طريق تأمين الصيانة اللازمة له؛

(د) يمكن أن تؤدي ملكية التعاونيات للفرن بصورة جماعية إلى خفض كلفة إنتاج الثفل؛

(•) يمكن أن يؤدي استخدام الثفل الناتج من المعاصر التقليدية إلى زيادة غلة الفحم النباتي. غير أنّ استخدام الثفل الناتج من عملية العصر الثنائية المراحل قد يخفّض الإنتاجية والربحية؛

(و) يمكن أن يؤدي تنظيم الصناعة التقليدية للفحم النباتي وضبطها محلياً إلى رفع أسعاره وتحسين قدرته على المنافسة.

(٤٠) Four Seasons Fuel Ltd, which is available at: http://www.fourseasonsfuel.co.uk/charcoal-retorts.asp.

وتشير التطورات الأخيرة في صناعة أفران التقطير المنخفضة الكلفة إلى أنه يمكن بناؤها من مواد متوفرة محلياً، وباستخدام اليد العاملة المحلية بكلفة ٧٥٠ دولاراً[٤١]. ويمكن للفرن المعروف بـ "فرن آدم" أن ينتج ٣٥٠ كيلوغراماً من الفحم النباتي من ١ ٢٠٠ إلى ١ ٨٠٠ كيلوغرام من الثفل على مدى ٢٤ ساعة. وتتمثّل إحدى السلبيات الرئيسية لإنتاج الفحم النباتي من الثفل في أنّ المنتج النهائي لا يكتسب الملمس الذي يرغب فيه المستهلك، بل قد يأتي في شكل مسحوق، مما يحول دون إمكانية بيعه في السوق. ولذلك، يستحسن رص الفحم النباتي في قوالب، حتى ولو كان ذلك سيزيد كلفة الإنتاج[٤٢]. ويمكن اعتماد نهج مختلف تماماً لتصنيع مسحوق الفحم المنشَّط، الذي يختلف سوقه عن سوق الطاقة.

وفي سياق صنع الفحم النباتي، ونظراً إلى أن مستوى المياه في الثفل يؤثر بشكل مباشر على كمية الطاقة اللازمة لصنع هذا الفحم، قد يكون من المجدي النظر في خيارات التجفيف بالطاقة الشمسية في المنطقة، باعتبارها بديلاً يسمح بتحقيق وفورات في الطاقة. ويمكن لوفرة الطاقة الشمسية أن تؤدي إلى تبخر المياه بسرعة، مما يقلل من الوقت والطاقة اللازمين لإنتاج الفحم النباتي.

(د) سوق الكهرباء

فيما يتصل بإمكانية توليد الكهرباء من الكتلة الحيوية، تدلّ الأرقام على أنّ نسبة ٣ في المائة فقط من الكهرباء في أسبانيا تُولّد من الكتلة الحيوية (وليس الثفل فحسب)، بالرغم من أن هذا النوع من الكهرباء له أولوية في الدعم على غيره. ولا تتجاوز مساهمة الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء في معظم البلدان الصناعية نسبة واحد في المائة.

وتوجد في لبنان سوق خاصة لبيع الكهرباء، في ضوء الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي. وتنتشر في هذا البلد الاشتراكات في محطات مستقلة محلية تولّد الكهرباء بواسطة مولّدات الكهرباء العاملة بالديزل، لقاء رسوم تتقلّب حسب ارتفاع أسعار وقود الديزل وهبوطها. ويؤمّن الاشتراك عادة الحصول على تيار كهربائي بقوة ٥ أمبير خلال فترات انقطاع التيار الكهربائي التي قد تصل إلى ١٠ ساعات يومياً. وتؤمن هذه المولدات لغاية ٣٣٠ كيلوواط ساعة شهرياً للأسرة الواحدة. وتتراوح الرسوم بين ٥٧ و٨٠ دولاراً في الشهر، حسب المنطقة، وحسب عدد الساعات، وحسب ارتفاع أسعار الوقود. وحسب هذه الأسعار، يدفع المستهلكون بين ٠,١٧ و٠,٢٤ دولار/كيلوواط ساعة. ويشير ذلك إلى إمكانية إنشاء سوق لتوليد الكهرباء من الكتلة الحيوية في لبنان. غير أنّ ذلك قد يستلزم توفر كميات كبيرة من ثفل الزيتون بالقرب من مصدر الطلب المحتمل على الكهرباء. وبالتالي، فإن احتمالات تطوير هذا المصدر من الوقود تكون أقوى في المناطق الريفية.

والدعم الذي تحظى به أسعار الكهرباء في الأردن والجمهورية العربية السورية وفلسطين ولبنان في الوقت الراهن، يشكل حاجزاً كبيراً أمام الاستثمار في محطات توليد الطاقة الكهربائية من الكتلة الحيوية. وفي حين تبلغ تكاليف الكهرباء أعلى مستوى لها في أسبانيا وإيطاليا واليونان عموماً، وهي من أهم البلدان المنتجة للزيتون، يمكن لهذه البلدان أن تدفع مبالغ ضخمة لتوليد الكهرباء من الكتلة الحيوية لجعلها بديلاً قابلاً

(٤١) "Low cost retort kiln called 'adam-retort' or ICPS (Improved Charcoal Production System" (2009), which is available at: http://www.biocoal.org/3.html.

(٤٢) "How products are made: Charcoal briquettes" (2009), which is available at: http://www.madehow.com/Volume-4/Charcoal-Briquette.html.

للاستمرار. غير أنَ بلدان الإسكوا، شأنها شأن معظم البلدان النامية، لا تملك الموارد المالية اللازمة لدعم الاستثمارات في الوقود الحيوي.

(•) كلفة محطات التغويز

تبلغ كلفة إنشاء محطة واحدة لتغويز الكتلة الحيوية مليون يورو/ميغاواط، باعتبار أن معدل رطوبة الكتلة الحيوية هو ٤٥ في المائة. وتتراوح كلفة إنشاء المحطة التي تولّد ١٠-٢٢ ميغاواط من الكهرباء عن طريق التغويز بين ٥٨ و٧٥ يورو/ميغاواط ساعة. وخلصت دراسات أُجريت في ليغوريا في إيطاليا إلى أن إنشاء محطة للتغويز ليس مشروعاً اقتصادياً (لا تتوفر كمية كافية من الكتلة الحيوية)، بالرغم من أن المنطقة تنتج ٥٠٠ ٥ طن من زيت الزيتون سنوياً. وتستبعد هذه النتائج اعتماد تغويز الكتلة الحيوية في المنطقة، استناداً إلى ارتفاع كلفة الكهرباء والحاجة إلى كميات كبيرة من الكتلة الحيوية.

دال- التوصيات

في البلدان موضوع الدراسة، وبناءً على الديناميات التي تشهدها سوق الطاقة في الوقت الراهن، يتّضح أن استخدام الكتلة الحيوية عموماً والثفل خصوصاً لتوليد الكهرباء ليس خياراً بديلاً اقتصادياً للمشاريع الصغيرة والمتوسطة. ويعود هذا الأمر أساساً إلى دعم سوق الكهرباء في المنطقة، وعدم خصخصة قطاع الكهرباء، وغياب قانون يلزم شراء الطاقة المتجددة من المنتجين المستقلين المحتملين للطاقة (Feed-in law). ومع أن الأسعار المرتفعة المعروضة على منتجي الطاقة المتجددة أدّت إلى تحفيز المؤسسات الصغيرة والمتوسطة وحتى الكبيرة على الاستثمار في هذا القطاع في أوروبا، لا يزال تطبيق هذه الحوافز في البلدان التي تعاني من نقص في السيولة يبدو بعيد المنال.

ولذلك، ينبغي التركيز على استخدام الكتلة الحيوية لتلبية حاجات التدفئة وهو الخيار الأبسط من الناحية التكنولوجية. وتُستخدم الطاقة الكامنة لغرض التدفئة بصورة أكثر كفاءة. وفي حال عدم التمكن من تلبية حاجات التدفئة في بلد معيّن من مصادر الطاقة الرخيصة والمحلية والمتجددة المتوفرة فيه، ينبغي استخدام ثفل الزيتون وغيره من موارد الكتلة الحيوية لتلبية هذه الحاجات.

وتتوفر للمشاريع الصغيرة والمتوسطة فرص لإنتاج الثفل وكذلك استهلاكه. ويتيح إنتاج مشتقات الثفل الرفيع الجودة، مثل القوالب والأقراص وحتى الثفل السائب المجهّز والمجفف فرصة لزيادة إيرادات معاصر الزيتون أو خفض نفقاتها التشغيلية. ويُرجّح أن يكون إنتاج القوالب والثفل الجاف السائب حكراً على المعاصر، نظراً إلى عوائده المؤكدة والتكنولوجيا البسيطة اللازمة له. ومن ناحية أخرى، يمكن أن تنشأ سوق متخصصة لصانعي أقراص الثفل، نظراً إلى أن هذه التكنولوجيا تتطلب استثمارات كبيرة في المواد المستخدمة وفي اليد العاملة. وقد تكون صناعة الفحم النباتي خياراً جديراً بالاهتمام أيضاً. ومن شأن اعتماد ماكينات التجفيف العاملة بالطاقة الشمسية تسريع عملية تجفيف ثفل الزيتون وتعزيز كفاءة النظام بأسره.

وفيما يتعلق باستهلاك الثفل، تتوفر للمشاريع الصغيرة والمتوسطة فرص كبيرة لتطوير وتسويق المواقد العاملة بالحمل الحراري القسري والغلايات ذات الكفاءة من حيث الطاقة، بالرغم من ضرورة إحداث تغيير في ذهنية المستهلك بشأن مدى فعالية هذه النظم. وستزيد هذه المواقد كفاءة التدفئة عموماً، بغض النظر عن الوقود المستخدم، وينبغي تشجيعها على الصعد الوطنية والإقليمية.

وفي بلد مثل لبنان خصوصاً، حيث كميات الثفل محدودة، وحيث الغابات الطبيعية معرّضة للخطر من جراء حصاد ألواح الخشب، قد يكون من الحكمة اعتماد بدائل تقوم على الجيل الثاني من الوقود الحيوي، وذلك من خلال تشجيع الاستثمار في المواقد العاملة بالحمل الحراري القسري، بالإضافة إلى تكنولوجيات رص مخلفات الزيتون في قوالب. وفي بلدان أعضاء في الإسكوا، مثل الأردن وفلسطين، حيث تتوفر كميات محدودة من الثفل وحدٍ أدنى من الغطاء الحرجي، ينبغي أن تركز التطبيقات على المعدات ذات الكفاءة العالية، ومنها الغلايات المستخدمة في المباني العامة والمدارس والمصانع. وأما في الجمهورية العربية السورية التي يتوفّر فيها الثفل بكميات كبيرة، فجميع الخيارات مفتوحة، بما فيها حرق الثفل مع الكتلة الحيوية.

ومن المؤكد أن جميع هذه الفرص ستتعزز عند وضع استراتيجية وطنية أو إقليمية لصنع مواقد أكثر كفاءة وفرض ضوابط أكثر صرامة للعمل على التخلص من نفايات معاصر الزيتون بطرق سليمة. ومن شأن ضبط الحرق في الهواء الطلق والذي يفتقر إلى الكفاءة ويؤدي إلى التلوث أن يعزز استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً.

ثالثاً- الوقود الحيوي المشتق من نفايات صناعة السكر

ألف- لمحة عامة

تتوفّر في السكر مجموعة متنوعة من المواد الأولية التي يمكن استخدامها لإنتاج الوقود الحيوي. فالسكر الذي ينتج من قصب السكر يمكن استخراجه لإنتاج الايثانول، وهو وقود حيوي أولي. ويمكن استخدام مجموعة متنوعة من المنتجات الثانوية الناتجة من حصاد السكر وعصره لإنتاج الوقود الحيوي الثانوي. ويهدف هذا الفصل إلى تحديد أفضل الممارسات والأساليب الكفيلة بتعزيز التنمية الريفية المستدامة وزيادة الفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة، من خلال إنتاج واستخدام أصناف الوقود الحيوي الثانوي المستخرجة من النفايات الزراعية التي تنتجها زراعة قصب السكر وشمندر السكر. وتُعدّ مصر والسودان من أكبر البلدان المنتجة لقصب السكر في منطقة الإسكوا، في حين يزرع شمندر السكر على نطاق واسع في الجمهورية العربية السورية ولبنان ومصر. ولذلك، يتناول التحليل هذين القطاعين الثانويين. وتتطرق الدراسة كذلك إلى إمكانية إنتاج الوقود الحيوي عن طريق معالجة قصب السكر في بلدان عربية أخرى، في ضوء إمكانية تطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي عن طريق إنتاج السكر في الصومال والعراق والمغرب.

وهناك العديد من الخيارات التكنولوجية القابلة للتنفيذ، والمتطورة بدرجات متفاوتة، والمتاحة للاستخدام في هذا القطاع. ويشير ذلك إلى أهمية فحص هذه التكنولوجيات وتقييمها، فضلاً عن التركيز على التكنولوجيات السليمة بيئياً والبسيطة والموثوقة والمتوفرة بأسعار معقولة في المنطقة. وعلاوة على ذلك، لا بد في معرض التحليل من الإشارة إلى القيود والافتراضات التالية:

(أ) عدم كفاية البيانات المتوفرة حول المبادرات المتخذة في القطاعين العام والخاص لاستخراج الوقود الحيوي من المحاصيل المستهدفة؛

(ب) يختلف التقييم المالي والتحليل الاقتصادي لمختلف الخيارات التكنولوجية بين مختلف التقارير. ولذلك، تركز الدراسة على الجدوى التكنولوجية لهذه الخيارات المختلفة؛

(ج) تختلف الإجراءات المالية التي تتخذها الشركات، مما يحد من القدرة على تقديم تحليل ثابت لتكاليف مختلف الخيارات التكنولوجية. وفي حين تسمح بعض الحالات بإجراء تحليل مالي مفصل وموثوق، لا تقدم حالات أخرى سوى تقديرات مبسطة. وهذا العامل يؤثر على الافتراضات المتعلقة بكلفة المواد الأولية وأسعار المنتجات المحتملة.

ونظراً إلى أنه من الممكن استخدام مجموعة متنوعة من النظم التكنولوجية لتوليد الطاقة من النفايات الناتجة من قطاع السكر، يمكن استخدام البيانات المتصلة بالتكاليف في النظم التي تستخدم مواد أولية مختلفة لإجراء مزيد من التحليلات. وعلى سبيل المثال، يمكن البحث في شروط محتوى الطاقة والمعالجة المسبقة لثفل قصب السكر ولب الشمندر باعتبارهما مادتين خشبيتين سليلوزيتين نموذجيتين، ويمكن كذلك البحث في دبس السكر والعصائر الغنية بالسكر.

باء- التحديات البيئية والاقتصادية

١- مخلفات المحاصيل

(أ) مخلفات قصب السكر في الحقول

تقع مخلفات براعم قصب السكر في نوعين عموماً، البراعم الخضراء، وتشكل ٨٠-٩٠ في المائة من النفايات؛ وسيقان القصب أو القمامة، وتشكل ١٠-٢٠ في المائة من المخلفات. ويستخدم المزارعون في مصر البراعم الخضراء كعلف للحيوانات، مما يسمح لهم ببيع هذا المنتج الفرعي بسعر يتراوح بين ٥ و٦ دولارات للطن الواحد. وتُنثر الأوراق الجافة وسيقان القصب (القمامة) على جذور القصب لحمايتها في فصل الشتاء[٤٣]. كما جرت العادة على استخدام كمية كبيرة من القمامة المجففة في الأفران في المناطق الريفية أو لتدفئة المنازل في المجتمعات المحلية الريفية، في حين تُحرق الكمية المتبقية في الحقول. ومع أنَ المزارع لا يتكبّد كلفة اقتصادية كبيرة لحرق هذه المخلفات في المرج، تسبّب الآثار المترتبة على عمليات الحرق المكشوف لسيقان القصب والكتلة الحيوية تصاعد الدخان الأسود وتلوث الهواء في مصر.

وأما في المغرب، فما إن ينضج قصب السكر ويصبح جاهزاً للحصاد، حتى تُحرق المحاصيل بشكل خفيف. وتفيد التقارير بأنَ هذه الممارسة التقليدية تضمن نظافة القصب الذي سيَسلّم إلى المطاحن وتسهل قطعه يدوياً. غير أنَ حرق براعم القصب يؤدي إلى تلوث الغلاف الجوي ويؤثّر سلباً على نمو بذور القصب فيما بعد[٤٤]. وبالرغم من الآثار الاقتصادية الإيجابية المفترضة لحرق القصب، من المؤكد أن آثاره ضارة بالصحة وتزيد من الكلفة الفعلية لهذه الممارسة في المجتمعات المحلية. ويقال على سبيل المثال إنَ معدلات الإصابة بمرض الربو وغيره من المشاكل الصحية تبلغ أعلى مستويات لها في موسم الحرق لدى العاملين في الزراعة وفي القرى المجاورة[٤٥]، مقارنة بالفترات الأخرى من السنة.

(ب) مخلفات شمندر السكر

يعمد بعض المزارعين إلى إزالة براعم الشمندر في موسم الحصاد، ويطعمونه للأغنام أو الماشية، بينما يترك مزارعون آخرون هذه البراعم على الأرض المزروعة. وبعد ذلك، إما تُصفّف هذه البراعم المتروكة بغرض تعريضها للرياح، وإما تُجفّف وتُحرث في الحقل حيث هي. وتُستخدم المخلفات (التيجان والأوراق) أيضا لتغذية المواشي والأغنام. وبالتالي، لا تُلاحظ أية تأثيرات بيئية كبيرة لها على مستوى الحقول[٤٦]. واستخدام هذه البراعم كمغذّيات للحقول لا يحقق عائدات اقتصادية كبيرة في المناطق التي تتوفر فيها أعلاف بديلة.

---

(٤٣) K.H. el Ashmawy et al., "Socioeconomic and environmental aspects of women labor in the Egyptian agricultural sector: Case study of sugar crops", *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, vol. 2, No. 3 (2007), pp. 255-260, which is available at: www.idosi.org/aejaes/jaes2(3)/8.pdf.

(٤٤) G-R. Travis, "An overview of sugar culture in Morocco, particularly within a Berber community in Rastabouda" (thesis, December 2007).

(٤٥) Ibid.

(٤٦) United States Department of Agriculture, "USDA national agriculture statistics services – quick stats", which is available at: www.nass.usda.gov.

٢- تجهيز المشتقات

(أ) ثفل قصب السكر

ثفل قصب السكر هو المخلفات الليفية التي تبقى بعد سحق القصب (يبلغ معدل رطوبته حوالى ٥٠ في المائة) وبعد استخراج العصير منه. ويستخدم معظم ثفل قصب السكر عموماً (٨٥-٩٠ في المائة تقريباً) كمصدر رئيسي للوقود المستخدم لتوليد البخار والطاقة اللازمة لمعامل السكر[٤٧]. ويتسبب حرقه بانتشار الدخان والغازات والضباب، ويؤثر سلباً على صحة السكان ويؤدي إلى تراجع قيمة العقارات في المنطقة.

ويستخدم ثفل قصب السكر في مصر للأغراض التالية:

(أ) إنتاج الورق: بدأت إحدى مطاحن ثفل قصب السكر في عام ٢٠٠٠ بإنتاج ١٤٤ ٠٠٠ طن/سنة من الورق وورق الصحف، ومثّل ثفل قصب السكر ٧٠-٨٥ في المائة من المواد الخام المستخدمة[٤٨]؛

(ب) الكرتون: الألياف المتوسطة الكثافة وألواح الكرتون ذات الألياف العالية الكثافة[٤٩]؛

(ج) طوب البناء: تستخدمه الأسر ذات الدخل المنخفض في المناطق الريفية في مصر عن طريق خلط ثفل قصب السكر مع الطين.

ووفقاً للمعلومات التي قدمتها شركة السكر والصناعات التكاملية المصرية وشركة قنا لورق طباعة الصحف، يبلغ سعر مبيع ثفل قصب السكر الرطب للقطاعين العام والخاص ٢٠-٤٠ دولار/طن تقريبا[٥٠]. ويجري تقدير هذا السعر المرتفع نسبياً على أساس القيمة الحرارية لثفل قصب السكر مقارنة بزيت الوقود (المازوت).

ونظراً إلى الآثار السلبية الناجمة عن استخدام ثفل قصب السكر لتوليد الطاقة اللازمة لتشغيل مطاحن السكر، هناك اتجاه متزايد نحو الاستعاضة عن جزء من هذا الثفل بزيت الوقود. وهناك أيضاً خطط لاستبدال حرق ثفل قصب السكر باستخدام الغاز الطبيعي.

وبالإضافة إلى المعامل الكبيرة المخصصة لإنتاج السكر، يحرق ثفل قصب السكر كذلك لتوفير الوقود اللازم لصناعة العسل الأسود في مصر، حيث يوجد بين ٣٥٠ و٤٠٠ مرفق لهذا الغرض في كل من المنيا وقِنا. ويؤدي هذا الحرق إلى الانبعاثات المبينة آنفاً[٥١].

---

(٤٧) S.M. el-Haggar et al., "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005) and is available at: www.unido-ichet.org/ihec2005/files/manuscripts/EL per cent20Haggar per cent20S.M-Egypt.pdf.

(٤٨) B. Haussier, "Quena: Successful start-up of the world's most modern bagasse paper mill", which is available at: www.voithpaper.com/media/vp_tw12_quena_en.pdf.

(٤٩) Nag Hamady for Wood production and Fabrication Company, which is available at: http://server.egypt.com/egypt/egydirectory/detail/2620/nag-hamady-for-wood-production-and-fabrication-co.html.

(٥٠) بناء على مقابلات مع المسؤولين في شركة السكر والصناعات التكاملية المصرية وشركة قنا لورق طباعة الصحف.

(٥١) انظر الجمهورية أونلاين. متاح على الموقع الإلكتروني: www.gom.com.eg/algomhuria/2005/06/06/stock/detail04.shtml.

وتشير التقديرات إلى وجود نحو ٨٤٠ ٠٠٠ طن من نفايات ثفل قصب السكر في السودان، وتُصنّف على النحو التالي[٥٢]: (أ) ثفل قصب السكر القديم، والذي يترك ليتعفن لسنتين إلى ثلاث سنوات، ويمكن استخدامه لصنع قوالب مضغوطة؛ (ب) ثفل قصب السكر الذي يتم تفحيمه قبل رصّه في قوالب أو تركه ليتعفّن[٥٣].

ومن بين خمس مطاحن للسكر في السودان، تبقى شركة كنانة للسكر المعمل الوحيد الذي يستخدم جميع كميات ثفل قصب السكر المتوفرة لديه تقريباً، بينما تستخدم المصانع الأخرى المنتجات الثانوية من أجل التوليد المختلط للطاقة الكهربائية والحرارية على أساس محدود. وأصبح إنتاج الفحم النباتي من ثفل قصب السكر في شركة كنانة للسكر خط الإنتاج الثانوي في الشركة في عام ١٩٩٨. ويَنتِج هذا المعمل حالياً ٥٠٠ ٦ طن/سنة من الفحم الطبيعي من ثفل قصب السكر ودبس السكر، وهو ما يقال إنه خفّض إنتاج الفحم النباتي من الأشجار المحلية وحدِ بالتالي من إزالة الغابات[٥٤]. ويضم شرق السودان مقالب هائلة لنفايات ثفل قصب السكر، ويقال إن بعضها يحترق تلقائياً[٥٥]. وتتوفر أمثلة ناجحة على توليد الوقود الحيوي من الجيل الثاني من ثفل قصب السكر في السودان على نطاق ضيق. فقد أنشئت محطات صغيرة للتفحيم بهدف تفحيم الثفل المعبأ في رزم ضخمة وتفتيته ورصّه في قوالب من الفحم الطبيعي[٥٦]. وتعمل المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على رصّ ثفل قصب السكر/دبس القصب في قوالب، نظراً إلى أن هذه التكنولوجيا لا تتطلب رساميل ضخمة، وتقوم على كثافة اليد العاملة، وتستخدم الدبس كمادة للتغليف. ويَستخدم ثفل قصب السكر أيضا لإنتاج طوب البناء في السودان[٥٧].

وفي المغرب، تُخزَن مخلفات ثفل قصب السكر المتبقّية بعد تزويد مطاحن السكر بالطاقة التي تحتاج إليها في العراء في الحقول، مما يتسبب بمشاكل في المناطق المحيطة بها بسبب الدخان الناتج من تحلّل الكتلة الحيوية. ويؤدي الاحتراق العفوي أو المتعمّد لمخزونات الكتلة الحيوية إلى تلوث الهواء وانتشار الدخان الأسود[٥٨].

ومن المقرّر أن تطلق شركة سوراك مشروعاً يهدف إلى الحد من الحاجة إلى نحو ١١ ٠٠٠ طن من الفحم سنوياً، من خلال استخدام ثفل قصب السكر الذي تنتجه ثلاثة مرافق للتكرير تملكها شركة سوراك، وبعد ذلك نقله إلى شركة سونابل لتكرير السكر حيث سيجري بناء المشروع (انظر الشكل ٩). ويَتوقّع نقل حوالى ٢٨ ٠٠٠ طن من ثفل قصب السكر في السنة من مصنع قصب السكر الموجود على بعد كيلومتر

---

(٥٢) S.A. Alam, "Use of biomass fuels in the brick-making industries of Sudan: Implications for deforestation and greenhouse emission" (Department of Forest Ecology, University of Helsinki, Finland, 2006), which is available at: https://oa.doria.fi/ handle/10024/3159.

(٥٣) W. O. Ahmed, "Briquettes in Sudan", No. 39 (1997), which is available at: http://www.hedon.info/ BriquettesInSudan.

(٥٤) See "Miracle of sugar in the desert", which is available at: www.worldreport-ind.com/sudan/sugar.htm.

(٥٥) Basin, "Utilization of Bagasse in brickmaking: R & D in Sudan"; *Wall Building Technical Brief* (Advisory Service and Information Network, 1999).

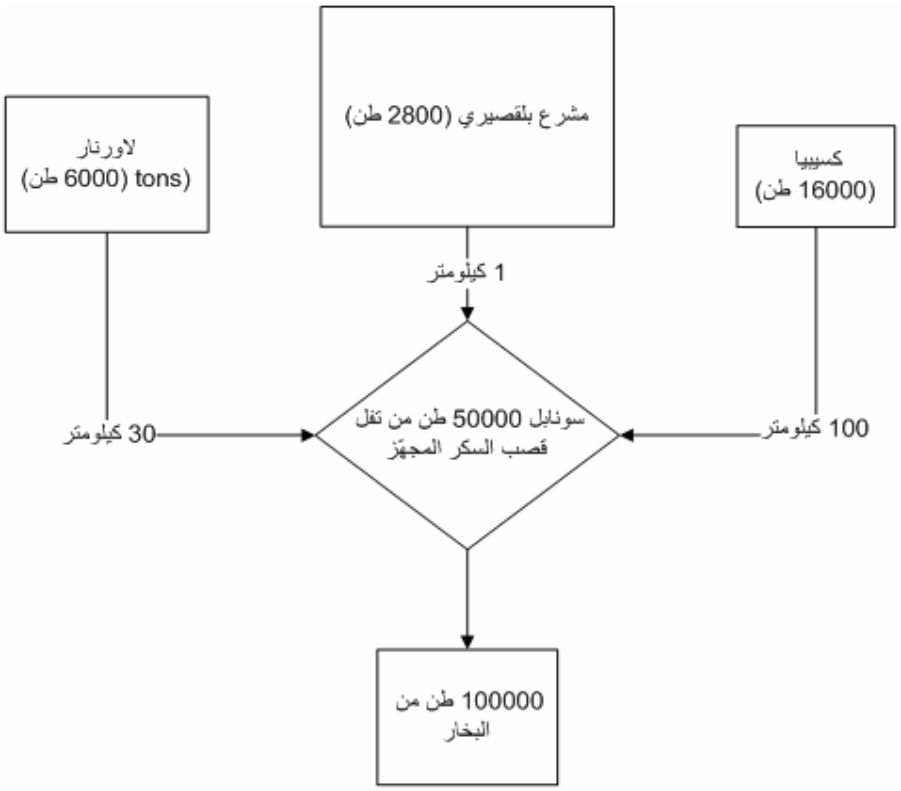
(٥٦) R.V. Siemons, "Carbonization of fresh bagasse" (December 1993), which is available at: www.cleanfuels.nl/ Projects%20&%20publications/Bagasse%20Carbo&agglomeration.pdf.

(٥٧) A.M. Omer, "Biomass energy potential and future prospect in Sudan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 9 (2005), pp. 1-27.

(٥٨) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), "Clean Development Mechanism Project Design" (3 December 2006).

واحد من المشروع؛ ونَقل حوالى ١٦ ٠٠٠ طن من ثفل قصب السكر سنوياً من كسيبيا الواقعة على بعد ٣٠ كيلومتراً من المشروع؛ ونَقل حوالى ٦٠ ٠٠٠ طن من ثفل قصب السكر سنوياً من لاورنار الواقعة على بعد ١٠٠ كيلومتر من المشروع. وستُزود شركة سونابل لتجهيز دبس السكر بـ ١٠٠ ٠٠٠ طن من البخار خلال موسم إنتاج دبس السكر (حوالى ١٠٠ يوم)، وذلك عن طريق حرق الكتلة الحيوية بصورة موجّهة في غلاية المصنع.

الشكل ٩ - تجميع ثفل قصب السكر وتجهيزه في شركة سوراك في المغرب



(ب) كَسب قصب السكر

يَستخدم كَسب قصب السكر كسماد عضوي. ويَخلط مع ثفل قصب السكر، ويَستخدم وقوداً لتصنيع الطوب. ويجري تصريف الكَسب المتبقّي في مقالب القمامة أو في مكبات مفتوحة. وفي مصر، أجريت بحوث بهدف التوصل إلى تكنولوجيا ملائمة لصنع القوالب، ولخلط الكسب والثفل ورصهما تحت الضغط. واقتُرح أن تستخدم إحدى مطاحن السكر تكنولوجيا صنع القوالب في وحدة تابعة لها. واقتُرح أيضاً نقل الرماد الناتج عن احتراق القوالب إلى معمل للسماد العضوي لخلطه مع الكميات الزائدة من كَسب قصب السكر[٥٩].

(٥٩) S.M. el-Haggar et al., "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005) and is available at: www.unido-ichet.org/ihec2005/files/manuscripts/EL%20Haggar%20S.M-Egypt.pdf.

(ج) لب شمندر السكر

يتكون لب شمندر السكر من المخلفات الليفية التي تبقى بعد استخراج معظم السكر من شرائح الشمندر. ويبلغ معدّل رطوبته حوالى ٧٥-٨٠ في المائة[٦٠]. ويمكن خلط اللب مع مشتقات غذائية أخرى وتخزينه في رزم لاستخدامه في غضون عامين[٦١]. ولكن ما إن تُفتح الرزم حتى يتعيّن استهلاكها في غضون أيام قليلة.

ويمكن أيضاً تجفيف اللب وشحنه في أشكال كثيرة، منها اللب المجفف العادي، واللب المجفف والمخلوط مع دبس السكر (حوالى ٢٥ في المائة من دبس السكر)، واللب المحوّل إلى أقراص. وفي مصر، يَجفّف لب شمندر السكر، ويَحوّل إلى أقراص، ويُصدّر بسعر ١٣٥-١٥٠ دولار/طن.

الجدول ١٥- مواصفات لب شمندر السكر في مصر

البند	القيمة
قطر الأقراص	٨-١٠ ميليمتر
نسبة الرطوبة	١٠-١٢ في المائة
السكر	٧ في المائة كحد أقصى
البروتين	٩-١١ في المائة
الرماد	٣,٧ في المائة
دبس القصب	حسب الحاجة

المصدر: إعداد الإسكوا، استناداً إلى حديث مع السيد أ. عبدو، المدير التنفيذي في شركة المنار للاستيراد والتصدير والنقل والشحن.

يشكّل لب الشمندر السكري غذاء ممتازاً يقدّمه أصحاب مزارع الألبان للماشية بما أنه يزيد إدرار الحليب. وهو يُستخدم لتغذية البقر والماشية والأغنام والخيول وكذلك الحيوانات الأليفة، بدرجة أقلّ.

جيم- إنتاج محاصيل السكر

يتناول هذا القسم الجوانب الكمية والنوعية لمحاصيل السكر، وإنتاجه، ومخلفاته الصناعية.

١- إنتاج السكر

يبيّن الشكل ١٠ النمو التراكمي لكميات قصب السكر والشمندر السكري في مجموعة من البلدان العربية، بما فيها الجمهورية العربية السورية والسودان والصومال والعراق ولبنان ومصر والمغرب[٦٢].

(٦٠) Southern Minnesota Sugar Cooperative, "Facts about sugar beets and beet sugar", which is available at: http://www.sbreb.org/brochures/SugarCoop/.

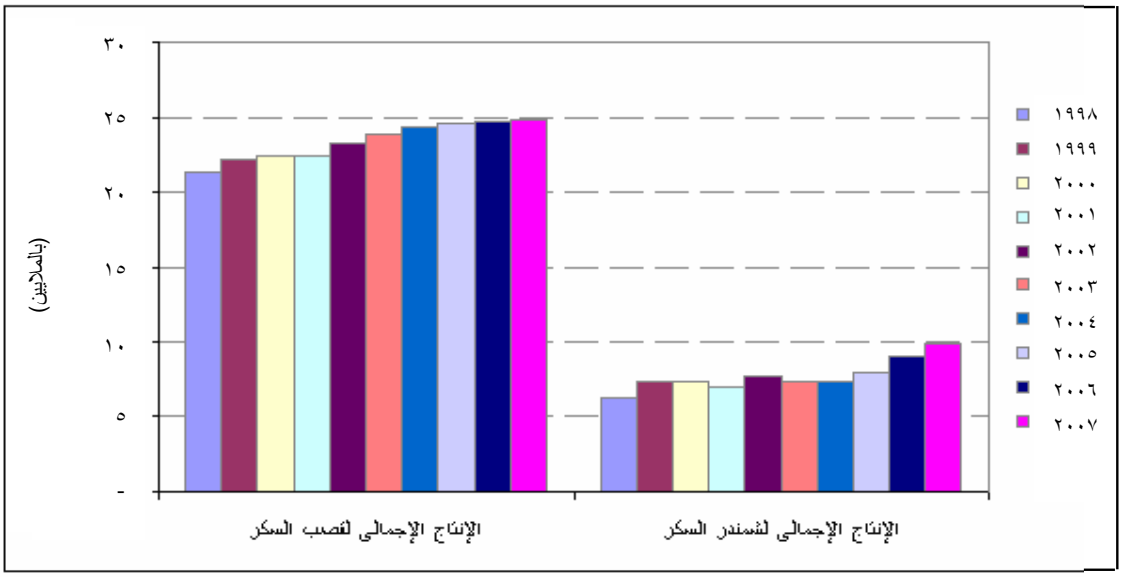
(٦١) M. Hadjipanayiotou et al., "Feeding ensiled poultry excreta to ruminant animals in Syria", *Livestock Research for Rural Development*, vol. 5, No. 1 (June 1993), which is available at: www.fao.org/ag/agap/frg /Irrd/Irrd5/1/syria1.htm.

(٦٢) قاعدة البيانات الإحصائية في منظمة الأغذية والزراعة، متاح على الموقع الإلكتروني: http://faostat.fao.org.

وفي حين تنتج مصر نحو ١٦,٢ مليون طن من قصب السكر سنوياً[٦٣]، لا يعالج سوى ١٠,٣ ملايين طن منها في مطاحن السكر[٦٤]. وتُرسل الكمية المتبقية إلى المتاجر الصغيرة في أنحاء البلاد لاستخراج العصائر منها، وإلى ٤٠٠ مرفق صغير لتصنيع العسل الأسود[٦٥]. ويستهلك السودان جميع محاصيله تقريباً في المرافق الوطنية المعنية بتجهيز السكر[٦٦].

ومصر هي أكبر منتج لقصب السكر بين البلدان العربية، إذ أنتجت ١٦,٢ مليون طن في عام ٢٠٠٧، تليها السودان، التي تنتج ٧,٥ ملايين طن سنوياً (انظر الجدول ١٦). ويبلغ الإنتاج الإجمالي في المغرب والصومال ١,١ مليون طن في السنة تقريباً. ومصر هي أيضاً أكبر منتج لشمندر السكر في المنطقة العربية، حيث يصل إنتاجها إلى نحو ٥,٦ ملايين طن في السنة. ويقارب إنتاج الشمندر السكري في المغرب والجمهورية العربية السورية من ٣,٠ و١,١٥ مليون طن بالترتيب. أما في الصومال والعراق ولبنان فتشير الأرقام إلى توقف شبه كامل لإنتاج السكر، وذلك بسبب الحروب أو النزاعات التي ألحقت أضراراً بمرافق الإنتاج.

الشكل ١٠ - اتجاهات إنتاج محاصيل السكر في مجموعة من البلدان العربية، ١٩٩٨-٢٠٠٧ (بالأطنان)



المصدر: قاعدة البيانات الإحصائية في منظمة الأغذية والزراعة، متاح على الموقع الإلكتروني: http://faostat.fao.org.

(٦٣) المرجع نفسه.

(٦٤) H.K. Hassan, "Arab region prospects of sugar crops as sources of food and energy", which was presented at the International Conference on World Prospects of Sugar Crops as Sources of Food and Energy Suppliers (Luxor, Egypt, 1-4 March 2009).

(٦٥) انظر الجمهورية أونلاين. متاح على الموقع الإلكتروني: www.gom.com.eg/algomhuria/2005/06/06/stock/detail04.shtml.

(٦٦) See "Miracle of sugar in the desert", which is available at: www.worldreport-ind.com/sudan/sugar.htm.

الجدول ١٦ - مستويات إنتاج محاصيل السكر في عدد من البلدان العربية، ٢٠٠٧

البلد	محاصيل السكر	الإنتاج (بالأطنان)
مصر	قصب السكر	١٦ ٢٠٠ ٠٠٠
	شمندر السكر	٥ ٦٠٠ ٠٠٠
	المجموع	٢١ ٨٠٠ ٠٠٠
السودان	قصب السكر	٧ ٥٠٠ ٠٠٠
المغرب	قصب السكر	٩٠٠ ٠٠٠
	شمندر السكر	٣ ٠٠٠ ٠٠٠
	المجموع	٣ ٩٠٠ ٠٠٠
الجمهورية العربية السورية	شمندر السكر	١ ١٥٠ ٠٠٠
لبنان	شمندر السكر	٣٧ ٠٠٠
العراق	قصب السكر	٥٥ ٠٠٠
الصومال	قصب السكر	٢١٥ ٠٠٠

المصدر: قاعدة البيانات الإحصائية في منظمة الأغذية والزراعة، متاح على الموقع الإلكتروني: http://faostat.fao.org.

ويعرض الجدول ١٧ معلومات مفصلة عن مختلف مرافق إنتاج السكر في المنطقة. وتستورد مصر نحو ٣٠ في المائة من احتياجاتها من السكر، بما في ذلك السكر البني الذي يتم تكريره محلياً إلى سكر أبيض(٦٧). وأما السودان، فحقق اكتفاء ذاتياً في منتجات السكر وصادراته(٦٨). وفي حين يبقى الشمندر السكري المصدر الوحيد للمواد الخام اللازمة لمطاحن السكر في القطاع العام في الجمهورية العربية السورية، تتجاوز كلفة إنتاجه كلفة استيراد السكر الخام إلى البلد(٦٩). وبالرغم من ذلك، لا تزال الحكومة تزرع ٣٤ ٠٠٠ هكتار من شمندر السكر لإنتاج ٨٠ ٠٠٠-١١٠ ٠٠٠ طن من السكر المكرَر، والذي لا يلبي سوى ١٠ في المائة من مجموع الطلب المحلي(٧٠). وبدأ الإنتاج المحلي للسكر المكرَر من السكر البني المستورد في كانون الثاني/يناير ٢٠٠٨ في شركة السكر الوطنية في منطقة جندر، وذلك بطاقة إنتاجية يبلغ حدّها الأقصى مليون طن سنوياً(٧١).

(٦٧) H.K. Hassan, "Arab region prospects of sugar crops as sources of food and energy", which was presented at the International Conference on World Prospects of Sugar Crops as Sources of Food and Energy Suppliers (Luxor, Egypt, 1-4 March 2009).

(٦٨) Summit Communications, "Sweet taste of success" (2009), which is available at: www.summitreports.com/ sudan/sugar.htm.

(٦٩) M. Westlake, "Economics of main sub-sectors in Syrian agriculture" (2003), which is available at: http://www.fao.org/ docrep/006/Y4890E/y4890e0e.htm.

(٧٠) USDA Foreign Agricultural Service, "Syria: Trade Policy Monitoring – Annual 2009" (November 2009), which is available at: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200903/146337511.pdf.

(٧١) Zawya, "Syria industry: National sugar company's Jandar plant set to start production sugar" (2007), which is available at: http://www.zawya.com/countries/sy/macrowatch.cfm?eiusection=NATIONAL%20SUGAR%20COMPANY'S%20JANDAR% 20PLANT%20SET%20TO%20START%20PRODUCTION.

الجدول ١٧- معامل السكر في مجموعة من البلدان العربية

البلد	المحصول	الموقع	استهلاك المحصول	السكر المكرر (١٠٠٠ طن/سنة)
مصر	قصب السكر	كوم امبو، أسوان	١ ٨٠٠	١٨٠
		ادفو، أسوان	١ ١٥٠	١١٥
		نجع حمادي، قنا	١ ٧٥٠	١٧٥
		أرمنت، قنا	١ ٢٥٠	١٢٥
		قوص، قنا	١ ٦٥٠	١٦٥
		دشنا، قنا	١ ٠٠٠	١٠٠
		جرجا، سوهاج	٩٠٠	٩٠
		أبو قرقاص، المنيا	٨٠٠	٦٠
		المجموع	١٠ ٣٠٠	١ ٠٣٠
	شمندر السكر	شركة الدلتا للسكر		٣٢٣,٤
		شركة الدقهلية للسكر		١٥٠+ (١٢٠ من السكر الأسود المكرر)
		شركة السكر والصناعات التكاملية المصرية		١٣٨,٨
		شركة الفيوم لصناعة السكر		١٢٠
		المجموع		٧٣٢,٢+١٢٠
السودان	قصب السكر	عسلاية، النيل الأبيض	٦ ٥٠٠	١٠٠
		حلفا الجديدة	٦ ٥٠٠	١٠٠
		الجنيد، الخرطوم	٤ ٥٠٠	٦٠
		سنار، وادي حلفا	٦ ٥٠٠	١٠٠
		كنانة، الخرطوم	١٧ ٠٠٠	٤٠٠
		المجموع	٤١ ٠٠٠	٧٦٠
الجمهورية العربية السورية	شمندر السكر	معمل سكر حمص	٦٠	٩
		شركة سكر دير الزور	١٢٠	١٨
		شركة سكر الغاب	٦٠	٩
		شركة سكر تل سلحب	١٢٠	١٨
		معمل مسكنة	١٢٠	١٨
		شركة سكر الرقة	١٢٠	١٨
		المجموع	٦٠٠	١١٠-٨٠
		شركة السكر الوطنية (منطقة جندر)	السكر البني المستورد	١ ٠٠٠
المغرب	قصب السكر	شركة سوراك		
		لاورنار	٣٢٢	٤٥
		مشرع بلقصيري	٢٣٠	٣٢,٥
		كسيبيا	٣٢٢	٤٥
	شمندر السكر	شركة سونابيل		
		القصر الكبير	٣٢٠	٤٥
		سيدي علال تازي	٣٢٠	٤٥
		شركة كوسومار لإنتاج السكر		
		سيدي بنور	٨٠٠	١١٢,٥
		زمامرة	٤٨٠	٦٧,٥
		مصنع سوكرافور (مصنعان + محطة تكرير)	١٠,٤٤	١١٦
		سوته وتادلة (ثلاثة مصانع)	..	..
		المجموع	٢ ٨٠٤,٤٤	٥٠٨,٥

المصادر: S.M. el-Haggar et al., "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005); Zawya, "Syria industry: National sugar company's Jandar plant set to start production sugar" (2007); Delta Sugar Company, which is available at: www.deltasugar.com; Sugar Engineers, "Sugar factories of North and West Africa"; "Optimization of COSUMAR's beet sugar factories", *BMA info 2004*; "The sugar worker" (July-August 2005); and General Organization for Sugar, which is available at: www.gofs.org.

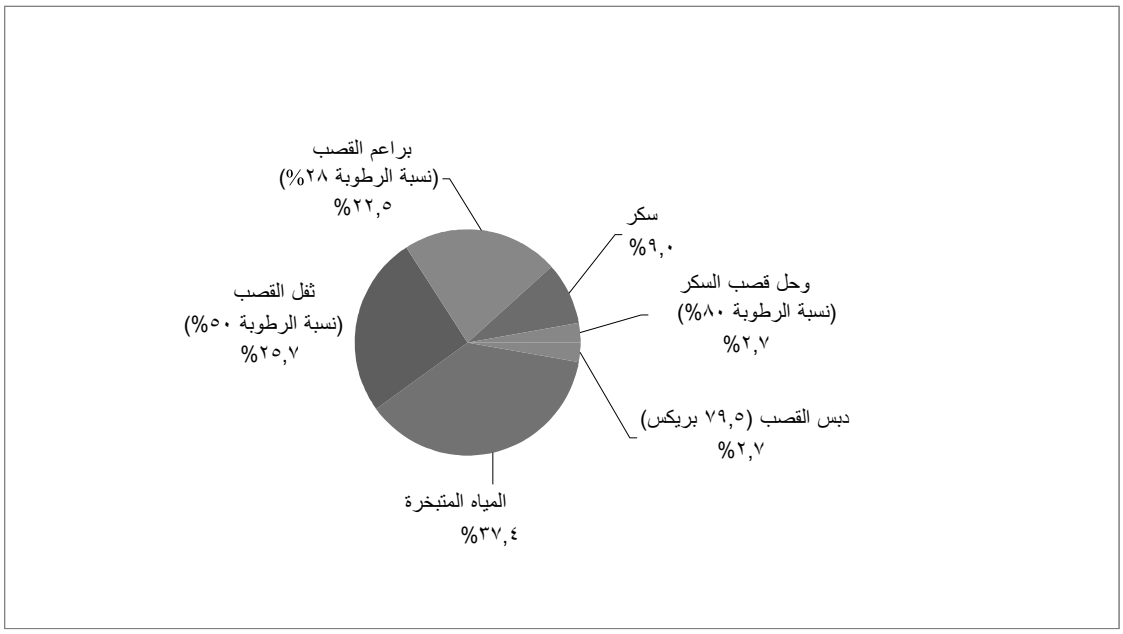
ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

٢- إنتاج النفايات

يجري إنتاج مشتقات محاصيل السكر ونفاياتها في الحقول وكذلك في المرافق المعنية بتكرير السكر. ويبيّن الشكلان ١١ و١٢ الإنتاج النموذجي لهذه المنتجات والمشتقات والنفايات المستخرجة من قصب السكر وشمندر السكر[٧٢]. وتتضمن مخلفات محاصيل السكر التي تتناولها التحليلات في هذه الدراسة ما يلي: (أ) ثفل قصب السكر وبراعم القصب، ووحل قصب السكر والمخلفات الحقلية؛ (ب) لب شمندر السكر وبراعم الشمندر.

ودبس السكر هو مِنتج مرتفع القيمة يسهل تسويقه داخل المنطقة وكذلك في السوق الدولية. ويبين الشكل ١٣ كميات ثفل السكر وغيره من النفايات أو المنتجات الثانوية المشتقة من قصب السكر في البلدان العربية المستهدفة خلال الفترة ١٩٩٨-٢٠٠٧[٧٣]. ويبيّن الشكل ١٤ كميات لب الشمندر والمشتقات الأخرى الناتجة من المصانع المعنية بحصاد شمندر السكر وتصنيعه خلال الفترة نفسها. ويتضمن الشكل ١٨ معلومات إضافية عن كميات النفايات التي أنتجها هذا القطاع في عام ٢٠٠٧.

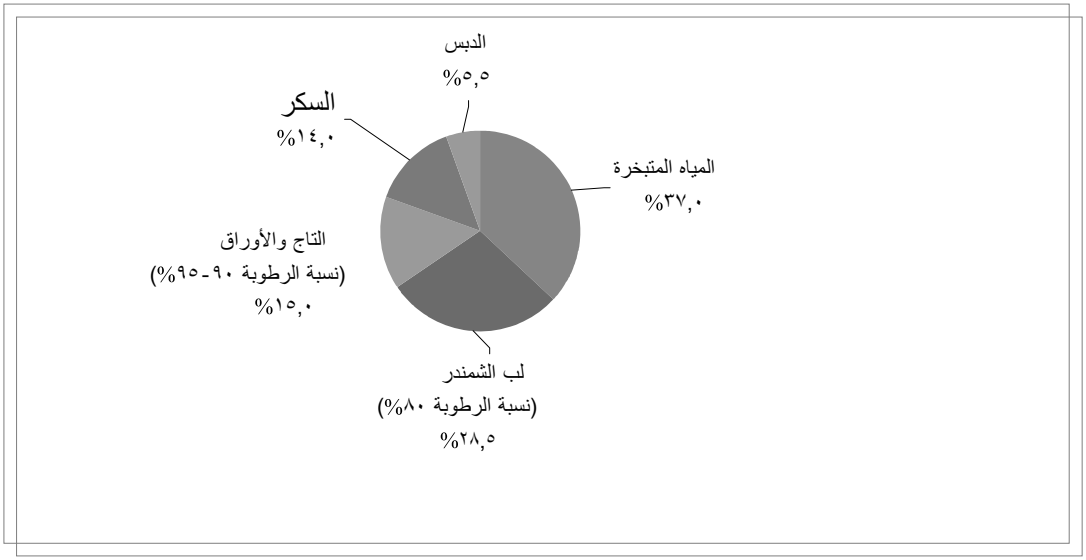
الشكل ١١- التوزيع العام لمنتجات قصب السكر ومشتقاته ونفاياته



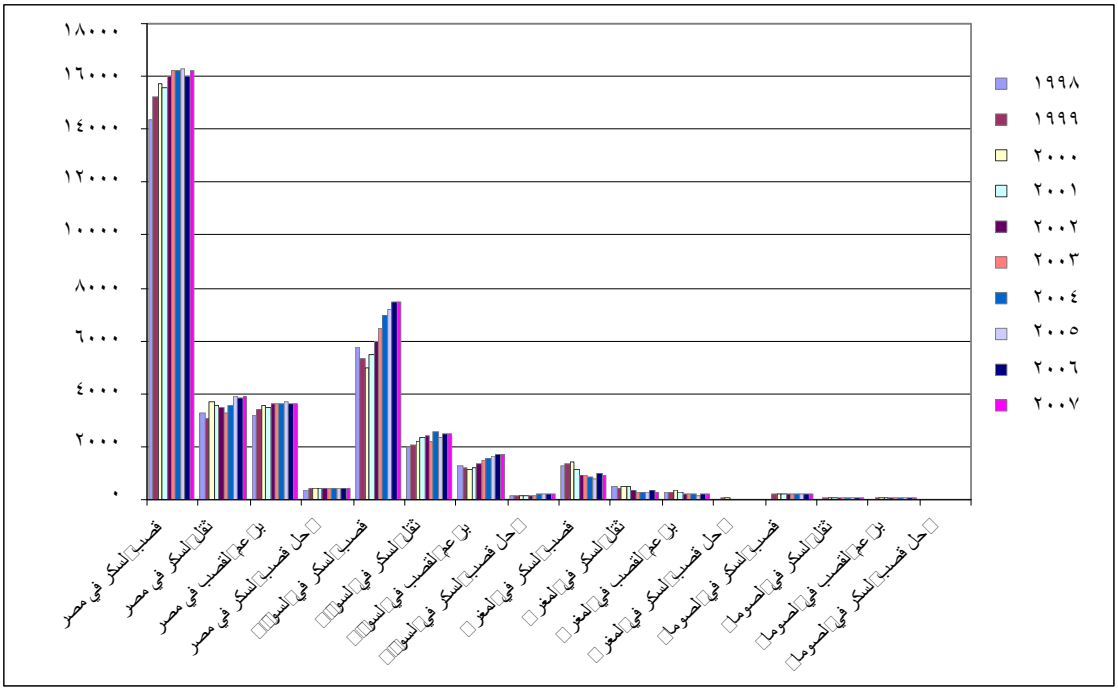
(٧٢) A. Alam, "Growing sugar crops for food, feed and fuel", which was presented at International Conference on World Prospects of Sugar Crops as Sources of Food and Energy Suppliers (Luxor, Egypt, 1-4 March 2009); United States Department of Agriculture, "USDA national agriculture statistics services – quick stats", which is available at: www.nass.usda.gov; and A. Rouilly, J. Jorda and L. Rigal, "Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. I. Twin screw extrusion process", *Carbohydrate Polymers*, vol. 66 (2006), pp. 81-87.

(٧٣) See United Nations data, which is available at: www.data.un.org; and NationMaster, which is available at: www.nationmaster.com.

الشكل ١٢ - التوزيع العام لمنتجات شمندر السكر ومشتقاته ونفاياته

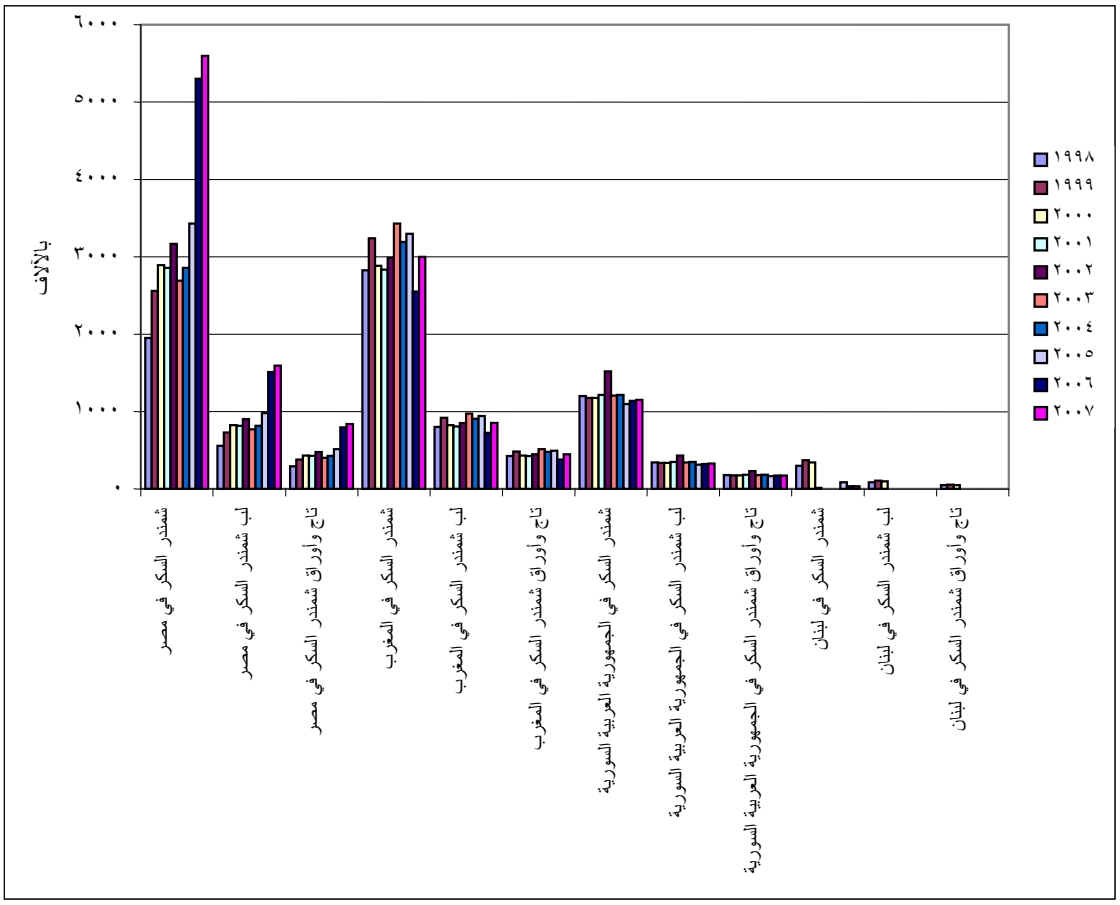


الشكل ١٣ - الاتجاهات المتصلة بمنتجات ونفايات قصب السكر في عدد من البلدان العربية، ١٩٩٨-٢٠٠٧



المصدر: من إعداد الإسكوا، استنادا إلى http://data.un.org و www.nationmaster.com.

الشكل ١٤- المنتجات والنفايات المستخرجة من شمندر السكر، ١٩٩٨-٢٠٠٧



المصادر: United States Department of Agriculture, "USDA national agriculture statistics services – quick stats", which is available at: www.nass.usda.gov; and A. Rouilly, J. Jorda and L. Rigal, "Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. I. Twin screw extrusion process", *Carbohydrate Polymers*, vol. 66 (2006), pp. 81-87.

وتكون المنتجات الفرعية المشتقة من مخلفات قصب السكر وشمندر السكر عادة غنية بالرطوبة، على النحو المبيّن في الجدول ١٩. ويؤثر معدل الرطوبة على الوقت والتكنولوجيات اللازمة لتحويل هذه المخلفات إلى وقود حيوي.

الجدول ١٨- توليد النفايات من معالجة السكر في عدد من البلدان العربية، ٢٠٠٧

البلد	نفايات قصب السكر (بالأطنان)			نفايات شمندر السكر (بالأطنان)	
	ثفل السكر	براعم القصب	وحل قصب السكر	لب شمندر السكر	التاج والأوراق
مصر	٣ ٨٧٩ ٠٠٠	٣ ٦٤٥ ٠٠٠	٤٤٠ ٦٤٠	١ ٥٩٦ ٠٠٠	٨٤٠ ٠٠٠
السودان	٢ ٥٠١ ٠٠٠	١ ٦٨٧ ٥٠٠	٢٠٤ ٠٠٠	..	..
المغرب	٣١٤ ٠٨٠	٢٠٢ ٥٠٠	٢٤ ٤٨٠	٨٥٥ ٠٠٠	٤٥٠ ٠٠٠
الصومال	٥٠ ١٦٠	٤٨ ٣٧٥	٥ ٨٤٨	..	..
الجمهورية العربية السورية	..	..	..	٣٢٧ ٧٥٠	١٧٢ ٥٠٠

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

الجدول ١٩- معدل الرطوبة في كل من مشتقات محاصيل السكر

المنتج الفرعي	نسبة الرطوبة (نسبة مئوية)
ثفل السكر	٥٠
براعم القصب	٧٢
وحل قصب السكر	٨٠
لب شمندر السكر	٨٠
التاج والأوراق	٩٠-٩٥

دال- الطاقة المتولدة من النفايات

١- خطط محددة للتكنولوجيا

حدِّدت تكنولوجيات عدة لتوليد الوقود الحيوي من المواد الخشبية السليلوزية عموماً وثفل قصب السكر أو مخلفات شمندر السكر خصوصاً[٧٤]. ويمكن تصنيف هذه التكنولوجيات على النحو التالي:

(أ) التكنولوجيات التجارية التي اعتُمدت بنجاح وبكفاءة متفاوتة في البلدان المتقدمة والبلدان النامية. ومنها ما يلي:

(١) رصّ مشتقات السكر في قوالب أو أقراص من الوقود المشتق من النفايات، والذي يمكن استخدامه للتغويز أو الاحتراق. ويشكل تحويل المشتقات إلى قوالب تكنولوجيا قديمة تسمح برصّ الوقود وبالتالي بنقله إلى المستخدم النهائي بكلفة مقبولة وبسهولة. ويرغب الزبائن في الحصول على القوالب لاستخدامها كوقود للغلايات المحلية، و/أو كمواد أولية لنظم الاحتراق و/أو للنظم الصناعية الثانوية المحلية أو الصغيرة[٧٥]؛

(٢) التغويز لإنتاج الطاقة الحرارية، أو التوليد المختلط للطاقة الكهربائية والحرارية بهدف إنتاج البخار أو الكهرباء، على التوالي. والتغويز ممارسة شائعة في عدد من معامل

(٧٤) (a) A.M. Omer, "Organic waste treatment for power production and energy supply", *Journal of Cell and Animal Biology*, vol. 1, No. 2 (October 2007), pp. 034-047; (b) Department of Economic and Social Affairs (DESA), "Small-scale production and use of liquid biofuels in sub-Saharan Africa: Perspectives for sustainable development" (2007), which is available at: www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/csd15_bp2.pdf; (c) Wetlands International, "Biofuels in Africa: An assessment of risks and benefits for African wetlands" (May 2008), which is available at: http://www.aidenvironment.org/Upload/Files/xhtvkw/Biofuels%20in%20Africa_study%20WI.pdf; (d) European Commission, Directorate-General for Research, Information and Communication Unit, "Energy scientific and technological indicators and references" (2005), which is available at: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html; and (e) The Royal Society, "Sustainable biofuels: prospects and challenges" (14 January 2008), which is available at: http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914.

(٧٥) Free Patents Online, "Method and device for pelletizing unprocessed sugar-cane bagasse" (4 April 2007), which is available at: www.freepatentsonline.com/EP1770152.html.

السكر، بالرغم من أن ثفل قصب السكر يَستخدم في شكله المنفوش عادة، مما يتسبب بأضرار بيئية[٧٦]؛

(٣) الهضم اللاهوائي، بهدف إنتاج الغاز الطبيعي الجاهز للاستخدام المباشر في المواقد أو الأفران الريفية أو تحويله إلى طاقة محرِّكة[٧٧]؛

(ب) التكنولوجيات التي لا تزال في طور التجربة أو البحث أو التطوير، ومنها:

(١) إنتاج الإيثانول لاستخدامه في النقل[٧٨]؛

(٢) التحول الحراري لإنتاج الزيت الحيوي والفحم (الكربون والمخلفات). ويَحرق الفحم لتوليد الطاقة اللازمة لعملية الانحلال الحراري الممتصة للحرارة. وقد نُفِّذ عدد من المشاريع في مجال إنتاج الزيت الحيوي من الكتلة الحيوية كمشاريع نموذجية في عدد من البلدان المتقدمة. ويقول البعض إن المنتَج يَستخدم مكان زيت الوقود (رقم ٢) أو يمكن إخضاعه لمزيد من المعالجة لإنتاج المواد الكيميائية[٧٩].

---

(٧٦) See, for example, the following: (a) S.M. el-Haggar et al., "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005) and is available at: www.unido-ichet.org/ihec2005/files/manuscripts/EL%20Haggar%20S.M-Egypt.pdf.; (b) Department of Economic and Social Affairs (DESA), "Small-scale production and use of liquid biofuels in sub-Saharan Africa: Perspectives for sustainable development" (2007), which is available at: www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/csd15_bp2.pdf; (c) Wetlands International, "Biofuels in Africa: An assessment of risks and benefits for African wetlands" (May 2008), which is available at: http://www.aidenvironment.org/Upload/Files/xhtvkw/Biofuels%20in%20Africa_study%20WI.pdf; (d) European Commission, Directorate-General for Research, Information and Communication Unit, "Energy scientific and technological indicators and references" (2005), which is available at: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html; (e) The Royal Society, "Sustainable biofuels: prospects and challenges" (14 January 2008), which is available at: http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914; (f) Free Patents Online, "Method and device for pelletizing unprocessed sugar-cane bagasse" (4 April 2007), which is available at: www.freepatentsonline.com/EP1770152.html; (g) V. Seebaluck, "Sugarcane bagasse cogeneration as a renewable energy resource for Southern Africa", which was presented at the Third International Green Energy Conference (Västerås, Sweden, 17-21 June 2007) and is available at: http://www.carensa.net/PDF/Sugarcane%20Bagasse%20Cogeneration%20as%20a%20Renewable%20Energy%20Resource%20for%20Southern%20Africa_17Jun07.pdf; (h) International Society of Sugar Cane Technologists, "Design, build-up and evaluation of a sugarcane biomass (bagasse and trash) gasification pilot plant with 3 MWE of power" (June 2007), project proposal for the International Sugarcane Biomass Utilization Consortium (ISBUC), which is available at: http://issct.intnet.mu/ISBUCresprop1.HTM; and (i) P.W. Alonso, P. Garzone and G. Cornacchia, "Agro-industry sugarcane residues disposal: The trends of their conversion into energy carriers in Cuba", *Waste Management*, vol. 27, No. 7 (2007), pp. 869-885.

(٧٧) G.L. Shukla and K.A. Prabhu, "Bio-gas production from sugarcane biomass and agro-industrial waste", which is available at: http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=19960302970.

(٧٨) K.L. Kadam, "Environmental life cycle implications of using bagasse-derived ethanol as a gasoline oxygenate in Mumbai (Bombay)" (November 2000), which is available at: www.nrel.gov/docs/fy01osti/28705.pdf; M.I. Rajoka, "The enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated wheat straw and bagasse to ethanol", *ATDF Journal*, vol. 2, No. 2 (2005), which is available at: www.atdforum.org/IMG/pdf/ethanol.pdf; and A. Hinkova and Z. Bubnik, "Sugar beet as a raw material for bioethanol production", *Czech J. Food Science*, vol. 19, No. 6 (2001), pp. 224-234, which is available at: www.cazv.cz/ attachments/5-Hinkova.pdf.

(٧٩) DynaMotive Energy Systems Corporation, "Fast pyrolysis of bagasse to produce biooil fuel for power generation", which was presented at the 2001–Sugar Conference and is available at: www.biooil.ru/docs/2001SugarConferencePaper.pdf.

٢- توليد الطاقة من الوقود الحيوي

استناداً إلى القيم الحرارية للكتلة الحيوية الصالحة لإنتاج الوقود الحيوي (ثفل قصب السكر ولب الشمندر)، يبيّن الجدولان ٢٠ و٢١ التقديرات المتصلة بإنتاج الوقود الحيوي، وكمياته، والطاقة المولّدة مقابل كل وحدة من المدخلات في البلدان المستهدفة. وتقوم هذه التقديرات على افتراضات واقعية حول قدرة التكنولوجيات الاختيارية المطروحة على إنتاج الوقود الحيوي. وترتكز القيم الإجمالية السنوية لكل بلد على الإنتاج الإجمالي لثفل قصب السكر و/أو لب الشمندر في البلد المستهدف.

الجدول ٢٠- توليد الطاقة من الوقود الحيوي المستخرج من ثفل قصب السكر ولب الشمندر عن طريق عدد من التكنولوجيات القابلة للتطبيق

المخلفات	القيمة الحرارية[أ] (ميغاجول/كيلوغرام)	الوقود الحيوي	القيمة الحرارية[أ] (ميغاجول/كيلوغرام)	قيمة الطاقة المتولدة مقابل كل وحدة من المواد الأولية[ب] (بالكسور)	الطاقة المتولدة[ج] (ميغاجول/طن)
	٩,٥	ثفل قصب السكر (الجاف)	١٤,١٢٤	٠,٥٥	٧ ٧٦٨
		الكهرباء	ميغاواط	٠,٣٩	١ ٤٢١
ثفل قصب السكر (الرطب)		الوقود الحيوي	١٩,٦	١,٤٠	٢٧ ٤١٦
	١٤,١	القوالب	١٦	٠,٩	١٤ ٤٠٠
		إيثانول	٢٦,٧٢	٠,١٥	٤ ٠٠٨
ثفل قصب السكر (الجاف)		الزيت الحيوي	١٥,٤	٠,٦٢	٩ ٥٤٨
لب شمندر السكر[د]	١,٤٥	الغاز الحيوي	١٩,٦	٠,١١	٢ ١٦٤

(أ) ترتكز جميع القيم الحرارية على متوسط القيم المبلّغ عنها.
(ب) يستند هذا الكسر إلى متوسط الإنتاج الفعلي المتوقع من العملية المحددة.
(ج) محسوبة لكل طن من المواد الأولية.
(د) معدل الرطوبة: ٨٠ في المائة.

الجدول ٢١- إمكانية توليد الطاقة من الوقود الحيوي

المخلفات	الوقود الحيوي	الإنتاج السنوي للمواد الأولية[أ] (بملايين الأطنان)					الإنتاج السنوي الإجمالي للوقود الحيوي[ب] (بملايين الميغاجول)				
		مصر	السودان	المغرب	الصومال	الجمهورية العربية السورية	مصر	السودان	المغرب	الصومال	الجمهورية العربية السورية
	ثفل قصب السكر (الجاف)	٢,١١	١,٣٨	٠,١٧	٠,١٢	..	١٦ ٣٦٨	١٠ ٦٨٦	١ ٣٤٢	٩١٩	..
ثفل قصب السكر	الكهرباء	٣,٨٣	٢,٥٠	٠,٣١	٠,٢٢	..	٥ ٤٤٤	٣ ٥٤٤	٤٤٦	٣٠٦	..
(الرطب)	الوقود الحيوي	٣,٨٣	٢,٥٠	٠,٣١	٠,٢٢	..	١٠٥ ٠٣١	٦٨ ٥٦٨	٨ ٦١١	٥ ٨٩٤	..
	القوالب	٢,١١	١,٣٨	٠,١٧	٠,١٢	..	٣٠ ٣٤٢	١٩ ٨٠٨	٢ ٤٨٨	١ ٧٠٣	..
ثفل قصب السكر	الإيثانول	٢,١١	١,٣٨	..	٠,٢٢	..	٨ ٤٤٥	٥ ٥١٣	١ ٢٥٩	٨٦٢	..
(الجاف)	الزيت الحيوي	٢,١١	١,٣٨	٠,١٧	٠,١٢	..	٢٠ ١١٨	١٣ ١٣٤	١ ٦٤٩	١ ١٢٩	..
لب شمندر السكر[ج]	الغاز الحيوي	١,٦٠	..	٠,٨٦	..	٠,٣٣	٣ ٤٥٤	..	١ ٨٥٢	..	٧٠٩

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

(أ) كما يرد في هذا التقرير.
(ب) استنادا إلى الإنتاج الإجمالي للوقود الحيوي حسب إنتاج المحاصيل.
(ج) معدل الرطوبة: ٨٠ في المائة.

هاء- تكاليف الاستثمار والتشغيل

تُعرض فيما يلي ثلاث حالات تبيّن تقديرات تكاليف الاستثمار والتشغيل المترتّبة على استخدام تكنولوجيات مختلفة لإنتاج الوقود الحيوي في قطاع السكر. وجرى اقتراح هذه الحالات بناء على المعايير التالية:

(أ) الاعتماد إلى أقصى حدّ ممكن على التكنولوجيات التي تتمتع بكفاءة عالية جداً في تحويل مشتقات السكر إلى وقود حيوي؛

(ب) استخدام المواد الأولية حسب كمياتها المتوفّرة في الوقت الراهن وإمكانيات توفّرها لغاية عام ٢٠٢٠؛

(ج) توفير مصادر الطاقة للمجتمعات الريفية أو النائية والمنشآت الصناعية الصغيرة؛

(د) استخدام مخلفات زراعية أخرى بالإضافة إلى المواد الأولية المذكورة في هذا الفصل، وذلك للحفاظ على إمكانية تنويع الإنتاج الاقتصادي.

وقد حُسبت تكاليف الاستثمار والتشغيل المترتبة على الخيارات المقترحة والقابلة التطبيق والهادفة إلى إنتاج الوقود الحيوي حسب وصف هذه التكنولوجيات في هذه الدراسة. وقد وُضعت التقديرات بناء على عدد من الافتراضات، منها:

(أ) الارتكاز على البيانات المبلّغ عنها فيما يتعلق بحجم التكاليف؛

(ب) تحديث تلك البيانات من خلال استخدام المؤشرات المؤاتية لحساب التكاليف؛

(ج) تصنيع المكوّنات الكفيلة بخفض تكاليف المعدات محلياً؛

(د) تحديد التكاليف حسب التكاليف السائدة في قطاع الوقود الحيوي؛

(ه) تكاليف المرافق العامة واليد العاملة في مصر؛

(و) تُبين القيمة بعد الاستهلاك بواسطة خط مستقيم لمتوسط عمر ١٥ سنة وقيمة خردة متدنية جداً؛

(ز) يُفترض أن يبلغ متوسط سعر الكتلة ٦ و١٠ دولارات/طن بالترتيب. ويرتكز هذا السعر على افتراض أنه سيجري استعمال كتلة حيوية أخرى أقلّ سعراً.

وتبيّن الجداول ٢٢ إلى ٢٩ قيمة رأس المال، وتكاليف التشغيل والصيانة، والقيمة بعد الاستهلاك، والتكاليف الإجمالية للإنتاج، وكلفة كل منتَج، في حين يلخّص الجدول ٣٠ هذه القيم ويقارن فيما بينها في مختلف الخيارات. وأيا كان الخيار المعتمد، يفترض أنه سيجري اعتماد التكنولوجيات ذات المستوى المنخفض إلى المتوسط، وذلك حسب المعدات التي تمّ شراؤها. غير أنه ينبغي أن يشرف مهندسون وعلماء كيمياء على العمليات الكيميائية الحيوية. ويمكن كذلك تدريب الفنيين والعاملين ذوي المهارات المتوسطة للاضطلاع بمهام محدّدة.

الجدول ٢٢- تحويل الكتلة الحيوية إلى قوالب: تكاليف رأس المال الاعتيادية

البند	الكلفة (بملايين الدولارات)
المعدات التي جرى شراؤها	٠,٤٠
التركيب	٠,١٢
تركيب الأنابيب	٠,٠٦
أعمال الهندسة المدنية	٠,٠٤
الأعمال الكهربائية وأجهزة التحكم	٠,٠٨
أمور أخرى	٠,٠٤
الهندسة والمقاولة	٠,٨٦
حالات الطوارئ	٠,٦٥
المجموع	٢,٢٥

الجدول ٢٣- تحويل الكتلة الحيوية إلى قوالب: التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً

البند	السعر (دولار/وحدة)	الوحدة	الكمية	الكلفة السنوية (بآلاف الدولارات)
المواد				
ثفل قصب السكر	١٠	طن	٥٢ ٠٠٠	٥٢٠
مواد أخرى				١٠
المرافق				
الكهرباء	٠,٠٤	كيلوواط ساعة	١ ٥٦٠ ٠٠٠	٦٢,٤
الوقود	٠,٢	ليتر	٦٠ ٠٠٠	١٢
اليد العاملة				
المدير	٥ ٠٠٠	سنة	١	٥,٠
المهندس	٤ ٥٠٠	سنة	٣	١٣,٥
الأخصائي الفني	٣ ٠٠٠	سنة	٤	١٢,٠
العاملون	٢ ٠٠٠	سنة	٨	١٦,٠
الصيانة	٢	النسبة المئوية من رأس المال		٤٥,٠
عناصر أخرى	١٠	النسبة المئوية من المجموع		٧٧,٣
المجموع				٧٧٣,٣
الاستهلاك		على مدى ١٥ سنة		١٥٠,١
التكاليف الإنتاجية الإجمالية				٩٢٣,٤
كلفة القوالب (دولار/طن)		(٢٦٠ يوماً)		٣٥,٥٢

(أ) الحالة الأولى- توليد الطاقة الحرارية عن طريق صنع القوالب

تستخدم هذه الحالة، صنع القوالب (إنتاج الوقود المستخرج من النفايات) كأساس لاستخدام الطاقة الحرارية فيما بعد، لا سيما لدى الأسر الريفية. ويمكن استخدام هذه القوالب مباشرة ومن دون تجهيزها في المواقد في المناطق الريفية. وتجد هذه التكنولوجيا ما يبررها في النقص الحالي في أنواع الوقود اللازمة للطبخ. ويمكن استخدامها كذلك في مصر في صناعة العسل الأسود لتفادي آثار هذه الصناعة على البيئة. ويمكن تكييف الغلايات ذات الضغط المنخفض والمصنّعة محلياً لتتمكن من حرق الوقود المستخرج من النفايات بكفاءة. ومن السهل تحسين نظافة المواقع وتأمين خدمات النقل والتخزين فيها، نظراً إلى الفوائد الصحية والبيئية والاجتماعية الناتجة عن ذلك. وفي ضوء الآثار البيئية السلبية المترتبة على الممارسات المعتمدة حالياً، تبدو إمكانيات نجاح سيناريو توليد الطاقة الحرارية عن طريق صنع القوالب كبيرة، لا سيما في ضوء الطبيعة الموسمية لثفل قصب السكر وسهولة تخزين القوالب المصنوعة من هذا الثفل أو غيره من أنواع الكتلة الحيوية المتوفرة بكلفة منخفضة. ولهذه الأسباب، يرجّح أن يبدأ تنفيذ هذا السيناريو قريباً، وهو مبيّن في الجدولين ٢٤ و٢٥ أدناه.

الجدول ٢٤- التغويز وتوليد البخار: تكاليف رأس المال الاعتيادية

البند	الكلفة (بملايين الدولارات)
المعدات التي جرى شراؤها	٠,٨٥
التركيب	٠,٢٦
تركيب الأنابيب	٠,١٣
أعمال الهندسة المدنية	٠,٠٩
الأعمال الكهربائية وأجهزة التحكم	٠,١٧
أمور أخرى	٠,٠٩
الهندسة والمقاولة	٠,٤٠
حالات الطوارئ	٠,٣٠
المجموع	٢,٢٧

الجدول ٢٥- التغويز وتوليد البخار: التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً

البند	السعر (دولار/وحدة)	الوحدة	الكمية	الكلفة السنوية (بآلاف الدولارات)
المواد (ثفل قصب السكر)	١٠	طن	٥٢ ٠٠٠	٥٢٠
المرافق				
الكهرباء	٠,٠٤	كيلوواط ساعة	١٢٠ ٠٠٠	٤,٨
الوقود	٠,٢	ليتر	٥٠ ٠٠٠	١٠
المياه	٠,٢	متر مكعب	٥٢ ٠٠٠	١٠,٤
اليد العاملة				
المدير	٥ ٠٠٠	سنة	١	٥,٠
المهندس	٤ ٥٠٠	سنة	٣	١٣,٥
الأخصائي الفني	٣ ٠٠٠	سنة	٣	٩,٠
العاملون	٢ ٠٠٠	سنة	٦	١٢,٠
الصيانة	٢	النسبة المئوية من رأس المال		٤٥,٥
أمور أخرى	١٠	النسبة المئوية من المجموع		٧٠,٠
المجموع				٧٠٠,٢
الاستهلاك		على مدى ١٥ سنة		١٥١,٥
التكاليف الإنتاجية الإجمالية				٨٥١,٧
كلفة البخار (دولار/طن)		(٢٦٠ يوماً)		١٣,٦٥

(ب) الحالة الثانية- التغويز والتوليد المختلط للطاقة الحرارية والكهربائية

يقضي هذا السيناريو بتوليد الكهرباء والبخار بصورة مختلطة، بواسطة مفاعل حديث للغاز وتوربينة مختلطة لضخ الغاز والبخار. ويجري توليد الحرارة والكهرباء بشكل متوازن، وذلك بعد إجراء تقييم دقيق للطلب عليهما في المناطق المعنية. وتتضمن المواد الأولية المستخدمة ثفل قصب السكر الجاف أو القوالب. ويمكن استخدام مواد أولية أخرى من الكتلة الحيوية بهدف التنويع في المواد النباتية المستخدمة.

وبدأ تطبيق هذا السيناريو بالفعل في مصر والسودان. وفي السودان، تشير دراسات الجدوى إلى إمكانية مضاعفة القدرات القائمة، وذلك عن طريق تحسين كفاءة الغلايات وزيادة ضغطها. وفي مصر، تتمثل الاتجاهات الصناعية الحالية في استبدال ثفل قصب السكر بالغاز الطبيعي، مما يفتح المجال أمام إنشاء محطات يديرها القطاع الخاص للتوليد المختلط للطاقة بعيداً عن المواقع. ويشير ذلك إلى المنافسة بين تطبيقات الغاز والكتلة الحيوية لتوليد الطاقة. وفي هذا السيناريو، ينبغي أن ينظر في استخدام مواد أولية أخرى منخفضة الكلفة من الكتلة الحيوية المتوفرة في المجتمع المحلي. وتتوقف استدامة هذا السيناريو على الأسعار الدولية للنفط والغاز الطبيعي.

الجدول ٢٦- التغويز وتوليد الكهرباء (٣ ميغاواط): التكاليف الاعتيادية المتصلة برأس المال

البند	الكلفة (بملايين الدولارات)
المعدات التي جرى شراؤها	٤,٢٥
التركيب	١,٢٨
تركيب الأنابيب	٠,٦٤
أعمال الهندسة المدنية	٠,٤٣
الأعمال الكهربائية وأجهزة التحكم	٠,٨٥
أمور أخرى	٠,٤٣
الهندسة والمقاولة	١,٩٢
حالات الطوارئ	١,٤٤
المجموع	١١,٢٢

الجدول ٢٧- التغويز وتوليد الكهرباء (٣ ميغاواط): التكاليف الاعتيادية للتشغيل والصيانة، سنوياً

البند	السعر (دولار/وحدة)	الوحدة	الكمية	الكلفة السنوية (بآلاف الدولارات)
المواد (ثفل قصب السكر)	١٠	طن	٤٧ ٤٢٤	٤٧٤,٢
المرافق				
الكهرباء	٠,٠٤	كيلوواط ساعة		
الوقود	٠,٢	ليتر	٦٠ ٠٠٠	١٢
المياه	٠,٢	متر مكعّب	٣٢ ٠٠٠	٦,٤
اليد العاملة				
المدير	٥ ٠٠٠	سنة	١	٥,٠
المهندس	٤ ٥٠٠	سنة	٤	١٨,٠
الأخصائي الفني	٣ ٠٠٠	سنة	٨	٢٤,٠
العاملون	٢ ٠٠٠	سنة	١٢	٢٤,٠
الصيانة	٢	النسبة المئوية من رأس المال		٢٢٤,٥
عناصر أخرى	١٠	النسبة المئوية من المجموع		٨٧,٦
المجموع				٨٧٥,٧
الاستهلاك		على مدى ١٥ سنة		٧٤٨,٢
التكاليف الإنتاجية الإجمالية				١ ٦٢٣,٨
كلفة الكهرباء (دولار/كيلوواط ساعة)		(٢٦٠ يوما)		٠,٠٩

(ج) الحالة الثالثة- إنتاج الإيثانول

يقضي هذا السيناريو بإنتاج الإيثانول من ثفل قصب السكر ولب شمندر السكر، وذلك بهدف مزجه مع البنزين لخفض معدلات استيراده، وتوفير بديل سليم بيئياً لأثير الميثيل والبيوثيل الثالثي، واستخدامه في الصناعات الكيميائية الصغيرة النطاق. وتؤكّد التجارب الوطنية والدولية المعروفة في مجال استخدام الإيثانول المستخرج من قصب السكر أو الذرة على نطاق واسع جدوى هذا السيناريو. وبالرغم من أنّ

عملية تحويل المواد السليلوزية الخشبية إلى إيثانول حيوي لا تزال في مرحلتها التجريبية، إلا أنه من المتوقع أن تكتسب طابعاً تجارياً خلال السنوات القليلة المقبلة. ويمكن تصنيع العديد من المعدات اللازمة لمحطات التحويل محلياً. ويتوقع خفض تأثير البندين الأعلى بين بنود التكاليف، وهما الأنزيمات وتركيز الكحول، في ضوء البرامج الجارية في مجال تثبيت الأنزيمات وفصل الأغشية. ويمكن إمداد محطات إنتاج الإيثانول بالطاقة بواسطة إحدى المحطات ذات الحجم المناسب والعاملة على التوليد المختلط للطاقة. وسيساعد تنفيذ هذا السيناريو في التغلب على مشاكل تخزين الطاقة.

الجدول ٢٨ - إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية: الكلفة الاعتيادية لرأس المال

البند	الكلفة (بملايين الدولارات)
المعدات التي جرى شراؤها	٢,١٠
التركيب	٠,٦٣
تركيب الأنابيب	٠,٣٢
أعمال الهندسة المدنية	٠,٢١
الأعمال الكهربائية وأجهزة التحكّم	٠,٤٢
أمور أخرى	٠,٢١
الهندسة والمقاولة	٠,٨٦
حالات الطوارئ	٠,٦٥
المجموع	٥,٤٠

الجدول ٢٩ - إنتاج الايثانول من الكتلة الحيوية: تكاليف التشغيل والصيانة الاعتيادية، سنوياً

البند	السعر (دولار/وحدة)	الوحدة	الكمية	الكلفة السنوية (بآلاف الدولارات)
المواد				
ثفل قصب السكر	١٠	طن	١٢ ٢٤٠	١٢٢,٤
مواد أخرى				٣٢٠
المرافق				
الكهرباء	٠,٠٤	كيلوواط ساعة	١ ٢٠٠ ٠٠٠	٤٨
الوقود	٠,٢	ليتر	٤٥٠ ٠٠٠	٩٠
المياه	٠,٢	متر مكعّب	١٢ ٢٤٠	٢,٤
اليد العاملة				
المدير	٥ ٠٠٠	سنة	١	٥,٠
المهندس	٤ ٥٠٠	سنة	٤	١٨,٠
الأخصائي الفني	٣ ٠٠٠	سنة	٨	٢٤,٠
العاملون	٢ ٠٠٠	سنة	١٢	٢٤,٠
الصيانة	٢	النسبة المئوية من رأس المال		١٠٧,٩
عناصر أخرى	١٠	النسبة المئوية من المجموع		٨٤,٦
المجموع				٨٤٦,٤
الاستهلاك	على مدى ١٥ سنة			٨٤٦,٨
التكاليف الإنتاجية الإجمالية				١٢٠٦,٢
كلفة الإيثانول (دولار/طن)	(٣٠٠ يوماً)			٥٣٦,١٠

الجدول ٣٠- تكاليف رأس المال والاستثمار المترتبة على التكنولوجيات المقترحة لإنتاج الوقود الحيوي

التكنولوجيا	طاقة الإنتاج القصوى	الإنتاج	تكاليف رأس المال (ملايين الدولارات)	التكاليف السنوية للتشغيل والصيانة (بآلاف الدولارات)	القيمة بعد الاستهلاك (بآلاف الدولارات)	التكاليف الإجمالية للإنتاج (بآلاف الدولارات)	الكلفة (دولار/منتج واحد)	
							٦ دولارات/طن من الكتلة الحيوية	١٠ دولارات/ طن من الكتلة الحيوية
صنع القوالب	١٠ أطنان/ ساعة من ثفل قصب السكر الرطب	٥ أطنان/ ساعة من القوالب	٢,٢٥	٥٤٢	١٥٠	٦٩٢	٢٧ قالبا من الفحم	٣٦ قالبا من الفحم
التغويز لغرض توليد البخار	١٠ أطنان/ ساعة من ثفل قصب السكر الرطب	١٠ أطنان/ ساعة من البخار (١٥ – ٢٠ بارا)	٢,٢٧	٤٧٠	١٥١	٦٢١	١٠ (بخار)	١٣,٧ (بخار)
التغويز وتوليد الكهرباء	٧,٦ طن/ ساعة من ثفل قصب السكر الجاف	٣ ميغاواط	١١,٢	٧٧٠	٧٤٨	١ ٥١٨	٠,٠٨ كيلوواط ساعة	٠,٠٩ كيلوواط ساعة
الإيثانول	١,٦٧ طن/ ساعة من ثفل قصب السكر الرطب	٠,٢٥ طن/ساعة	٥,٤	٧٩٢	٣٥٧	١ ١٤٩	٥١٠ (إيثانول)	٥٣٦ (إيثانول)
الزيت الحيوي	٨,٣ أطنان/ ساعة من ثفل قصب السكر الجاف	٥ أطنان/ ساعة	٧,٥	١ ١٦٧	٥٠٠	١ ٦٦٧	٤٥ (زيت حيوي)	٥٠ (زيت حيوي)

واو- مبادرات القطاعين العام والخاص

تتوفر معلومات قليلة جداً عن المبادرات المتخذة في القطاعين العام والخاص لإنتاج الوقود الحيوي عن طريق تجهيز قصب السكر وشمندر السكر. غير أنه يمكن الإدلاء ببعض الملاحظات الهامة حول هذا الموضوع.

في تصنيع قصب السكر، يَستخدم جزء كبير من ثفل قصب السكر، عموماً، لتوفير الطاقة اللازمة لتجهيزه من خلال إنتاج البخار و/أو توليد الكهرباء مباشرة. غير أن هذا الاتجاه يتغيّر في مصر نحو استخدام ثفل قصب السكر في صناعات متنوعة، مثل إنتاج لب الشمندر لصناعة الورق، واللوحات، والألواح الليفية المتوسطة الكثافة، وعلف الحيوانات.

وفي صعيد مصر، تستخدم مئات من محطات إنتاج العسل الأسود ثفل قصب السكر لإنتاج الطاقة الحرارية وتلبية متطلبات التجهيز. ويرى البعض أن كل من هذه المرافق التي يبلغ عددها ٤٠٠ مرفق تقريباً يستطيع إنتاج ٩-١٠ أطنان في اليوم الواحد. ويَستخدم جزء من المخلفات الجافة في حقول قصب السكر في المواقد في المناطق الريفية، بينما يَحرق الجزء المتبقّي في الحقول.

وفي السودان، يَستخدم ثفل قصب السكر، عموماً، في التوليد المختلط للطاقة الحرارية والكهربائية. وكما ذكر سابقاً، تقوم شركة كنانة للسكر، وهي تابعة للقطاع الخاص، بإنتاج الفحم النباتي منذ عام ١٩٩٨. وهناك معملان إضافيان قيد الإنشاء.

والاستثمارات السودانية في الوقود الحيوي منصوص عليها في استراتيجية عشرية تتضمن مشروع الجزيرة لإنتاج ٢,٩ مليون طن من السكر و٢٠٥ ملايين ليتر من الايثانول سنوياً، كمصدر للوقود الحيوي الأولي. ويتوقّع أن تنتج هذه العملية كميات إضافية من الكتلة الحيوية اللازمة لإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي كذلك. وتشكل تجربة مزج الايثانول المستخرج من السكر مع البنزين مبرراً للمقترح القائل بإنتاج الإيثانول من المواد الخشبية السليلوزية لتحقيق الأغراض نفسها، إذا كان ذلك مجدياً من الناحية الاقتصادية.

وفيما يتعلق بلب شمندر السكر، يتمثل الاتجاه الحالي في استخدامه لإنتاج الأعلاف الموجَهة بمعظمها للتصدير، بسعر جار قدره ١٣٥ دولاراً/طن تقريباً، مما يوفر لمرافق الإنتاج والشركات العاملة في التصدير مخزوناً هاماً للعملة الأجنبية. ومن هنا، يجب أن تتجاوز الوفورات الناتجة من استخدام لب شمندر السكر لإنتاج الوقود الحيوي واستخدامه في الشركات أو بيعه هذا السعر وما يلحق به من تكاليف المعاملات التجارية، وذلك ليكون بديلاً مجدياً.

زاي- استخدام الوقود الحيوي

في الوقت الراهن، يَستخدم ثفل قصب السكر الذي تنتجه مصانع السكر أو العسل الأسود لتوليد الطاقة اللازمة للمصانع المعنية بتجهيزه. غير أنَ كفاءة الاستخدام منخفضة نسبيا وتبلغ حوالى ٦٠ في المائة فقط[٨٠]. وينبغي اعتماد التدابير الثلاثة الرئيسية التالية لتعزيز كفاءة إنتاج الطاقة، وذلك بطريقة تؤمِّن طاقة إضافية يمكن تصديرها إلى الصناعات الصغيرة القريبة من الموقع:

(أ) تحسين ممارسات إدارة المخلفات، والتركيز على تحسين عملية جمع ثفل قصب السكر، لا سيما المستخرَج من مصانع العسل الأسود الصغيرة وغيرها من دكاكين عصير القصب؛

(ب) تحسين كفاءة الاحتراق في مصانع السكر ومرافق العسل الأسود. ففي السودان مثلا، أشار عدد من دراسات الجدوى إلى أنه يمكن رفع القدرة الحالية على التوليد المختلط للطاقة بما لا يقل عن ٤٠ ميغاواط؛

(ج) تطبيق الهضم اللاهوائي لمعالجة النفايات السائلة العالية التركيز والناتجة من مصانع شمندر السكر، وهو أمر من شأنه زيادة إنتاج الغاز الحيوي.

وجوهر ما في الأمر أنه يمكن للمشاريع الصغيرة والمتوسطة أن تستفيد من الزيادة الحالية أو المحتملة في إنتاج الوقود الحيوي، وذلك بعدة طرق، منها ما يلي:

---

(٨٠) S.M. el-Haggar et al., "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005) and is available at: www.unido-ichet.org/ihec2005/files/manuscripts/EL%20Haggar%20S.M-Egypt.pdf.

(أ) اعتماد تكنولوجيا رص الكتلة الحيوية في قوالب بهدف تحسين كفاءة الطاقة وتخفيف الأثر السلبي لحرق الثفل المنفوش على البيئة. ومن شأن ذلك أيضاً تأمين فرص عمل إضافية ذات آثار اجتماعية إيجابية؛

(ب) يمكن الاستفادة من فائض الطاقة الذي سينتج من تحسين كفاءة التوليد المختلط للطاقة أو تكوين الطاقة واستخدامها لأغراض صناعية أخرى؛

(ج) ينبغي تقييم جدوى إنتاج الايثانول من ثفل قصب السكر ولب شمندر السكر، مقارنة باستخدام المواد الأولية الأخرى لأغراض توليد الطاقة أو لأغراض أخرى؛

(د) في معرض تحسين الفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في مجال إنتاج الوقود الحيوي واستخدامه، ينبغي البحث في تطبيق تكنولوجيا التغويز لتوفير الطاقة في المناطق الريفية، وذلك على أساس مخلفات المحاصيل التي تم جمعها من الحقل؛

(•) يمكن لشركات النقل التجارية المخصصة لجمع ثفل قصب السكر من مصادر إنتاجه ولتوزيع القوالب أن توفر فرصاً إضافية للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في قطاع الوقود الحيوي.

حاء- الاستنتاجات والتوصيات

بالرغم من الانخفاض الذي حصل مؤخراً في أسعار النفط التي كانت قد بلغت أعلى مستويات لها على الإطلاق في عام ٢٠٠٨، لا يزال من الضرورة تشجيع تنفيذ المشاريع في مجال الوقود الحيوي. ويمكن تقديم عدد من الاستنتاجات والتوصيات بشأن إنتاج الوقود الحيوي من محاصيل السكر ونفايات السكر، وذلك بناء على نتائج سلسلة من دراسات الحالة. وفيما يلي هذه الاستنتاجات والتوصيات.

(أ) الخيارات التكنولوجية والاعتبارات

(١) يمكن للمرافق المعنية بتجهيز واستخدام السكر ومحاصيله أن توفر فرصاً كبيرة لإنتاج الوقود الحيوي، مما يسمح بتطوير مجموعة من الأشكال التجارية للطاقة الحيوية. ولكن أي خطة تهدف إلى استكشاف الفرص المتاحة لإنتاج الوقود الحيوي وتسويقه يجب أن تنص على اعتماد خيارات أخرى من المواد الأولية المنخفضة الكلفة، وذلك لضمان استدامة إنتاج الطاقة الحيوية، في ضوء الطبيعة الموسمية لنفايات قصب السكر وشمندر السكر. ومن هنا، يكتسب تخزين مصادر الطاقة والمواد الأولية أهمية كبيرة لا يمكن التغاضي عنها؛

(٢) ينبغي التشديد على التجفيف بالطاقة الشمسية، لأنه يحسن خصائص الوقود الحيوي ويسهم في زيادة إنتاج الطاقة الحرارية المفيدة؛

(٣) يمكن إنشاء نظم لتوليد الطاقة من الكتلة الحيوية، وذلك باستخدام تكنولوجيات ومعدات ذات درجات متفاوتة من التطور. ويكفي تطوير القدرات المحلية في مجالي التكنولوجيا والهندسة في هذه المرحلة لضمان استدامة مشاريع الوقود المشتق من النفايات وكذلك الكربنة والغاز الحيوي. ويجب تصميم وبناء واختبار نظم بسيطة وفعالة لتنفيذ مشاريع التغويز؛

(٤) قد يكون توليد الكهرباء من النفايات الناتجة من قطاع السكر أكثر جدوى في المناطق النائية غير الموصولة بشبكات الكهرباء أو الغاز.

(ب) الجدوى المالية

(١) من المجدي تحديد متى يمكن استخدام مخلفات الكتلة الحيوية لتوليد الطاقة، وتحديد أشكال الطاقة ذات الجدوى الاقتصادية التي يمكن توليدها؛

(٢) ينبغي أن تعدِ الوكالات المعنية لمحات موجزة عن تنفيذ المشاريع الهادفة إلى إنشاء مرافق تستخدم الكتلة الحيوية وأن توزّع هذه اللمحات على الأوساط الصناعية وعلى أصحاب المشاريع. وينبغي أن تركّز المنظمات غير الحكومية وشركات التسويق على المناطق الغنية بمخلفات الكتلة الحيوية من أجل تحديد الفرص المتاحة فيها؛

(٣) قبل تحديد الكتلة الحيوية التي سيجري استخدامها وتوفير الفرص للمشاريع الصغيرة والمتوسطة، ينبغي إجراء دراسات جدوى بهدف المقارنة بين الخيارات المتاحة لاستخدام المخلفات بكلفة منخفضة. وعلى سبيل المثال، قد يكون استخدام ثفل قصب السكر مفيداً جداً لصنع عجينة الورق أو الألواح الليفية المرتفعة أو المتوسطة الكثافة؛

(٤) ينبغي أن تستعرض الحكومات المحلية في المجتمعات المستهدفة مختلف أشكال الحوافز الاقتصادية لتشجيع مشاركة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في مشاريع الوقود الحيوي. ويمكن منح إعفاءات ضريبية معقولة لمشاريع الطاقة الحيوية السليمة بيئياً. وينبغي تحديد هذه الحوافز على أسس اقتصادية واجتماعية وبيئية؛

(٥) ينبغي ضمان المشاركة القصوى للمجتمعات المحلية في استخدام الوقود الحيوي في المناطق الريفية والنائية، من أجل تشجيع المشاركة في التخطيط لتلك المشاريع وتمويلها وتنفيذها واستخدامها؛

(٦) ينبغي أن تعمد المؤسسات المالية الوطنية والمتعددة الجنسيات إلى تشجيع الاستثمار في مشاريع الوقود الحيوي.

(ج) البحث والتطوير وبناء القدرات

(١) بناء القدرات هو عنصر بالغ الأهمية في إشراك المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في مشاريع الوقود الحيوي. وهو ضروري في جميع مراحل تطوير المشاريع، بما فيها مراحل التخطيط والتصميم والتنفيذ، وينبغي أن تشارك فيه الحكومات وأصحاب المشاريع ومؤسسات التمويل والصناعيون والمنظمات غير الحكومية؛

(٢) ينبغي البدء بتنفيذ مشاريع نموذجية في مجال إنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي، من أجل التأكد من الإمكانيات القائمة وتشجيع الاستثمارات. ويتعيّن كذلك إجراء المزيد من البحوث لتقييم تكاليف المعالجة المسبقة، والتحلل المائي، وجفاف الايثانول، وخفض هذه التكاليف.

رابعاً- استخراج الغاز الحيوي من الثروة الحيوانية وصناعات الألبان

ألف- لمحة عامة

يوفّر روث الحيوانات في المزارع، نظراً إلى طبيعته المركزة، إمكانية مؤكّدة لاستخدامه كمصدر للوقود الحيوي، وذلك في صناعات الألبان وتربية الماشية وخارجها. وقد أحرز توليد الغاز الحيوي من النفايات العضوية المختلفة تقدماً ملموساً في السنوات القليلة الماضية. ويستعرض هذا الفصل الفرص المحتملة لإشراك المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في هذه التكنولوجيا في مختلف أنحاء المنطقة.

باء- الثروة الحيوانية وإنتاج الحليب في بلدان الإسكوا

يرتبط تقييم القدرة على توليد الغاز الحيوي في بلدان الإسكوا ارتباطاً مباشراً بالثروة الحيوانية المتوفرة فيها وأعدادها. ويبيّن الجدول ٣١ بالتفصيل عدد الدجاج والخراف والإبل والبقر الحلوب في منطقة الإسكوا. وتحظى جميع أنواع الماشية والبقر الحلوب باهتمام خاص، نظراً إلى أنها تتركز عادة في مناطق محدودة في المزارع، حتى يمكن جمع نفاياتها بسهولة. ولا ينطبق هذا الأمر على غيرها من المواشي. ولذلك تركز هذه الدراسة على البقر خصوصاً.

الجدول ٣١- عدد المواشي في منطقة الإسكوا

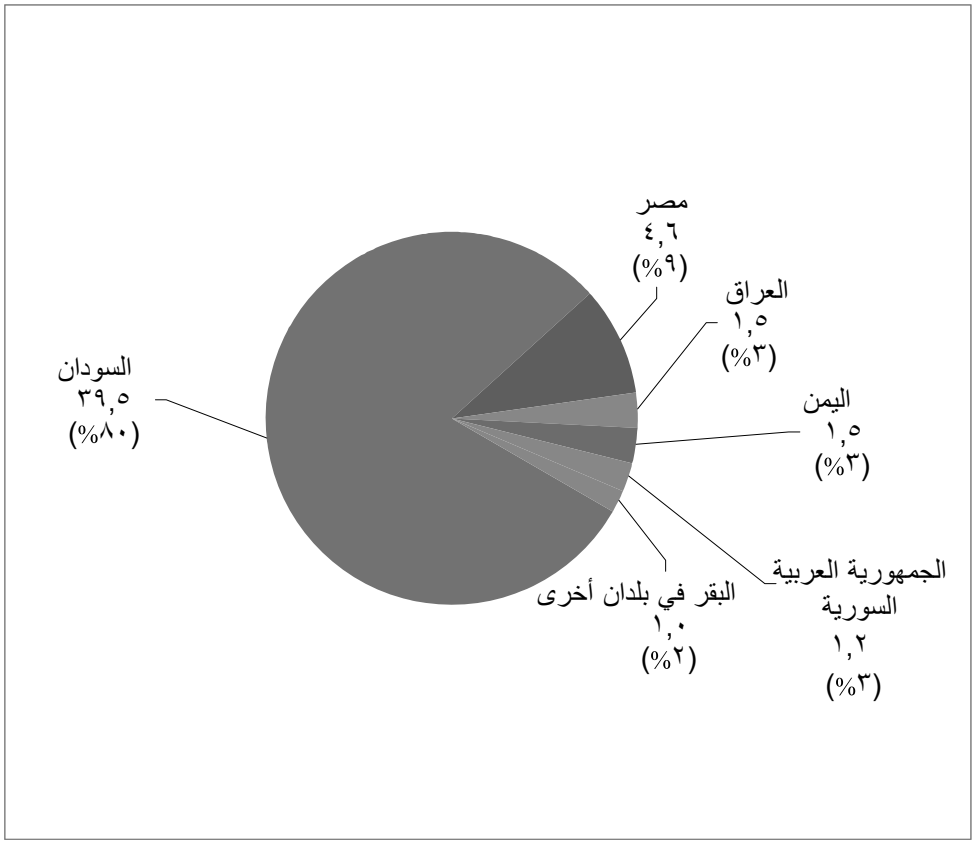
البلد أو الإقليم	الدجاج (٢٠٠٦) (بالأطنان)	الحملان (٢٠٠٧)	الإبل (سنوات مختلفة)	البقر الحلوب
الأردن	١١٥ ٠٠٠	٢ ١٠٠ ٠٠٠	١٤ ٠٠٠ (٢٠٠٧)	٦٩ ٥٠٠
الإمارات العربية المتحدة	٣٢ ٠٠٠	٦١٥ ٠٠٠	١٢٠ ٠٠٠ (٢٠٠٢)	١٢٥ ٠٠٠
البحرين	٦ ٠٠٠	٤١ ٠٠٠	..	٩ ٠٠٠
الجمهورية العربية السورية	١٢٥ ٠٠٠	٢١ ٠٠٠ ٠٠٠	٦ ٥٠٠ (١٩٩٤)	١ ١٥٠ ٠٠٠
السودان	٢٦ ٢٥٠ (٢٠٠٥)	٤٩ ٠٠٠ ٠٠٠	٣ ١٠٠ ٠٠٠ (١٩٩٨)	٣٩ ٥٠٠ ٠٠٠
العراق	٩٥ ٠٠٠	٦ ٢٠٠ ٠٠٠	٢٥٠ ٠٠٠ (٢٠٠٢)	١ ٥٠٠ ٠٠٠
عمان	٦ ٠٠٠	٣٦٠ ٠٠٠	١١٧ ٠٠٠ (٢٠٠٧)	٣١٠ ٠٠٠
فلسطين	٢١ ٦٠٠ (٢٠٠٣)	٧٨٥ ٠٠٠	..	٣٩ ٠٠٠
قطر	٦ ٠٠٠	١٢٠ ٠٠٠	٣٢ ٨٢٩ (٢٠٠١)	٨ ٠٠٠
الكويت	٤٥ ٠٠٠	٩٠٠ ٠٠٠	٥ ٠٠٠ (٢٠٠٢)	٢٨ ٠٠٠
لبنان	١٢٠ ٠٠٠	٣٤٠ ٠٠٠	..	٧٧ ٠٠٠
مصر	٥٣٦ ٠٠٠	٥ ١٨٠ ٠٠٠	٩٥ ٠٠٠ (١٩٩٨)	٤ ٥٥٠ ٠٠٠
المملكة العربية السعودية	٥٥٠ ٠٠٠	٧ ٠٠٠ ٠٠٠	١٣٣ ٢٨٤ (٢٠٠٦)	٣٧٢ ٠٠٠
اليمن	٨٠ ٠٠٠	٨ ٥٨٩ ٠٠٠	٣٦٥ ٠٠٠	١ ٤٩٥ ٠٠٠

المصادر: A. Sayegh, "Middle East poultry production sees reasons for optimism", *World Poultry*, vol. 32, No. 4 (2007)؛ قاعدة البيانات الإحصائية في منظمة الأغذية والزراعة، متاح على الموقع الإلكتروني: http://faostat.fao.org؛ مصلحة الإحصاءات العامة والمعلومات في المملكة العربية السعودية؛ A.M. al-Majali et al., "Risk factors associated with camel brucellosis in Jordan", *Tropical Animal Health and Production*, vol. 40, No. 3 (April 2008), pp. 193-200 C.R. A.S. Saber, "The camel in ancient Egypt" (1998) T.W. Widodo and A. Engler et al., "Economics and environmental impact of biogas production as a manure management strategy" C.D. Fulhage, D. Sievers and J.R. Hendriadi, "Development of biogas processing for small scale cattle farm in Indonesia" (2005) U. Wernery, H.O. Wu et al., "Biogas – is it a sustainable energy source?" (2001) Fischer, "Generating methane gas from manure" "FMD and camelids: International relevance of current research".

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.

ويبيّن الشكل ١٥ عدد الأبقار الحلوب في بلدان الإسكوا، ويتضح منه أن أعداد الأبقار الموجودة في السودان أكبر بكثير من أعداد الأبقار في البلدان الأخرى. ويبين الشكل ١٥ كذلك البلدان التي يمكنها الاستفادة إلى أقصى حد ممكن من إمكانات توليد الغاز الحيوي.

الشكل ١٥- عدد الأبقار الحلوب في بلدان الإسكوا
(بالملايين، والنسبة المئوية من المجموع)



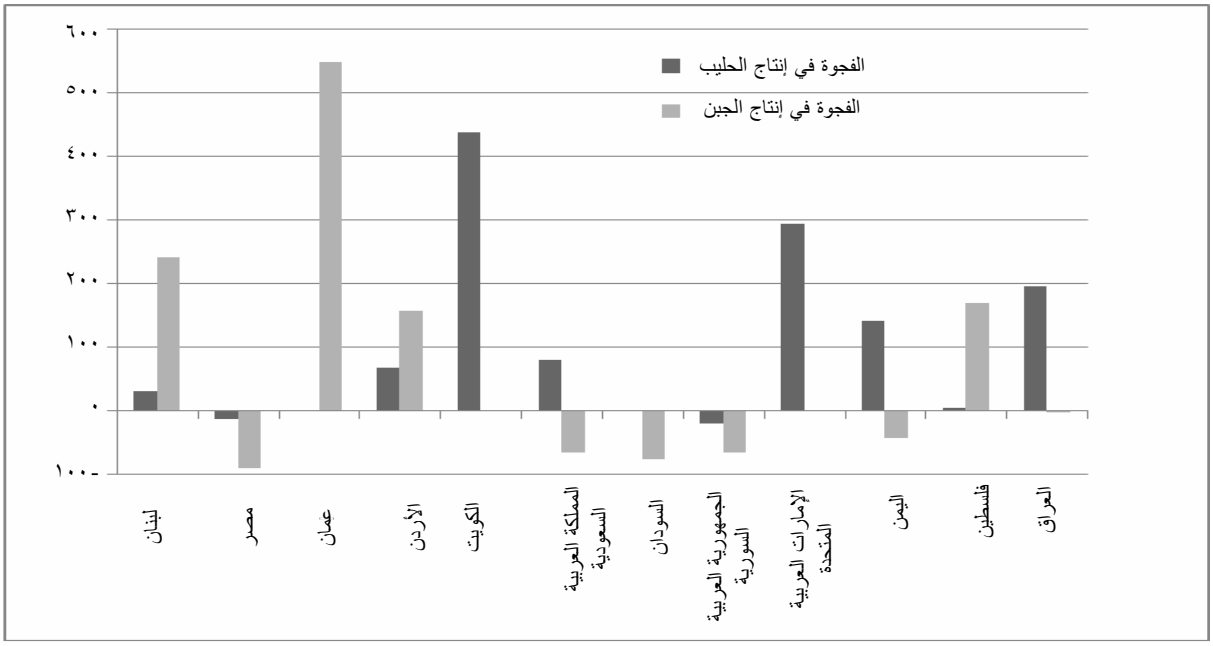
ملاحظة: تشير عبارة "البقر في بلدان أخرى" إلى جميع رؤوس الأبقار الموجودة في سائر بلدان الإسكوا، وهي الأردن والإمارات العربية المتحدة والبحرين وعمان وفلسطين وقطر والكويت ولبنان والمملكة العربية السعودية.

وبالإضافة إلى أعداد الأبقار الحلوب في الوقت الراهن، ينبغي توقّع نمو صناعة الألبان في المستقبل. وقد تكون الفجوة بين مستويات إنتاج واستهلاك كل من الحليب والجبن في بلد معين مؤشراً حول إمكانية نمو صناعة الألبان. واعتُمدت مستويات الإنتاج والاستهلاك كما وردت في أحدث مجموعات البيانات المتاحة. ويبين الشكل ١٦ الثغرات الموجودة في البلدان التي تتوفر بيانات عنها[٨١]. ويتضح من هذا الشكل أنه يتعيّن العمل على تحسين إنتاج الحليب الطازج في الإمارات العربية المتحدة والعراق والكويت واليمن، في حين

(٨١) See the following: (a) IMES Consulting, "GCC dairy products 2006 Oman", which is available at: http://www.imesconsulting.com/publications.php?gclid=CNPyqNfevZkCFRKIxwodMm4-dQ; (b) X. Zhang, R.L. Kilmer and A. Muhammad, "A descriptive analysis of Egypt and Saudi Arabia who import United States dairy products" (2003), which is available at: http://ideas.repec.org/b/ags/uflomo/15698.html; (c) United States Agency for International Development (USAID), "The dairy market in Iraq" (9 July 2006), which is available at: www.usaid.gov/iraq/contracts/pdf/TheDiaryMarketinIraq.pdf; (d) Palestinian Central Bureau of Statistics, which is available at: http://www.pcbs.gov.ps/Portals/_pcbs/Agriculture/8bd96c73-6cf5-47b7-af30-66a6624fc018.htm; (e) Hashemite Kingdom of Jordan, Department of Statistics (DOS), which is available at: http://www.dos.gov.jo/agr/agr_a/index.htm; and (f) A.M. al-Majali et al., "Risk factors associated with camel brucellosis in Jordan", *Tropical Animal Health and Production*, vol. 40, No. 3 (April 2008), pp.193-200, which is available at: http://www.springerlink.com/content/v57tr0j6010744k8/.

ينبغي تحسين إنتاج الجبن في الأردن ولبنان وعمان وفلسطين. وهذه الأرقام هي للدلالة فقط على التطور المحتمل للسوق، في ظل دخول عدة عوامل اقتصادية أخرى لا يتناولها هذا الفصل، بما في ذلك كلفة الإنتاج.

الشكل ١٦- الفجوة بين مستويات إنتاج الحليب والجبن واستهلاكهما



جيم- استخدام الروث في مزارع الألبان كمصدر للطاقة

١- تكنولوجيا توليد الغاز الحيوي

لقد تضمن الفصل الأول لمحة عامة عن هذه التكنولوجيا. أما هذا الفصل فيركّز على استخدام الروث الموجود في مزارع الألبان خصوصاً لتوليد الغاز الحيوي. ويبيّن الشكل ١٧ عملية تحويل النفايات الحيوانية إلى طاقة وإلى منتجات مفيدة. وتبدأ العملية في الحقول الزراعية التي يتوفر فيها العلف الحيواني. ويستهلك البقر في مزارع الألبان العلف لإنتاج الحليب والنفايات. ويُرسل الحليب لتجهيزه إما في محطة بالقرب من المزرعة، وإما إلى إحدى الجمعيات التعاونية التي تجمع الحليب من صغار المزارعين ومن ثم تقوم بتجهيزه. ويمكن جمع النفايات من مزرعة ألبان أو من عدة مزارع، ومن ثمّ تحليلها لا هوائياً لتوليد ثلاثة أنواع من المنتجات، هي:

(أ) النفايات السائلة، ويمكن معالجتها لوقت أطول وكذلك التخلص منها، أو معالجتها لاستخدامها في الري، نظراً إلى أنها تكون غنية بالمواد المغذية؛

(ب) النفايات الصلبة، وتُترك لتستقر أو تحول إلى سماد قبل استخدامها في الأرض، كسماد أو مغذي للتربة؛

(ج) الغاز الحيوي، وهو غني بالميثان، ويمكن أيضاً استخدامه لتوليد الطاقة. ونظراً إلى ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون في الغاز الحيوي، يُعالج هذا الغاز ومن ثم يُحرق لتوليد الحرارة والكهرباء اللتين يمكن استخدامهما في الموقع نفسه، أو إرسالهما إلى الشبكة العامة للكهرباء. والجدير بالذكر أن ضخ الكهرباء في الشبكة ليس خياراً في بلدان الإسكوا، نظراً إلى غياب التشريعات اللازمة، والنقص النسبي في الحوافز المقدمة لمزودي خدمات الكهرباء. وفي بعض البلدان، لا يسمح القانون لمنتجي الطاقة المستقلين بإنتاج الكهرباء. وبالإضافة إلى ذلك، وفي ضوء انخفاض أسعار الكهرباء، تصبح الاستثمارات باهظة الكلفة إلى درجة تقلل من إمكانيات الاستثمار، كما أنه لن يترتب عليها أي مردود قبل فترة طويلة.

ويتناول هذا الفصل التطبيقات المحتملة والفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة من خلال استخدام الغاز الحيوي المستخرج من مزارع الألبان في بلدان الإسكوا.

الشكل ١٧- مخطط إدارة نفايات مزارع الألبان

٢- كمية الطاقة في النفايات الناتجة عن مزارع الألبان

يوفر الجدول ٣٢ تحليلاً موجزاً لإنتاجية مزارع الألبان من الطاقة المستخرجة من النفايات، استناداً إلى إحدى الدراسات حول الطاقة المستخرجة عن طريق الهضم اللاهوائي من الحمأة التي تنتجها ١٠٠ بقرة حلوب يومياً، وقد تصل إلى ١٣٨ كيلوواط حراري في الساعة يومياً[٨٢]. وتفترض هذه النتائج أن البقرة الواحدة التي يبلغ وزنها ٥٥٠ كيلوغراماً تنتج ٦٦ كيلوغراماً من الحمأة يومياً. وتتألف الحمأة من مواد جافة بنسبة ٨ في المائة، وهي ليست مميعة كثيراً.

الجدول ٣٢- إنتاجية ١٠٠ بقرة في مزرعة للألبان من الطاقة

المدخلات من الحمأة (طن واحد من الحمأة غير المعالجة، والتي تبلغ نسبة المواد الجافة فيها ٨ في المائة/يوم)	٦,٦
كمية الغاز الحيوي المتولد (متر مكعب/يوم)	١٠٦
الطاقة الإجمالية المستخرجة من الغاز الحيوي (ميغاجول/يوم)	٢ ٣٣٢
الطاقة الإجمالية الناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (كيلوواط ساعة/يوم)	٥٥١
الطاقة الكهربائية الإجمالية الناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (كيلوواط كهربائي ساعة/ يوم)	٢٠٨
الإنتاج الإجمالي المستمر للطاقة الكهربائية خلال عملية التوليد المختلط للطاقة الكهربائية والحرارية (كيلوواط كهربائي ساعة)	٨,٦
الطاقة الحرارية الإجمالية الناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (كيلوواط حراري ساعة/يوم)	٣٤٤
الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة (كيلوواط كهربائي ساعة/يوم)	٢١
الطاقة الكهربائية الصافية المتاحة للاستخدام والناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (كيلوواط كهربائي ساعة/يوم)	١٨٦
الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين ماكينة الهضم (كيلوواط حراري ساعة/يوم)	٢٠٦
الطاقة الحرارية الصافية المتاحة للاستخدام والناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (كيلوواط حراري ساعة/يوم)	١٣٨
الطاقة الحرارية الصافية المتاحة للاستخدام والناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء (ما يعادل ليترات من النفط، وتبلغ الطاقة القصوى للغلاية ٨٠ في المائة/يوم)	١٨
الطاقة الحرارية الإجمالية المتولدة من الغلاية العاملة بالغاز الحيوي (كيلوواط حراري ساعة/يوم)	٥٥١
الطاقة الحرارية الإجمالية المتاحة للاستخدام والمتولدة من استخدام الغاز الحيوي بواسطة الغلاية العاملة بالغاز الحيوي (كيلوواط حراري ساعة/يوم)	٣٤٤
الطاقة الحرارية الصافية المتاحة للاستخدام والمتولدة من استخدام الغاز الحيوي بواسطة الغلاية العاملة بالغاز الحيوي (ما يعادل بضعة ليترات من النفط، وتبلغ الطاقة القصوى للغلاية ٨٠ في المائة/يوم)	٤٦
الحجم المطلوب لماكينة الهضم (متر مكعب)	١٧٥

وتوصلت دراسة أخرى أقل تخصصاً حول إنتاجية الغاز الحيوي إلى نتائج مختلفة قليلاً (انظر الجدول ٣٣). وهي تقدر أن البقرة الحلوب تنتج ٦٤٠ ليتراً من الغاز الحيوي في اليوم، وليس ١ ٠٦٠ ليتراً في اليوم على النحو المذكور في الجدول ٣٢. وقد بلغت هذه الإنتاجية في مزارع هوبنشيلد في ولاية مينيسوتا في الولايات المتحدة الأمريكية ٢ ٦٠٠ ليتر في اليوم الواحد[٨٣].

(٨٢) P. Frost, S. Gilkinson and J. Buick, "The potential of on-farm anaerobic digestion for Northern Ireland" (2006), which is available at: www.actionrenewables.org/site/download.asp?CatID=4972&parentid=4879&FILE=anaerobic_digestion.pdf.

(٨٣) C. Nelson and J. Lamb, "Final report: Haubenschild Farms Anaerobic Digestion" (The Minnesota Project, 2002), which is available at: www.mnproject.org/pdf/Haubyrptupdated.pdf.

الجدول ٣٣- إمكانات إنتاج الغاز من نفايات الألبان ولحم الدواجن والبقر

	الألبان (٥٤٤ كيلوغراما)	لحم الدواجن (١,٨ كيلوغرام من الطيور)	لحم البقر (٤٥٤ كيلوغراما)
إنتاجية الغاز، الأجسام الصلبة المتطايرة المدمرة (ليتر/كيلوغرام)	٤٨٠	٥٤٠	٩٤٠
الأجسام الصلبة المتطايرة التي تم تفريغها من محتواها (كيلوغرام/ حيوان/يوم)	٤,٣	٠,٠١٩٩	٢,٢٧
النسبة المئوية للانخفاض في كمية الأجسام الصلبة المتطايرة	٣١	٥٦	٤١
إنتاج الغاز الممكن (ليتر/يوم/حيوان)	٦٤٠	٦	٨٧٠
معدل توليد الطاقة (واط/حيوان)	١٦٦	١,٥٣	٢٢٦,٩
الطاقة المتاحة بالواط (بعد تسخين ماكينة الهضم)	١١١,٣	١,٠٢	١٥٢,٣

المصدر: C.D. Fulhage, D. Sievers and J.R. Fischer, "Generating methane gas from manure", which is available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm.

ملاحظة: على أساس ٢٠ درجة مئوية وضغط جوّ سطح البحر.

تتحكّم عدة متغيرات بإنتاجية غرف التوليد المختلط للطاقة الحرارية والكهربائية، وهذه المتغيرات هي نوعية الغاز الحيوي الناتج من العملية، واحتياجات معامل الألبان من الحرارة والكهرباء. ويتكوّن الغاز الحيوي عادة من الميثان (٤٠-٦٠ في المائة)، وثاني أكسيد الكربون (٤٠-٦٠ في المائة)، وكبريتيد الهيدروجين (٠,٢ في المائة). وكلما زادت نسبة الميثان، ازدادت كمية الطاقة. ويحتوي الغاز الحيوي المستخرج من الروث، عموماً، على ٥,٥٨-٧,٧٨ كيلوواط ساعة/متر مكعّب من الطاقة، بينما يحتوي غاز الميثان النقي على ١٠,٣٤ كيلوواط ساعة/متر مكعّب[٨٤]. ولغرض جميع الحسابات الواردة في هذا الفصل، يُفترض أنّ كل بقرة تنتج يومياً متراً مكعباً من الغاز الحيوي الذي تبلغ كمية الطاقة فيه ٦ كيلوواط ساعة/متر مكعّب. ويعرض الجدول ٣٤ مقارنة بين الغاز الحيوي ومصادر الطاقة الأخرى. وترتكز المقارنة على الكمية الموحّدة للطاقة التي يحتوي عليها كل نوع من أنواع الوقود.

الجدول ٣٤- مقارنة بين الغاز الحيوي ومصادر الطاقة الأخرى

الغاز الحيوي	الخشب	الكيروزين	الديزل	الفحم	الغاز النفطي المسيل	الروث الصالح لإنتاج الوقود	البوتان	الطاقة
متر مكعّب واحد	٣,٤٧ كيلوغرامات	٠,٦٢ ليتر	٠,٦١ ليتر	١,٥ كيلوغرام	٠,٤٥ كيلوغرام	١٣ كيلوغراماً	٠,٥ كيلوغرام	٦ كيلوواط ساعة

المصدر: H.O. Wu et al., "Biogas – is it a sustainable energy source?" (2001), which is available at: http://www.environmentalstudies.au.dk/ publica/f2001hx-biogas.pdf.

ومن المنظور البيئي، وفيما يتصل بآثار تطوير الوقود الحيوي على تغيّر المناخ، يحتوي المتر المكعّب الواحد من الغاز الحيوي على ٠,٥٣٧ كيلوغرام من الكربون، وينتج ١,٩٧ كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون عند حرقه. وهذه الكمية من ثاني أكسيد الكربون هي أقل من الكمية التي ينتجها خشب الوقود والتي تتراوح بين ٤,٨ و٦,٤٢ كيلوغرامات مقابل توليد الكمية نفسها من الطاقة. ومن هنا، يُعتبر الغاز الحيوي أنظف أنواع الوقود، لا سيما في المناطق الريفية.

(٨٤) T.W. Widodo and A. Hendriadi, "Development of biogas processing for small scale cattle farm in Indonesia" (2005), which is available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm.

٣- احتياجات مزارع الألبان من الطاقة

ينبغي أن يكون مصنع الألبان المستخدِم الرئيسي للطاقة المولّدة من مرافق الغاز الحيوي. ولذلك لإجراء تحليل لاحتياجات مصنع الألبان عموماً ما يبرره. ويشمل هذا التحليل تحديداً الاحتياجات من مدخلات الطاقة لكل وحدة من الحليب المبستر واللبن الزبادي والجبن، على النحو المفصّل في الجدول ٣٥. ولا يتناول التحليل سوى المراكز الصغيرة والمتوسطة التي تستخدم الكهرباء، وغلايات البخار المنخفضة الضغط، وآلات التعبئة والختم والتعقيم (البسترة) (التي تعمل على دفعات عادة)[٨٥]. والجدير بالذكر أنه يمكن تجهيز طن واحد من الحليب لصناعة نحو ١٤٣ كيلوغراماً من الجبن[٨٦].

الجدول ٣٥- مدخلات الطاقة للطن الواحد من الحليب المجهّز

مدخلات الطاقة	الحليب المبستر (كيلوواط ساعة)		الجبن واللبن الزبادي (كيلوواط ساعة)	
	الحالة ١	الحالة ٢	الحالة ١	الحالة ٢
الحرارية (كيلوواط حراري ساعة)	٥٠	١٦٧	٥٠	١٢٥
الكهرباء (كيلوواط كهربائي ساعة)	٢٥	٥٦	٢٥	٧٥

ملاحظات: الحالة ١: مصانع بسيطة يعبأ فيها الحليب في حاويات من البلاستيك.
الحالة ٢: مصانع متطورة تنتج الحليب معبأ في زجاجات. وهذا هو النوع الأكثر شيوعاً في أوروبا.

ويتضمن الجدول ٣٦ مقارنة بين احتياجات المزرعة النموذجية من الحرارة وأعداد الحيوانات اللازمة لتلبية هذه الاحتياجات. ويساعد هذا الجدول في تحسين فهم إنتاجية الثروة الحيوانية واستهلاك الطاقة في عدد من التطبيقات.

الجدول ٣٦- إمكانية سدِ الاحتياجات الاعتيادية للمَزارع عن طريق النفايات الحيوانية

	الحرارة اللازمة (كيلوواط)	الألبان (٥٤٤ كيلوغراما)	لحم الدواجن (١,٨ كيلوغرام من الطيور)	لحم البقر (٤٥٤ كيلوغراما)
فرن المطبخ[أ]	١٩,٠	١٤	١ ٥٤٧	١١
سخّان المياه[ب]	١٣,١	٢٠	٢ ١٤٣	١٥
البراد[ج]	٠,٨٧	٤	٤٢٩	٣
تدفئة منزل مساحته ١٤٠ متراً مربعاً[د]	١٠,٩	٩٩	١٠ ٧١٤	٧٢
سخّان لتجفيف الحبوب داخل الحاوية[ه]	٥٨٥,٧	٢ ٦٣١	٢٨٥ ٧١٤	١ ٩٢٣
جرار بقوة ٥٠ حصاناً يعمل بحمولة كاملة[و]	١٨٦,٥	٨٣٨	٩١ ٠٠٠	٦١٢

المصدر: C.D. Fulhage, D. Sievers and J.R. Fischer, "Generating methane gas from manure", which is available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm.

(أ) يفترض أن يشغّل لساعتين يومياً، بمعدل ١,٥٨ كيلوواط كل ٢٤ ساعة.
(ب) يفترض أن يشغّل ٤ ساعات يومياً، بمعدل ٢,٢ كيلوواط كل ٢٤ ساعة.
(ج) يفترض أن يشغّل ١٢ ساعة يومياً، بمعدل ٠,٤٣ كيلوواط كل ٢٤ ساعة.
(د) يفترض أن تبلغ الحرارة المطلوبة ٧٩,٥ كيلوواط/متر مربع.
(ه) يفترض أن يعمل ١٢ ساعة يومياً خلال فصل التجفيف، بمعدل ٢٩٢,٨ كيلوواط كل ٢٤ ساعة.
(و) يفترض أن يشغّل ١٢ ساعة يومياً، بمعدل ٩٣,٣ كيلوواط كل ٢٤ ساعة.

(٨٥) G. Rive, "Utilization of renewable energy sources and energy-saving technologies by small-case milk plants and collection centres" (1992), which is available at: http://www.fao.org/docrep/004/t0515e/T0515E03.htm.

(٨٦) D.B. Fankhauser, "Cheese making illustrated" (July 2000), which is available at: http://biology.clc.uc.edu/fankhauser/Cheese/Cheese_5_gallons/CHEESE_5gal_00.htm.

٤- أمثلة على محطات الغاز الحيوي

للتوسع في فهم الإنتاجية الفعلية لمحطات الغاز الحيوي، يعرض الجدول ٣٧ عدداً من دراسات الحالة المتصلة بالتحلل اللاهوائي لنفايات البقر في مزارع الألبان. وكما هو مبين في الجدول، تختلف إنتاجية الغاز الحيوي وكذلك استخدامه لغرض توليد الكهرباء أو الحرارة من مزرعة إلى أخرى. غير أنّ المعدّلات الواردة في الجدول ٣٢ يصلح اعتمادها باعتبارها أرقاماً تقديرية. والجدير بالذكر أنه بالرغم من وفورات الحجم، تُصمَم وتنفّذ في جميع أنحاء العالم محطات للغاز الحيوي تغذيها أقل من ١٠٠ بقرة حلوب. وعليه، يمكن للمشاريع الصغيرة والمتوسطة الاستفادة من هذه التكنولوجيا.

الجدول ٣٧- دراسات حالات عن إنتاج الغاز الحيوي في مزارع الألبان في الولايات المتحدة

اسم المعمل	الولاية	عدد الأبقار	نوع الطاقة المتولّدة	الغاز الحيوي (متر مكعب/سنة)	كفاءة الطاقة (كيلوواط)	الكهرباء المتولّدة (ميغاواط ساعة/سنة)
مزارع نوبلهورست (Noblehurst Farms, Inc)	مقاطعة ليفينغستون	١ ٤٥٠	الغاز الحيوي، الكهرباء، الحرارة	٧٤٤ ٠٠٠	٩٠	٧٨٨
معمل الألبان (AA Dairy)	مقاطعة تيوغا	٥٠٠	الغاز الحيوي، الكهرباء، المياه الساخنة، الحرارة	..	٧٠	٦١٣
مزارع هوبنشيلد (Haubenschild Farms)	ولاية مينيسوتا	٧٥٠	الغاز الحيوي والكهرباء	٧٢٣ ٥٠٠	..	١ ٠٨٠
معمل الألبان ج.ج. فاربر (JJ Farber)	مقاطعة غرين	١٠٠	الغاز الحيوي، الحرارة لتشغيل ماكينة الهضم	٢٤ ٨٠٠ (تصميم)	..	..

المصادر: P. Wright and J. Ma, "Anaerobic digester at Noblehurst Farms, Inc.: Case Study" (2003); P. Wright and K. Graf, "Anaerobic digester at AA dairy: Case Study" (2003); C. Nelson and J. Lamb, "Final report: Haubenschild Farms Anaerobic Digestion" (The Minnesota Project, 2002); and P. Wright and J. Ma, "Fixed film digester at Farber Dairy Farm: Case Study" (2003).

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

٥- القدرة على إنتاج الغاز الحيوي في بلدان الإسكوا

تُقاس القدرات المتاحة في بلدان الإسكوا عن طريق حساب العدد الكلي للأبقار الحلوب الموجودة فيها، وتحليل عيّنات من مزارع الألبان المنتشرة فيها.

ولحساب إنتاجية التوليد المختلط للطاقة الحرارية والكهربائية، يبيّن الجدول ٣٢ القيمة الصافية للحرارة وللكهرباء، وهي ١٣٨ كيلوواط حراري ساعة/يوم لكل ١٠٠ بقرة أو ٥٠٤ كيلوواط حراري ساعة/بقرة/سنة من الحرارة، و١٨٦ كيلوواط كهربائي ساعة/يوم لكل ١٠٠ بقرة أو ٦٧٩ كيلوواط كهربائي ساعة/بقرة/سنة من الكهرباء. وإذا لم تستخدم سوى الطاقة الحرارية، فستبلغ الطاقة الصافية المتوفرة ١ ٢٥٦ كيلوواط ساعة/بقرة/سنة. ونظراً إلى أنّ مصانع الألبان تحتاج إلى كميات كبيرة جداً من الطاقة الحرارية، فمن الواضح أنها إذا ما قامت بتوليد الطاقة فستكون هذه الطاقة مختلطة، أي كهربائية وحرارية. ويفترض الجدول ٣٨ أيضاً أن الطاقة المولّدة تُستخدم بنسبة ١٠٠ في المائة.

الجدول ٣٨- قدرات محطات الغاز الحيوي في منطقة الإسكوا

البلد أو الإقليم	عدد الأبقار	الطاقة الحرارية (جيغاواط ساعة/سنة)	التوليد المختلط للطاقة الكهربائية والحرارية	
			الطاقة الكهربائية	الطاقة الحرارية
الأردن	٦٩ ٥٠٠	٨٧	٤٧	٣٥
الإمارات العربية المتحدة	١٢٥ ٠٠٠	١٥٧	٨٥	٦٣
البحرين	٩ ٠٠٠	١١	٦	٥
الجمهورية العربية السورية	١ ١٥٠ ٠٠٠	١ ٤٤٤	٧٨١	٥٨٠
السودان	٣٩ ٥٠٠ ٠٠٠	٤٩ ٦١٢	٢٦ ٨٢١	١٩ ٩٠٨
العراق	١ ٥٠٠ ٠٠٠	١ ٨٨٤	١ ٠١٩	٧٥٦
عمان	٣١٠ ٠٠٠	٣٨٩	٢١٠	١٥٦
فلسطين	٣٩ ٠٠٠	٤٩	٢٦	٢٠
قطر	٨ ٠٠٠	١٠	٥	٤
الكويت	٢٨ ٠٠٠	٣٥	١٩	١٤
لبنان	٧٧ ٠٠٠	٩٧	٥٢	٣٩
مصر	٤ ٥٥٠ ٠٠٠	٥ ٧١٥	٣ ٠٨٩	٢ ٢٩٣
المملكة العربية السعودية	٣٧٢ ٠٠٠	٤٦٧	٢٥٣	١٨٧
اليمن	١ ٤٩٥ ٠٠٠	١ ٨٧٨	١ ٠١٥	٧٥٣

ولفهم مدلولات الأرقام الواردة في الجدول ٣٨، لا بدّ من الإشارة إلى أنّ إمكانية توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي في بلدان الإسكوا ترتبط بإنتاج الكهرباء (انظر الجدول ٣٩). وباستطاعة السودان أن يحرز نتائج مذهلة، إذ يمكن لهذا البلد رفع قدرته على توليد الكهرباء سبع مرات، وذلك بالاستفادة القصوى من هذه التكنولوجيا. ويحل اليمن في المرتبة الثانية، إذ يملك قدرة على زيادة الإنتاج بنسبة ٢٤ في المائة. ويمكن لكل من الجمهورية العربية السورية والعراق وعمان ومصر زيادة القدرة على توليد الكهرباء بنسبة ١-٥ في المائة، بينما لا تتجاوز القدرة المحتلمة للبلدان الأخرى على زيادة توليد الكهرباء واحد في المائة. ولا شك في أن الطاقة الموجودة في النفايات الحيوانية قادرة على أن تؤدي دوراً هاماً في النهوض بمؤشرات التنمية في بلدان الإسكوا.

الجدول ٣٩- القدرة على سدّ الاحتياجات المحلية من الكهرباء

البلد أو الإقليم	إنتاج الكهرباء (تيراواط ساعة)(*)	إمكانية توليد الكهرباء من الغاز الحيوي (جيغاواط ساعة/سنة)	التغطية (نسبة مئوية)
الأردن	٧,٥	٤٧	٠,٦٣
الإمارات العربية المتحدة	٥٠	٨٥	٠,١٧
البحرين	٩	٦	٠,٠٧
الجمهورية العربية السورية	٣٣	٧٨١	٢,٣٧
السودان	٣,٨	٢٦ ٨٢١	٧٠٥,٨٠
العراق	٢٩	١ ٠١٩	٣,٤٨
عمان	١٤	٢١٠	١,٤٧
فلسطين	..	٢٦	..
قطر	١٤	٥	٠,٠٤
الكويت	٤٥	١٩	٠,٠٤
لبنان	٩	٥٢	٠,٦٠
مصر	١٠٢	٣ ٠٨٩	٣,٠٣
المملكة العربية السعودية	١٦٦	٢٥٣	٠,١٥
اليمن	٤	١ ٠١٥	٢٤,٨٨

المصادر: L.S. Gold and Associates, "AK-Chin Indian community biomass feasibility study" (20 October 2004); International Atomic Energy Agency (IAEA), Energy and Environmental Data Reference Bank, which is available at: www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/eedrb/data/JO-encc.html; and Central Intelligence Agency (CIA), *The World Factbook*, which is available at: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/.

ملاحظات: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفّر البيانات.
(*) لم تُذكر بعض القيم العشرية لإنتاج الكهرباء، بهدف تبسيط الأرقام.

وينبغي أن تنتبه المؤسسات الصغيرة والمتوسطة لقدرة الغاز الحيوي على تلبية احتياجاتها الفورية في إنتاج الألبان. وفي هذا الصدد، يبيّن الجدول ٤٠ بالتفصيل قدرة أربع مزارع ألبان مختلفة في بلدان مختلفة. وتنتج هذه المزارع مجموعة متنوعة من المنتجات، وتتفاوت احتياجاتها من الطاقة ويمكن تلبيتها عن طريق توليد الغاز الحيوي.

الجدول ٤٠ - إنتاج الحليب في عدد من مزارع الألبان في منطقة الإسكوا

اسم المعمل	البلد	عدد الموظفين	عدد الأبقار	نوع الإنتاج	كمية الحليب المنتَج (طن/سنة)
شركة المراعي	المملكة العربية السعودية	٤ ٠٠٠	٥٥ ٠٠٠	الحليب، واللبن الزبادي، ولبن الشرب، والجبن، والزبدة، والمعجنات، والكعك، والخبز، والعصائر	٦٥٠ ٠٠٠
شركة الصافي دانون	المملكة العربية السعودية	١ ٤٠٠	٣٢ ٠٠٠	الحليب، واللبن الزبادي، واللبن الزبادي أكتيفيا، ومنتجات الألبان، والعصائر	٢١٩ ٠٠٠
شركة الروابي للألبان	الإمارات العربية المتحدة	..	٥ ٠٠٠	الحليب، واللبن الزبادي، ولبن الشرب، والجبن، والزبدة، وعصائر الفاكهة	٤٣ ٨٠٠
شركة Liban Lait	لبنان	٥٠	٢ ٠٠٠	الحليب	٨ ٠٣٠

المصادر: H. Thaker, "Almarai Company cash cow: Falcom Equity Research Report" (30 December 2008); Al-Safi-Danone, see "Record breakers", which is available at: www.euroasiaindustry.com/assets/uploads/117.pdf; Al Rawabi Dairy Company LLC, which is available at: http://www.tradekey.com/profile_view/uid/1223003/Al-Rawabi-Dairy-Company-LLC.htm; and J. Qadir, "Al Rawabi opens new Dh50m plant", *Khaleej Times* (23 October 2003).

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

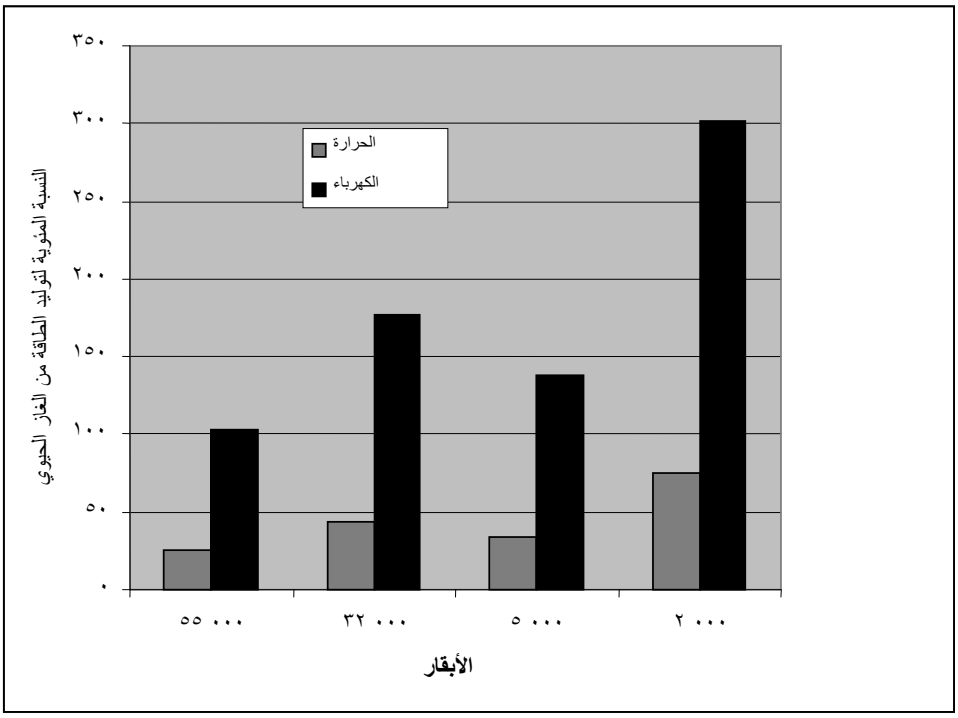
من أجل اعتماد معايير موحدة لتحليل حالة مزارع الألبان المذكورة، جرى تقييم الاحتياجات من الطاقة من خلال البحث في بسترة الحليب (انظر الجدول ٤١)، نظراً إلى أنّ قيمة الطاقة الفعلية المطلوبة ترتفع عندما يكون اللبن الزبادي والجبن مصنّعين. وترتكز الطاقة الصافية الناتجة على النتائج الواردة في الجدول ٣٣ والمرتبطة مباشرة بعدد الأبقار في المزرعة. وتشير النسبة المئوية للتغطية إلى النسبة المئوية للاحتياجات من الكهرباء والتدفئة التي تلبيها محطات الغاز الحيوي. ويبين الشكل ١٨ كذلك هذه التغطية. ويتضح من هذا التحليل أن الكهرباء المولّدة تفوق حاجة المحطة إلى البسترة، بالرغم من أنها لا تغطي بالضرورة جميع الاحتياجات الأخرى من الكهرباء، في حين لا تغطي الطاقة الحرارية الاحتياجات كاملة. ولذلك من الأهمية بمكان القيام أولا بتصميم نسبة الكهرباء إلى الحرارة في محطات التوليد المختلط للطاقة الحرارية والكهربائية، بهدف تلبية جميع احتياجات التدفئة، ومن ثمّ استخدام الطاقة الإضافية لتوليد الكهرباء. ويتوقف ذلك أيضاً على كلفة الحرارة/الكهرباء في المنطقة موضوع الدراسة. ومن شأن تحقيق توازن بين إنتاج الحرارة وإنتاج الطاقة الكهربائية إما أن يسهم في نجاح الاستثمارات في محطة الغاز الحيوي وإما أن يسهم في فشلها.

الجدول ٤١ - تقديرات مبسّطة لاحتياجات مصانع الألبان من الطاقة وقدرة محطات الغاز الحيوي على توليد الطاقة

الحالة	عدد الأبقار	إنتاج الحليب (طن/سنة)	الاحتياجات من الطاقة (ميغاواط ساعة)		الطاقة الصافية الناتجة عن التوليد المختلط للحرارة والكهرباء من الغاز الحيوي		التغطية (نسبة مئوية)	
			الحرارة	الكهرباء	الحرارة	الكهرباء	الحرارة	الكهرباء
١	٥٥ ٠٠٠	٦٥٠ ٠٠٠	١٠٨ ٥٥٠	٣٦ ٤٠٠	٢٧ ٧٢٠	٣٧ ٣٤٥	٢٦	١٠٣
٢	٣٢ ٠٠٠	٢١٩ ٠٠٠	٣٦ ٥٧٣	١٢ ٢٦٤	١٦ ١٢٨	٢١ ٧٢٨	٤٤	١٧٧
٣	٥ ٠٠٠	٤٣ ٨٠٠	٧ ٣١٥	٢ ٤٥٣	٢ ٥٢٠	٣ ٣٩٥	٣٤	١٣٨
٤	٢ ٠٠٠	٨ ٠٣٠	١ ٣٤١	٤٥٠	١ ٠٠٨	١ ٣٥٨	٧٥	٣٠٢

المصدر: الإسكوا.

الشكل ١٨ - تلبية الاحتياجات من الطاقة بناء على عدد الأبقار (نسبة مئوية)



٦- تكاليف الاستثمار في محطة للغاز الحيوي

تختلف تكاليف الاستثمار في محطة للغاز الحيوي وكذلك عوائد تلك الاستثمارات إلى حد بعيد، حسب حجم المشروع وحسبما إذا كانت الطاقة المولّدة حرارية أو كهربائية. وتدلّ دراسة الحالة حول مرفق الهضم اللاهوائي في معمل كريك كاريل للألبان (Krik Carrell Dairy) قرب منطقة غودلي في ولاية تكساس الأمريكية على الجدوى المالية لهذه الأنواع من الاستثمارات. وتبلغ طاقة المعمل ٢٥ كيلوواط وهو قادر على معالجة نفايات ٤٠٠ بقرة. ويبين الجدول ٤٢ التكاليف الإجمالية للمعمل، بينما يعرض الجدول ٤٣

تحليلاً تفصيلياً للتكاليف/الفوائد السنوية في هذا المرفق. وتشير الأرقام إلى أنّ تركيب هذا المشروع وتشغيله لا يزالان يعودان بخسارة مالية واضحة. وغالباً ما تقوم الحكومات بتغطية هذه الخسائر في البلدان الصناعية، سواء أكان ذلك في شكل تقديم حوافز ضريبية، أم رفع أسعار الطاقة الكهربائية المولّدة، أو تقديم دعم أولي لتركيب المشروع، إذ تُعتبر هذه المعونات معونات خضراء ذات منافع بيئية. ولا تتاح هذه المعونات عادة للمنتِجين في البلدان النامية، ولا سيما صغار المنتجين. وتجدر الإشارة إلى أن دراسة الحالة هذه لا تأخذ في الاعتبار التكاليف التي جرى تجنّبها والتي تنتج عن الاضطرار إلى معالجة النفايات قبل التخلص منها، ولا تتناول كذلك التكاليف البيئية الناتجة عن التخلص من النفايات الزراعية بطرق غير سليمة.

وقد نُشرت دراسة أخرى حول الوفورات المحتمل تحقيقها بفضل إنشاء محطة للغاز الحيوي. وتتناول هذه الدراسة معملاً تبلغ طاقته القصوى ٥٥ كيلوواط، ويهدف إلى معالجة نفايات ٥٠٠ بقرة ينوي المعنيون رفع عددها إلى ١ ٠٠٠ بقرة. وبالرغم من أن هذا التحليل يخلص إلى أن الدخل السنوي سيبلغ ٣٥ دولار/بقرة/سنة وبالتالي ٥٠٠ ١٧ دولار/٥٠٠ بقرة، فهو لا يأخذ في الحسبان حقيقة أنه ينبغي عدم حساب مبيعات المواد الصلبة (٤٤٥ ٣٢ دولار)، نظراً إلى أن المزرعة تبيعها على أي حال، حتى من دون تنفيذ المشروع (انظر الجدول ٤٤). ويمكن افتراض الأمر نفسه بالنسبة إلى قيمة المواد الغذائية المتبقية، مما يضع المشروع في حالة عجز مالي مجدداً.

الجدول ٤٢ - تكاليف الاستثمار في ماكينة الهضم اللاهوائي في معمل ألبان Kirk Carrell Dairy

البند	العمر (بالسنوات)	الاستثمار (بالدولار)	الكلفة السنوية[أ] (بالدولار)	التصليح والصيانة[ب] (بالدولار)	المخاطر[ج] (بالدولار)
الخزان	١٥	٤٠ ٠٠٠	٤ ٢١٥	٢١١	١٢٦
الغطاء	١٥	٤٧ ٨٠٠	٥ ٠٣٧	٢٥٢	١٥١
فاصل المواد الصلبة	١٥	٢٢ ٠٠٠	٢ ٣١٨	١١٦	٧٠
المحرك	٥	٥ ٠٠٠	١ ١٥٠	٥٧	٣٤
المولّد	١٥	٥ ٦٠٠	٥٩٠	٣٠	١٨
معدات أخرى	١٥	١٨ ٠٠٠	١ ٨٩٧	٩٥	٥٧
المواد/الإمدادات	١٥	٥ ٦٠٠	٥٩٠	٣٠	١٨
المتعهد	١٥	٥ ٧٠٠	٦٠١	٣٠	١٨
المجموع	١٥	١٤٩ ٧٠٠	١٦ ٣٩٨	٨٢١	٤٩٢

المصدر: C.R. Engler et al., "Economics and environmental impact of biogas production as a manure management strategy", which is available at: www.agmrc.org/media/cms/Engler2_F05E9EA9371B6.pdf.

(أ) يقدر الانخفاض في قيمة الاستثمارات بنسبة ٧,٥ في المائة، وذلك على مدى مدة الاستثمار ومن دون قيمة متبقية.
(ب) تقدر قيمتها بـ ٥ في المائة من الكلفة السنوية للاستثمار.
(ج) تقدر قيمتها بـ ٣ في المائة من الكلفة السنوية للاستثمار.

الجدول ٤٣- التكاليف والمكاسب السنوية المتوقعة الناتجة عن استخدام ماكينة الهضم اللاهوائي في معمل ألبان Kirk Carrell Dairy

البند	سنوياً
الاستثمار	٣٩٨ ١٦ دولاراً
التصليح والصيانة	٨٢١ دولاراً
المخاطر	٤٩٢ دولاراً
المتغيرات (اليد العاملة[أ]، الإمدادات[ب])	٢٠٠ ٦ دولار
المجموع	٩١١ ٢٣ دولاراً
الكهرباء المتولّدة	٢١٤ ميغاواط ساعة
كلفة الكهرباء المعوّض عنها	٦,٧ سنت/كيلوواط ساعة
الوفورات السنوية في الكهرباء	٣٠٠ ١٤ دولار
الخسائر الفعلية السنوية	٦٠٠ ٩ دولار

المصدر: C.R. Engler et al., "Economics and environmental impact of biogas production as a manure management strategy", which is available at: www.agmrc.org/media/cms/Engler2_F05E9EA9371B6.pdf.

(أ) تُقدّر كلفة اليد العاملة بـ ١٠ دولار/ساعة لـ ١٠ ساعات/أسبوع.
(ب) تُقدّر الإمدادات بـ ١ ٠٠٠ دولار.

الجدول ٤٤- تكاليف نظام معالجة الزبل عن طريق الهضم اللاهوائي

	القيمة الجارية (بالدولار)	القيمة السنوية (بالدولار)
نفقات السنة الأولى	(٣٦٥ ٠٠٠)	..
النفقات على مدى عشر سنوات	(٢٢ ٦٩٦)	..
التشغيل والصيانة	(١٥١ ٧٨٦)	(١٥ ٤٦٠)
القيمة الغذائية المتبقية	٣٣٤ ٤٠٦	٣٤ ٠٦٠
مبيعات المواد الصلبة	٣١٨ ٥٥٠	٣٢ ٤٤٥
مبيعات الكهرباء	٢٣٥ ٦٣٦	٢٤ ٠٠٠
الدخل الصافي	٣٤٩ ١٠٩	
الدخل الصافي للبقرة الواحدة	٦٩٨	٣٥

المصادر: C.D. Fulhage, D. Sievers and J.R. Fischer, "Generating methane gas from manure", which is available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm; and P.E. Wright, "Anaerobic digestion and wetland treatment case study: Comparing two manure odour control systems for dairy farms" (1998), which is available at: www.rcminternationalllc.com/RCM_Forms/RCM_Paper_No_984105.pdf.

ملاحظة: علامة النقطتين (..) تعني عدم توفر البيانات.

٧- قدرة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على الاستثمار في محطات الغاز الحيوي

استناداً إلى المعلومات الواردة آنفاً، يتضح أنه بالرغم من توفر فرص مؤكدة تسمح للمشاريع الصغيرة والمتوسطة بالاستثمار في محطات الغاز الحيوي، يبقى أنّ الحصول على التكنولوجيات الملائمة وتوفر البيئة المؤاتية ضروريان لتكون هذه الاستثمارات مربحة. وبالتالي، ينبغي أخذ العوامل المبينة فيما يلي في الاعتبار قبل إطلاق مشروع مماثل:

(أ) توفّر المعدات وقطع الغيار محلياً؛
(ب) توفّر المهندسين والفنيين الماهرين محلياً؛
(ج) وجود أنظمة حكومية محلية تشجّع على استخدام الغاز الحيوي؛
(د) وجود أنظمة حكومية محلية تحظر التخلص من النفايات بطرق غير سليمة؛
(•) توفر كميات مناسبة من نفايات الألبان واستدامتها؛
(و) إجراء تحليل مفصل للاحتياجات من التدفئة مقابل الاحتياجات من الكهرباء؛
(ز) إمكانية الحصول على ائتمانات آلية التنمية النظيفة.

واستناداً إلى التحليل الوارد سابقاً، يبدو أن توليد الكهرباء بكلفة ٠,١١ دولار/كيلوواط ساعة هو شرط أساسي لنجاح مشاريع توليد الكهرباء من الغاز الحيوي. ولا شك في أن عدم وجود شبكة محلية للكهرباء يبرّر بشدة ضرورة تركيب محطة لتوليد الغاز الحيوي، نظراً إلى أنّ هذه المحطة ستسدّ الحاجة إلى البدائل المكلفة والقائمة على استخدام المولّدات العاملة بالديزل.

وفي حين يمكن لأصحاب المزارع وأصحاب معامل الألبان والتعاونيات وأصحاب المشاريع المستقلة إنشاء محطات الغاز الحيوي، يبقى على جميع هذه الجهات العمل على إبرام عقود طويلة الأجل للحصول على النفايات العضوية الضرورية والفرص اللازمة لبيع الطاقة المولّدة، سواء كانت طاقة حرارية أم كهربائية.

ويمكن كذلك استخدام موارد أخرى من الكتلة الحيوية بهدف زيادة تغذية ماكينة هضم الغاز الحيوي. وفي المناطق الزراعية، يمكن توفير كميات كبيرة من النفايات الزراعية لهذا الغرض.

دال- التوصيات

بلدان الإسكوا هي بلدان غنية بالمصادر المحتملة للغاز الحيوي، وخصوصاً السودان. وفي ضوء تقلّب أسعار المصادر التقليدية للطاقة المستخرجة من النفط والغاز، تتضح ضرورة الاستفادة من استخراج الغاز الحيوي من النفايات العضوية عموماً ومزارع الألبان خصوصاً. وهذه التكنولوجيا مدروسة جيداً وتُستخدم على نطاق واسع في مختلف أنحاء العالم. ومن أجل التشجيع على اعتماد هذه التكنولوجيا، على الحكومات أن تتخذ التدابير الهادفة إلى تحقيق ما يلي:

(أ) تقديم إعفاءات ضريبية على المعدات المستوردة والمصنّعة لأغراض تشييد محطات الغاز الحيوي؛

(ب) شراء الكهرباء من المنتجين بسعر يعادل الكلفة الوطنية الحقيقية لإنتاج الكهرباء على الأقلّ، وليس الكلفة المدعومة؛

(ج) إلغاء الإعانات المقدّمة للطاقة، وهي خطوة من شأنها التشجيع على استخدام جميع أنواع الطاقة المتجددة وتحقيق صالح المجتمع بأسره في الأجل الطويل، بصرف النظر عن أثرها السلبي على السكان الأكثر فقراً في الأجل القصير؛

(د) إعفاء جميع عمليات محطات الغاز الحيوي من الضرائب خلال أولى عمليات المشروع أو طول مدّته؛

(•) تنفيذ قوانين بيئية أكثر صرامة لحظر التخلص من النفايات الصلبة والسائلة الناتجة من مزارع الألبان في الهواء الطلق؛

(و) تقديم حوافز ضريبية أو معاملة تفضيلية للمعامل التي تقوم بتركيب ماكينات لهضم النفايات العضوية. فيمكن أن تقرّر الحكومات مثلاً شراء جزء من إنتاج المزرعة وتقديمه لجيشها الوطني، ممّا يوفّر سوقاً مؤكدة للمزرعة ويضعها في وضع مالي أفضل من المزارع المنافسة لها.

وأما بالنسبة إلى المؤسسات الصغيرة والمتوسطة، فمع أنها قادرة على الاستثمار في مشاريع الغاز الحيوي، يبقى عليها إجراء تحليل مالي دقيق لكل حالة على حدة وإعداد دراسات جدوى مفصلة. وتختلف تكاليف اليد العاملة المحلية إلى حد بعيد، كما يؤدي التوازن في تصميم النظام (بين الحرارة والكهرباء) دوراً حاسماً في تحديد قيمة مجمل العائدات على الاستثمارات. ومن الممكن أن تتمتع معامل الألبان القادرة على استخدام جميع الحرارة المولّدة من دون الاضطرار إلى توليد الكهرباء بميزة مالية. وقد تكون المشاريع الكبرى مؤهلة للحصول على دعم آلية التنمية النظيفة وقادرة، بالتالي، على التعويض عن جزء من التكاليف التي تتكبدها. ويمكن لأصحاب المزارع أن يستفيدوا من هذا الوضع، إذ إنّ النفايات في متناولهم ويمكنها تلبية احتياجاتهم من الطاقة. وعلى المَزارع التي تضم ١٠٠ بقرة أو أكثر أن تفكّر في الاستثمار في محطات الغاز الحيوي. وأما المزارعون الذين يملكون عددا أقل من الأبقار، فعليهم البحث في الالتحاق بالتعاونيات باعتبارها وسيلة لجمع النفايات الحيوانية بهدف تحقيق وفورات الحجم وتوليد الغاز الحيوي.

خامساً- التحديات والفرص المتصلة بإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا

توجد في بلدان الإسكوا أنواع عديدة من النفايات الزراعية، يأتي تنوعها نتيجة لتنوع المحاصيل التي تتأثر، بدورها، بالتغيرات في الطقس، والتضاريس، والموارد المائية المتوفرة في مختلف أنحاء المنطقة. ويؤدي التخلص من هذه النفايات الزراعية بطرق غير سليمة إلى إجهاد البيئة، بما في ذلك زيادة انبعاثات الكربون وتلوث المياه الجوفية. ويمكن اعتماد تكنولوجيات منتجة ومربحة وبديلة لاستخدام المشتقات العضوية بهدف إنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي.

ألف- جدوى تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي

لقد أظهرت الدراسة أن النفايات الزراعية تُستخدم لأغراض متنوعة قد تتصل بالطاقة وقد لا تتصل بها. ومن هنا، ليس تحويل النفايات إلى وقود حيوي سوى واحد من التطبيقات والاستخدامات المتنوعة والمنافسة للمشتقات الزراعية. وبالرغم من أن استخدام هذه المشتقات لإنتاج الوقود الحيوي والطاقة كفيل بتوليد قيمة مضافة، ينبغي النظر في هذه العملية في ضوء الفرص الاقتصادية الأخرى. وقبل الشروع في إنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي، ينبغي أولاً تحديد ما إذا كان استخدام كتلة النفايات الزراعية لأغراض لا صلة لها بالطاقة أكثر ملاءمة وجدوى من الناحية الاقتصادية من تحويلها إلى مصدر للطاقة. وينبغي مثلاً البحث في استخدام النفايات الزراعية كأعلاف أو أسمدة أو تحويلها إلى ورق أو إلى ألواح ليفية متوسطة أو مرتفعة الكثافة ومرتفعة القيمة، وذلك قبل استخدامها لإنتاج الطاقة. ويجب أيضاً التنبه إلى أن نجاح تطبيقات معينة في حالة أحد المشتقات في بلد معين قد لا يجعلها بالضرورة الخيار الأفضل بالنسبة إلى بلد آخر. ولذلك، ينبغي أن ينفتح صانعو القرار على جميع التطبيقات الممكنة في قطاع الطاقة وغيره من القطاعات من أجل اختيار أفضلها.

ولاختيار أفضل التطبيقات، ينبغي إجراء دراسات جدوى سليمة تأخذ الشروط التالية في الاعتبار:

(أ) توفر النفايات الزراعية المؤاتية باستمرار. ويتمتع أصحاب المزارع ومعامل التجهيز، مثل مزارع الألبان، بميزة كبيرة، نظراً إلى أن النفايات متاحة لديهم وأنهم في الوقت نفسه يحتاجون إلى سد احتياجاتهم الكبيرة من الطاقة. وعلى صغار المزارعين التفكير في الالتحاق بالتعاونيات كوسيلة لجمع النفايات الزراعية، وذلك لضمان توفر كميات كافية من النفايات وتحقيق وفورات الحجم. ويجب أن تذكر الخطط الهادفة إلى استكشاف فرص إنتاج الوقود الحيوي وتسويقه سائر مصادر المواد الأولية أو مرافق التخزين الأقل كلفة، من أجل ضمان استدامة إنتاج الطاقة الحيوية في ضوء الطبيعة الموسمية لتوفر النفايات الزراعية؛

(ب) تَوفر التكنولوجيا محلياً، بما في ذلك المعدات وقطع الغيار، بالإضافة إلى الاختصاصيين الفنيين والمهندسين. وينبغي تفضيل التكنولوجيات البسيطة والملائمة على التكنولوجيا المتقدمة التي يستلزم تشغيلها وصيانتها خبرة دولية؛

(ج) وجود أنظمة حكومية محلية ترعى التخلص من النفايات وتشجع على استخدام الوقود الحيوي. ومن شأن الوعي بالسياسات المحلية والفرص المتاحة لبيع الطاقة المولّدة أو مصدرها زيادة ربحية المشاريع؛

(د) إجراء تحليل مفصل لحاجات التدفئة مقابل الحاجات من الكهرباء. ونظراً إلى أن توليد الحرارة أقل كلفة وأكثر كفاءة من توليد الكهرباء، ينبغي البحث في تحويل النفايات إلى حرارة بواسطة تكنولوجيات الحرق النظيفة، وذلك قبل البحث في تطبيقات توليد الكهرباء. وفور تلبية حاجات التدفئة، قد يصبح من المعقول التفكير في إمكانيات توليد الكهرباء. ويمكن للمؤسسات القادرة على استخدام الحرارة المولدة كلها من دون الاضطرار إلى توليد الكهرباء أن تتمتع بميزة مالية مؤكدة. وعموماً، لا يشكل استخدام الكتلة الحيوية لتوليد الكهرباء في الوقت الراهن بديلاً اقتصادياً متاحاً للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في منطقة الإسكوا، مع أن إنتاج هذا النوع من الكهرباء قد يكون مبرراً في المناطق النائية غير المتصلة بشبكات الغاز أو الكهرباء، إذ قد يعوّض عن التكاليف المترتبة على استخدام المولدات العاملة بالديزل؛

(•) توفّر الموارد المالية. ينبغي البحث في فرص الحصول على تمويل من آلية التنمية النظيفة، لا سيما في حالة المشاريع الكبيرة الهادفة إلى إنتاج الوقود الحيوي، وذلك للمساعدة في تعويض جزء من تكاليف الاستثمار.

باء- الفرص المتاحة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة

يوفّر تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي العديد من الفرص التجارية للمشاريع الصغيرة والمتوسطة. فبالإضافة إلى إنتاج الوقود الحيوي واستخدامه، يمكن لهذه المشاريع أن تنخرط في الأنشطة التالية:

(أ) نقل النفايات الزراعية والوقود الحيوي؛
(ب) تصنيع المعدات والآلات اللازمة لعملية التحويل؛
(ج) تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي؛
(د) تصنيع المواقد أو المحارق العاملة بالوقود الحيوي؛
(•) تسويق الوقود الحيوي والترويج له باعتباره مصدراً للطاقة؛
(و) توليد الطاقة من الوقود الحيوي وتوزيعها في شكل طاقة حرارية وطاقة كهربائية.

ولقد بدأت المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في المنطقة باستكشاف هذه الفرص على مستوى إنتاج الطاقة الأولية على امتداد سلسلة القيمة. ولا يزال من الضروري إجراء المزيد من البحث والتطوير واختبار المنتجات بهدف التوصل إلى منتجات قابلة للاستمرار في هذه المناطق، وذلك حسب التكنولوجيات البيئية المتاحة وظروف السوق المحلية. ويتعيّن كذلك التفكير في منح الحوافز لدخول قطاع الوقود الحيوي، وبذل الجهود لتعزيز سائر تكنولوجيات الطاقة المتجددة، نظراً إلى قدرة هذه الأنواع من بدائل الطاقة على توليد الدخل واستحداث فرص العمل للمشاريع الصغيرة والمتوسطة في المناطق الريفية والنائية.

سادساً- الاستنتاجات والتوصيات

يمثّل توليد الوقود الحيوي من النفايات الزراعية فرصة جديدة لمواجهة تحدي إدارة النفايات الزراعية في المنطقة، وخصوصاً بالنسبة إلى المؤسسات الصغيرة والمتوسطة. وبالرغم من ضرورة إجراء مزيد من البحوث في هذا المجال بهدف تعزيز كفاءة تلك المنتجات وعمرها وربحيتها، تخلص هذه الدراسة إلى إمكانية تطوير سوق هذا المصدر القادر على توليد طاقة مستدامة، من خلال استخدام التكنولوجيات السليمة بيئياً. وعلى أصحاب المشاريع إعداد دراسات جدوى دقيقة بهدف الاستمرار في تطوير المنتجات واستكشاف الأسواق المحتملة، وذلك في ضوء البيئة المؤاتية لذلك في الوقت الراهن. وباستطاعة الحكومات أن تضطلع بدور هام في توفير فرص متكافئة للمعنيين وفي تشجيع حلول الطاقة السليمة بيئياً، وذلك باعتماد السياسات الملائمة ودعم مصادر الطاقة المتجددة، ولا سيما في ضوء عدم استقرار سوق سلع الطاقة وخدماتها في الوقت الراهن.

ألف- التوصيات الموجهة إلى المؤسسات الصغيرة والمتوسطة

على المؤسسات الصغيرة والمتوسطة أن تبحث في الفرص المحتملة لزيادة إيرادات مشاريع إنتاج الوقود الحيوي وخفض تكاليفها. ولزيادة الإيرادات، ينبغي بذل الجهود اللازمة لجمع النفايات وتحسين الممارسات الإدارية. ويتعيّن كذلك إعطاء الأولوية لإنتاج أشكال الوقود الحيوي التي يسهل تسويقها على أوسع نطاق ممكن. وبإمكان التكنولوجيات التي تقوم على خفض الحجم والوزن، مثل رصّ الكتلة الحيوية في قوالب وأقراص وكذلك تحويلها إلى فحم حيوي، أن تسمح للسكان عموماً باستخدام الوقود الحيوي، وبتخزين الطاقة لاستخدامها طوال السنة بدلاً من استخدامها في مواسم الحصاد فقط.

وفيما يتصل بالفرص التجارية المرتبطة بتصنيع المواقد أو المحارق التي تعمل على الوقود الحيوي، ينبغي أن تركز المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على الأفران العاملة بواسطة الحمل الحراري القسري والمواقد ذات الكفاءة من حيث الطاقة، إذ ترفع معدلات كفاءة التدفئة عموماً. وينبغي أولا تنفيذ مشاريع رائدة واختبارها في الأسواق المحلية، من أجل تقييم ما يفضله المستهلكون على صعيد مخزونات الوقود، وشكل جهاز الحرق، والتخزين والتغليف، بهدف تكييف هذه الأوجه لغرض تطويرها تجارياً في فترة لاحقة.

ويمكن خفض التكاليف إلى أدنى حد ممكن بطرق عدة وعلى مستويات مختلفة. وعلى مستوى التخطيط، ينبغي تشجيع مشاركة المجتمعات المحلية في المشاريع، لا سيما في المناطق الريفية والنائية، للتقليل من مخاطر فشلها. وبالإضافة إلى ذلك، على المؤسسات الصغيرة والمتوسطة أن تسعى إلى اتخاذ ترتيبات طويلة الأجل تضمن لها الحصول على إمدادات مستمرة وموثوقة من النفايات العضوية من مصادر قريبة، نظراً إلى أن تكاليف النقل هي من العوامل الهامة التي تساهم في تحديد الكلفة الإجمالية للمشروع. وعلى صعيد التنفيذ الفني، يمكن الاعتماد على الطاقة الشمسية الوفيرة في منطقة الإسكوا لتجفيف النفايات الزراعية قبل المعالجة وبعدها، بهدف التقليل من كميات الطاقة الضرورية لإنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي.

باء- التوصيات الموجهة إلى الحكومات

تعترض عوائق كثيرة قدرة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة عموماً، ومشاريع إنتاج الوقود الحيوي الثانوي خصوصاً. ويمكن الحد من هذه العراقيل عن طريق اتخاذ الإجراءات الحكومية المناسبة، مثل تطوير سياسات وأنظمة ترعى شؤون الطاقة وتكون سليمة بيئياً، فضلاً عن إصلاح قطاع الطاقة.

ومن أهم الإصلاحات التي يتعين البحث فيها ضرورة إعادة حساب تسعير الطاقة، وخصوصاً تركيبة أسعار توفير الكهرباء في المنطقة. فتشجيع المواطنين على دفع الأسعار الحقيقية وليس الأسعار المدعومة للكهرباء يفسح المجال أمام الأفكار الابتكارية والاستثمارات في مصادر الطاقة غير التقليدية، مثل الوقود الحيوي. ولعل في الآثار الاجتماعية المتوقع أن تنجم عن إصلاح خطط تسعير الطاقة ما يثني الحكومات عن تطبيق خطط الإصلاح. لكن وقف العمل بالأسعار المدعومة للطاقة، الذي قد يؤثر سلباً على السكان الأكثر فقراً في الأجل القصير، يشجع أيضاً على تطوير جميع أنواع الطاقة المتجددة، ويعود بالفائدة على المجتمع بأسره في الأجل الطويل.

ومع أنَ إصلاح قطاع الطاقة هو جزء من الحل، يبقى على الحكومات أن تدخل في مفاوضات مع البلدان الصناعية المتقدِمة في هذا القطاع للتوصل إلى ترتيبات أفضل لنقل التكنولوجيا. وتستطيع البلدان الصناعية اليوم أن تدعم البحث والتطوير والاستثمار في الوقود الحيوي الأولي والثانوي. وأما البلدان النامية عموماً، بما فيها بلدان الإسكوا، فلا تملك الموارد المالية أو البشرية اللازمة لدعم تطوير هذا القطاع. لذلك، يمكن اتخاذ ترتيبات دولية للمساعدة في إتاحة فرص متكافئة للجميع في هذا المجال، وفي الوقت نفسه توفير الأدوات اللازمة لتسهيل نقل التكنولوجيات السليمة بيئياً لبلدان الإسكوا المهتمة بتطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي.

ويمكن أن تشكّل خصخصة توليد الكهرباء أداة مفيدة لتشجيع المنتجين المستقلين للطاقة على دخول السوق بتكنولوجيات جديدة وابتكارية وتنافسية من الناحية المالية. ومجدداً، قد تعتبر بعض الدول أن هذا الخيار يشكل تعدياً على سيادتها، وقد تتجاهله. وهكذا يبقى من الضروري مقارنة هذا الخيار بالخيارات الأخرى الكفيلة بزيادة القدرة على توليد الطاقة، والتنبه إلى أخذ تكاليف النقل واستيراد الطاقة في الاعتبار.

ويمكن أن يوفر قانون الالتزام بشراء الطاقة المتجددة بديلاً مقبولاً. وبموجب هذا القانون، تدفع الحكومات أجراً للمشاريع الصغيرة والمتوسطة مقابل توليد الطاقة الحرارية أو الكهربائية، وذلك حسب كلفة توليد الكهرباء، وليس حسب تعريفات الكهرباء المدعومة. ويوفّر هذا الترتيب منفذاً مؤكداً لبيع الطاقة التي تنتجها المؤسسات الصغيرة والمتوسطة، وذلك بإبرام عقود طويلة الأجل مع الحكومة. ويضمن هذا الترتيب للمؤسسات أيضاً أسواقاً ثابتة لإنتاجها، ويسمح لها بإجراء تخطيط مالي سليم. وقد تتقاضى المؤسسات الصغيرة والمتوسطة كذلك أجراً أعلى من الأجر الاعتيادي مقابل الطاقة التي تولّدها، إذا ما قُيمت الآثار البيئية والتكاليف الاجتماعية المترتبة على الممارسات المعتمدة في الواقع للتخلص من النفايات الزراعية وأُدخلت في المعادلة. ومن المبررات الأخرى لهذه الأجور المرتفعة الفائدة الإضافية الناتجة من تعزيز الصناعات المحلية وفرص العمل من خلال "تأميم" مصادر الطاقة.

ويتعيَن تنفيذ قوانين بيئية أكثر صرامة لحظر التخلص من النفايات الصلبة والسائلة بطرق غير سليمة والتي عن بعض الممارسات الشائعة والضارة بالبيئة. وسيساهم فرض الضوابط على حرق النفايات في الهواء الطلق الذي يفتقر إلى الكفاءة ويتسبب بتلوث الهواء في تشجيع اعتماد التكنولوجيات الأنظف. وينبغي أن يقترن ذلك بتنفيذ برنامج يهدف إلى بناء القدرات ونشر المعلومات، ويتوجّه إلى الحكومات المحلية والمؤسسات المالية وأصحاب المشاريع والصناعيين والمنظمات غير الحكومية والمواطنين في المناطق الزراعية، إذ من شأنه رفع مستوى الوعي بأهمية الوقود الحيوي.

وختاماً، يمكن أن تضطلع الحكومات بدور رئيسي في وضع إطار مالي مناسب يشجع على إنشاء المؤسسات الصغيرة والمتوسطة التي تعمل في إنتاج الوقود الحيوي ويعزز استدامتها. ومن المقترح أن يتضمن هذا الإطار استحداث فرص استثمارية، وتقديم قروض ميسرة طويلة الأجل، وجذب أموال الجهات المانحة المحتملة المحلية والدولية. وقد تشكّل الحوافز الاقتصادية، مثل الإعفاءات الضريبية، دافعاً مباشراً لإقامة مشاريع الطاقة الحيوية، وذلك مثلاً عن طريق تقديم إعفاءات ضريبية على المعدات المستوردة والمصنّعة لغرض بناء محطات الغاز الحيوي. وأما تقديم معاملة تفضيلية للمصانع المنخرطة في تحويل النفايات الزراعية إلى وقود حيوي، فهو خيار آخر يستحق الاهتمام. ويمكن للحكومة على سبيل المثال أن تختار شراء جزء من إنتاج المزرعة لجيشها الوطني، مما يمنح المزرعة مزايا مالية وتجارية تجعلها تتفوق على المزارع المنافسة لها.

ويستلزم تعزيز مشاركة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في تطوير قطاع الوقود الحيوي اعتماد نهج متكامل يراعي الاحتياجات والتحديات والقيود التي تفرضها أسواق الطاقة المحلية والدولية، فضلاً عن الفرص التي تتيحها التكنولوجيات الجديدة السليمة بيئياً. وبعد ذلك، يمكن تهيئة بيئة مؤاتية تأخذ هذه التحديات في الاعتبار بهدف مساعدة المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على استحداث فرص اقتصادية جديدة وتعزيز قدرتها على المنافسة.

المراجع

ألف- المراجع العربية

الأمم المتحدة، المجلس الاقتصادي والاجتماعي، لجنة التنمية المستدامة، خيارات السياسات والتدابير العملية الرامية إلى التعجيل بالتنفيذ في مجالات الزراعة، والتنمية الريفية، والأراضي، والجفاف، والتصحر في أفريقيا. أيار/مايو ٢٠٠٩.

الأمم المتحدة، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، إعلان المؤتمر الرفيع المستوى المعني بالأمن الغذائي العالمي: تحديات تغيّر المناخ والطاقة الحيوية، حزيران/يونيو ٢٠٠٨.

الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، نقل التكنولوجيا إلى الشركات الصغيرة والمتوسطة وتحديد فرص الاستثمار المحلي والاستثمار الأجنبي المباشر في قطاعات مختارة: حالة تجمعات الشركات الصغيرة والمتوسطة في صناعتي الأغذية الزراعية والملابس، (E/ESCWA/SDPD/2005/6)، ٢٠٠٥.

الأمم المتحدة، منظمة الأغذية والزراعة، حالة انعدام الأمن الغذائي في العالم، ٢٠٠٨، متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.fao.org/docrep/011/i0291e/i0291e00.htm.

جامعة الدول العربية، الأمانة العامة، الأمانة الفنية لمجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، "الإعلان الوزاري العربي حول التغيّر المناخي"، كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٧.

جامعة الدول العربية، البرنامج التنفيذي لمتابعة تنفيذ تكليفات القمة العربية الاقتصادية والتنموية والاجتماعية في مجال البيئة المعتمد من مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن البيئة في دورته الاستثنائية ٢٤-٢٥ أيار/مايو ٢٠٠٩.

جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، استراتيجية التنمية الزراعية العربية المستدامة للعقدين القادمين ٢٠٠٥-٢٠٢٥، آب/أغسطس ٢٠٠٧.

حافظ شاهين، "إدارة مخلفات معاصر الزيتون في فلسطين"، متاح على الموقع الإلكتروني: http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/ARADO/UNPAN020869.pdf.

حافظ شاهين ورياض عبد الكريم، إدارة المخلفات السائلة لمعاصر الزيتون في فلسطين، ٢٠٠٧. متاح على الموقع الإلكتروني: www.najah.edu/researches/313.pdf.

السلطة الوطنية الفلسطينية، الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني. متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.pcbs.gov.ps.

شركة نجع حمادي لإنتاج وتصنيع الأخشاب. متاح على الموقع الإلكتروني: http://server.egypt.com/egypt/egydirectory/detail/2620/nag-hamady-for-wood-production-and-fabrication-co.html.

مؤسسة الأبحاث العلمية، بذور الزيتون. وقود حيوي. متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.srfo.org/newsdetail.asp?ID=29&ln=ar.

المملكة الأردنية الهاشمية، دائرة الإحصاءات العامة، متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.dos.gov.jo/agr/agr_a/index.htm.

المملكة العربية السعودية، مصلحة الإحصاءات العامة والمعلومات، متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.cdsi.gov.sa/showsection.aspx?lid=26&id=318.

الموقع الإلكتروني الجمهورية أونلاين: www.gom.com.eg/algomhuria/2005/06/06/stock/detail04.shtml.

اليمن، الجهاز المركزي للإحصاء، متاح على الموقع الإلكتروني: http://www.cso-yemen.org/content.php?lng=english&id=443.

باء- المراجع الإنكليزية

Adam + partner. 2009. "Low cost retort kiln called 'adam-retort' or ICPS (Improved Charcoal Production System". Available at: http://www.biocoal.org/3.html.

Ahmed, W.O. 1997. "Briquettes in Sudan", No. 39. Available at: http://www.hedon.info/BriquettesInSudan.

Al Rawabi Dairy Company LLC. Available at: http://www.tradekey.com/profile_view/uid/1223003/Al-Rawabi-Dairy-Company-LLC.htm.

Al-Tawil, W. 2001. Syrian Arab Republic. CIHEAM-Option Méditerranéennes. Available at: http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b35/02002227.pdf.

Alam, A. "Growing sugar crops for food, feed and fuel", presented at International Conference on World Prospects of Sugar Crops as Sources of Food and Energy Suppliers (Luxor, Egypt, 1-4 March 2009). GL 2.3/1.

Alam, S.A. 2006. "Use of biomass fuels in the brick-making industries of Sudan: Implications for deforestation and greenhouse emission" (Department of Forest Ecology, University of Helsinki, Finland. Available at: https://oa.doria.fi/handle/10024/3159.

Algomhuria. Available at: www.gom.com.eg/algomhuria/2005/06/06/stock/detail04.shtml.

Alonso P.W., Garzone, P. and Cornacchia, G. 2007. "Agro-industry sugarcane residues disposal: The trends of their conversion into energy carriers in Cuba", *Waste Management*, vol. 27, No. 7, pp. 869-885.

Al-Safi-Danone. Record Breakers. Available at: www.euroasiaindustry.com/assets/uploads/117.pdf.

Al-Widyan, M.I., Tashtoush, G., Hamasha, A.M. 2006. Combustion and emissions of pulverized olive cake in tube furnace. Science Direct. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890405001998 (last accessed on 24 February 2009).

Al-Majali, A.M., Al-Qudah, K.M., Al-Tarazi, Y.H. et al. 2008. "Risk factors associated with camel brucellosis in Jordan", *Tropical Animal Health and Production*, vol. 40, No. 3, pp. 193-200. Available at: http://www.springerlink.com/content/v57tr0j6010744k8/.

Aqeel, A.M., Hameed, K.M. 2007. "Implementation of olive mill by products in agriculture", *World Journal of Agricultural Sciences*, vol. 3, No. 3, pp. 380-385. Available at: www.idosi.org/wjas/wjas3(3)/18.pdf.

Aqra, F., Yaghi, N., Subuh, Y. et al. 2009. "Reducing the environmental impact of olive mill wastewater", *American Journal of Environmental Science*, vol. 5, No. 1. Available at: http://www.scipub.org/fulltext/ajes/ajes511-6.pdf.

Arab Organization for Agricultural Development. 2007. Strategy for Sustainable Arab Agricultural Development for the Upcoming Two Decades (2005-2025).

Atayol, A.A. 2003. "Anaerobic co-treatability of olive mill wastewaters and domestic wastewater" (Izmir Institute of Technology, Izmir, Turkey). Available at: http://library.iyte.edu.tr/tezler/master/cevremuh/T000239.pdf.

Babu, S.P. 2006. Perspectives on Biomass Gasification. IEA Bioenergy Agreement. Available at: http://media.godashboard.com/gti/IEA/IEAWS1Report5-06rev%5B1%5D7-07.pdf.

Bailey, Jr. R., Colombo, M. and Scott, W.N. "A 4 MWe biogas engine fueled by the gasification of the production of olive oil wastes (sansa)". Available at: http://www.brdisolutions.com/pdfs/bcota/abstracts/9/25.pdf.

Basin. 1999. "Utilization of Bagasse in brickmaking: R & D in Sudan", *Wall Building Technical Brief* (Advisory Service and Information Network).

Biomass Energy Resource Center. 2007. Wood Pellet Heating. Available at: www.mass.gov/Eoca/docs/doer/pub_info/doer_pellet_guidebook.pdf.

BMA info 2004. "Optimization of COSUMAR's beet sugar factories".

Central Department of Statistics and Information of Saudi Arabia. Available at: http://www.cdsi.gov.sa/showsection.aspx?lid=26&id=318.

Central Intelligence Agency (CIA). *The World Factbook*. Available at: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/.

Central Statistical Organization. Available at: http://www.cso-yemen.org/content.php?lng=english&id=443.

Commission on Sustainable Development. 2009. "Policy options and practical measures to expedite implementation in agriculture, rural development, land, drought, desertification and Africa", (advanced unedited text, 19 May), p. 12.

Council of Arab Ministers Responsible for the Environment (CAMRE). 2007. "The Arab Ministerial Declaration on Climate Change". The Declaration, which was adopted by CAMRE at its nineteenth session (5- 6 December 2007), reflects the Arab position in dealing with climate change issues.

The Declaration of the High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy (Rome, 3-5 June 2008), p. 3 under medium and long-term measures.

Delta Sugar Company. Available at: www.deltasugar.com.

DynaMotive Energy Systems Corporation. "Fast pyrolysis of bagasse to produce biooil fuel for power generation", which was presented at the 2001–Sugar Conference. Available at: www.biooil.ru/docs/2001SugarConferencePaper.pdf.

Egyptian Sugar and Integrated Industries Company (ESIIC) and Qena Newsprint Paper Factory. Interviews with officials.

El Ashmawy, K.H. et al. 2007. "Socioeconomic and environmental aspects of women labor in the Egyptian agricultural sector: Case study of sugar crops", *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, vol. 2, No. 3, pp. 255-260. Available at: www.idosi.org/aejaes/jaes2(3)/8.pdf.

El Habbab, M.S. "Introducing organic farming system in olive production and linking small farmers to markets". Available at: http://www.egfar.org/egfar/lfm/gphi_documents/04_Regional_Case_Studies_2008/01_AARINENA/Introducing_Organic_Farming_System_in_Olive_Production-Part-%20B.doc.

El Haggar, S.M. et al. 2005. "Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt", which was presented at Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 (Istanbul, Turkey, 13-15 July). Available at: www.unido-ichet.org/ihec2005/files/manuscripts/EL%20Haggar%20S.M-Egypt.pdf.

Energy Crop Digestion Plant Strem. "Sun – Crops – Bio-Energy". Available at: www.iea-biogas.net/Dokumente/casestudies/strem.pdf.

Engler, C.R., Jordan, E.R., McFarland, M.J. and Lacewell, R.D. Economic and Environmental Impact of Biogas Production as a Manure Management Strategy. Available at: www.agmrc.org/media/cms/Engler2_F05E9EA9371B6.pdf.

ESCWA. 2005. "Technology transfer to small and medium-sized enterprises and identifying opportunities for domestic and foreign direct investment in selected sectors: The case of SME clusters in the agro-food and apparel industries" (E/ESCWA/SDPD/2005/6), pp. 22-30.

European Commission, Directorate-General for Research, Information and Communication Unit. 2005 "Energy scientific and technological indicators and references". Available at: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html.

European Community Contribution Agreement with an International Organization. 2003. "Integrated waste management for the olive oil pressing industries in Lebanon, Syria and Jordan". Available at: http://www.undp-jordan.org/Portals/0/OO per cent20PD per cent201.pdf.

Food and Agriculture Organization. Industrial charcoal production. 2008. Development of a sustainable charcoal industry. Available at: http://www.drveniugljen.hr/assets/files/pdf/FAO_Industrial%20charcoal% 20production.pdf.

FAO. *The State of Food Insecurity in the World*, 2008. Available at: http://www.fao.org/docrep/011/i0291e/i0291e00.htm.

FAO statistics. Available at: www.faostat.org.

Fokaides, P.A., Tsiftes, K. 2007. "Utilisation of Olive Husk in energy sector in Cyprus". Proceedings of the Renewable Energy Sources & Energy Efficiency Conference (28-30 September 2007, Nicosia, Cyprus) p. 7.

Four Seasons Fuel Ltd. 2009. "Charcoal retort". Available at: http://www.fourseasonsfuel.co.uk/charcoal-retorts.asp.

Fankhauser, D.B. 2000. "Cheese making illustrated". Available at: http://biology.clc.uc.edu/fankhauser/Cheese/Cheese_5_gallons/CHEESE_5gal_00.htm.

Free Patents Online. 2007. "Method and device for pelletizing unprocessed sugar-cane bagasse". Available at: www.freepatentsonline.com/EP1770152.html.

Frost, P., Gilkinson, S. and Buick, J. 2006. "The potential of on-farm anaerobic digestion for Northern Ireland". Available at: www.actionrenewables.org/site/download.asp?CatID=4972&parentid=4879&FILE=anaerobic_digestion.pdf.

Fulhage, C.D., Sievers, D. and Fischer, J.R. "Generating methane gas from manure". Available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm.

General Organization for Sugar. Available at: www.gofs.org/.

Ghazal, M. and Namrouqa, H. 2007. "Jordan: Pilot plant to treat olive vegetable water", *Jordan Times*. Available at: https://www.zawya.com/printstory.cfm?storyid=ZAWYA20070701032653&l=032600070701.

Hadjipanayiotou, M. et al. 1993. "Feeding ensiled poultry excreta to ruminant animals in Syria", *Livestock Research for Rural Development*, vol. 5, No. 1. Available at: www.fao.org/ag/agap/frg/Irrd/Irrd5/1/syria1.htm.

Hassan, H.K. "Arab region prospects of sugar crops as sources of food and energy", which was presented at the International Conference on World Prospects of Sugar Crops as Sources of Food and Energy Suppliers (Luxor, Egypt, 1-4 March 2009).

Haussier, B. "Quena: Successful start-up of the world's most modern bagasse paper mill". Available at: www.voithpaper.com/media/vp_tw12_quena_en.pdf.

Hibajene, S.H., Kalumiana, O.S. 2003. "Manual for charcoal production in earth kilns in Zambia". Department of energy, Ministry of Energy and Water development Lusaka, Zambia. Available at: http://www.bioquest.se/reports/Charcoal%20production%20manual%20ENGLISH.pdf.

Hinkova, A. and Bubnik, Z. 2001. "Sugar beet as a raw material for bioethanol production", *Czech J. Food Science*, vol. 19, No. 6, pp. 224-234. Available at: www.cazv.cz/attachments/5-Hinkova.pdf.

"How products are made: Charcoal briquettes". 2009. Available at: http://www.madehow.com/Volume-4/Charcoal-Briquette.html.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Energy and Environmental Data Reference Bank. Available at: www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/eedrb/data/JO-encc.html.

International Fund for Agricultural Development (IFAD). Approved projects for Lebanon. Available at: http://www.ifad.org/operations/projects/regions/PN/LB_all.htm.

IMES Consulting. "GCC dairy products 2006 Oman". Available at: http://www.imesconsulting.com/publications.php?gclid=CNPyqNfevZkCFRKIxwodMm4-dQ.

The Independent. 2007. Somalis Yearn for Islamic Rulers to Return and Tame the Warlords. Available at: www.independent.co.uk.

Index Mundi. Available at: www.indexmundi.com/agriculture/?country.

International Society of Sugar Cane Technologists. 2007. "Design, build-up and evaluation of a sugarcane biomass (bagasse and trash) gasification pilot plant with 3 MWE of power", project proposal for the International Sugarcane Biomass Utilization Consortium (ISBUC). Available at: http://issct.intnet.mu/ISBUCresprop1.HTM.

Iraq Private Sector Growth and Employment Generation (IZDIHAR). 2006. The Dairy Market in Iraq. USAID/IRAQ. Available at: www.usaid.gov/iraq/contracts/pdf/TheDiaryMarketinIraq.pdf.

Jordan, Department of Statistics. Available at: http://www.dos.gov.jo/agr/agr_a/index.htm.

Kadam, K.L. 2000. "Environmental life cycle implications of using bagasse-derived ethanol as a gasoline oxygenate in Mumbai (Bombay)". NREL/TP-580-28705. Available at: www.nrel.gov/docs/fy01osti/28705.pdf.

Kannan, D. "Renewable energy in developing countries with an emphasis on India", which was presented at the International Student Festival in Trondheim 2009. Available at: http://folk.ntnu.no/kannan/renewable_energy_isfit09_presentation.pdf.

L.S. Gold and Associates. 2004. "AK-Chin Indian community biomass feasibility study". Available at: http://apps1.eere.energy.gov/tribalenergy/pdfs/31_ak_chin_biomass.pdf.

League of Arab States. "Proposed executive programme to follow up on mandates of the Arab Economic, Developmental and Social Summit in the area of the environment" (in Arabic), which was submitted to CAMRE at their ad-hoc session (24-25 May 2009).

Liban Lait. Available at: http://www.libanlait.com/Templates/InternalTemplate.aspx?PostingId=204.

Lusk, P., Wheeler, P. and Rivard, C. 1996. Deploying anaerobic digesters: Current status and future possibilities. Available at: http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?query_id=1&page=0&osti_id=481517.

Management of Resources and Environment Solutions (MORES). Available at: http://www.mores.com.lb/.

Ministry of Economy and Trade in Lebanon. 2006. "Integrated assessment of the Lebanon-EU Association Agreement: A pilot study on the Lebanese olive oil sector". Available at: www.economy.gov.lb/NR/rdonlyres/6BD2EE6D-81D5-49E6-894A-1E1A931BCAAC/0/ExecutivesummaryUNEP28February.pdf.

Nag Hamady for Wood production and Fabrication. Available at: http://server.egypt.com/egypt/egydirectory/detail/2620/nag-hamady-for-wood-production-and-fabrication-co.html.

NationMaster. Available at: www.nationmaster.com.

Nelson, C. and Lamb, J. 2002. "Final report: Haubenschild Farms Anaerobic Digestion" (The Minnesota Project, 2002). Available at: www.mnproject.org/pdf/Haubyrptupdated.pdf.

Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. 2006. *Olive processing waste management: Literature review and patent survey*, vol. 5, second edition.

OPEC Fund for International Development (OFID). 2009. "Biofuels and food security".

The Olive Oil Source. "Disposal of olive processing by-products". Available at: www.oliveoilsource.com.

"Olive seeds as biomass" (in Arabic). Available at: http://www.srfo.org/newsdetail.asp?ID=29&ln=ar.

Omer, A.M. 2005. "Biomass energy potential and future prospect in Sudan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 9, pp. 1-27.

Omer, A.M. 2007. "Organic waste treatment for power production and energy supply", *Journal of Cell and Animal Biology*, vol. 1, No. 2, pp. 034-047.

OPET Sweden. The multipurpose bioenergy in Skellefteå – Electricity, heating and pellets. Available at: www.aster.it/opet/doc/sweden_bioenergy_plant.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2008. "Biofuel support policies: An economic assessment".

Pal, R.C. and Singh, V.K. "Charcoal making technology for livelihood for rural people", TERI New Delhi. Available at: www.fuelnetwork.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=207.

Palestinian Central Bureau of Statistics. Available at: http://www.pcbs.gov.ps/Portals/_pcbs/Agriculture/8bd96c73-6cf5-47b7-af30-66a6624fc018.htm.

Pari, G. et al. 2004. "Charcoal production for carbon sequestration". Available at: http://project.jica.go.jp/indonesia/0065045I0/archives/pdf/output3.pdf.

Peters M. et al. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, fifth edition. McGraw-Hill.

"Probiogas, Promotion of biogas for electricity and heat Production in EU countires – Economics and environmental benefits of biogas from centralised co-digestion". 2007. Project coordinator: University of Southern Denmark, Bioenergy Department. Available at: http://web.sdu.dk/bio/probiogas/down/leaflet.pdf.

Qadir, J. 2003. "Al Rawabi opens new Dh50m plant", *Khaleej Times*. Available at: https://www.zawya.com/story.cfm?id=ZAWYA20031023072858.

Rajoka, M.I. 2005. "The enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated wheat straw and bagasse to ethanol", *ATDF Journal*, vol. 2, No. 2. Available at: www.atdforum.org/IMG/pdf/ethanol.pdf.

Rive, G. 1992. "Utilization of renewable energy sources and energy-saving technologies by small-case milk plants and collection centres". FAO Corporate Document Repository. Available at: http://www.fao.org/docrep/004/t0515e/T0515E03.htm.

Rouilly, A., Jorda, J., Rigal, L. 2006. "Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. I. Twin screw extrusion process", *Carbohydrate Polymers*, vol. 66, pp. 81-87.

The Royal Society. 2008. "Sustainable biofuels: prospects and challenges". Available at: http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914.

Saber, A.S. 1998. The Camel in Ancient Egypt.

Salibi, A. 2007. "Marketing study for olive, olive oil and apple in Lebanon". Available at: http://www.agriculture.gov.lb/Studies/Bseline%20study%20for%20Apple%20and%20Olive%20June%202007-GTFS-REM-070-ITA.pdf. Accessed 20-2-09.

Samani, Z., Hanson, A., Smith, G. et al. 2008. Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. ScienceDirect, Bioresource Technology, vol. 99, No. 17, pp. 8288-8293. Available at: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V24-4SH7DRD-1&_user=808330&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000044179&_version=1&_urlVersion=0&_userid=808330&md5=30851d03c1a320383d7ff6d937628af4.

Santucci, F.M. 2007. "Organic agriculture and olive oil production in the southern Mediterranean countries". OLIBIO Research Project. Available at: http://orgprints.org/13528/01/Santucci-OA_in_the_Med.pdf.

Sawahel, W. 2009. "Sudan sets its sights on biofuels". Science and Development Network. Available at: http://www.scidev.net/.

Sayegh, A. 2007. "Middle East poultry production sees reasons for optimism", *World Poultry*, vol. 32, No. 4. Available at: http://www.worldpoultry.net/article-database/middle-east-poultry-production-sees-reasons-for-optimism-id1954.html.

Seebaluck V. "Sugarcane bagasse cogeneration as a renewable energy resource for Southern Africa", Presentation to the third International Green Energy Conference, 17-21 June 2007, Västerås Sweden. Available at: http://www.carensa.net/publications.htm.

Sfeir, J.P. President of Solarnet. Interview conducted by ESCWA on 4 February 2009, Beirut, Lebanon.

Shaheen, H. "Management of olive mills wastes in the Palestinians territories" (in Arabic). Available at: http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/ARADO/UNPAN020869.pdf.

Shaheen, H., Abdel Karim, R. 2007. "Management of olive-mills wastewater in Palestine". An-Najah National University, J. Res. (N. Sc.) vol. 21. Available at: www.najah.edu/researches/313.pdf.

Shukla, G.L., Prabhu, K.A. "Bio-gas production from sugarcane biomass and agro-industrial waste". Available at: http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=19960302970.

Siemons R.V. 1993 "Carbonization of fresh bagasse". Available at: www.cleanfuels.nl/ Projects%20&%20publications/Bagasse%20Carbo&agglomeration.pdf.

Southern Minnesota Sugar Cooperative. "Facts about sugar beets and beet sugar". Available at: http://www.sbreb.org/brochures/SugarCoop/.

Sugar Engineers. "Sugar Factories of North and West Africa". Available at: www.sugartech.co.za/factories/list.php.

Sugar Worker, News from the Sugar Sector, July-August 2005. Available at: www.iuf.org/cgi-bin/dbman/db.cgi?db=default&uid=default&ID=2277&view_records=1&en=1.

Summit Communications. 2009. "Sweet taste of success". Available at: www.summitreports.com/sudan/sugar.htm.

TDC-Olive. "By-product reusing from olive and olive oil production". Available at: http://www.biomatnet.org/publications/1859bp.pdf.

Thaker, H. 2008. "Almarai Company cash cow: Falcom Equity Research Report". Available at: www.moneyworks.ae/user_files/uploads/Almarai%20Company%20Dec%202008.pdf.

Travis G-R. 2007. "An overview of sugar culture in Morocco, particularly within a Berber community in Rastabouda" (thesis). Available at: www.ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/1448/1/thesis_fulltext.pdf.

Tsiftes, K., Fokaides, P.A. 2007. "Utilization of olive husk in energy sector in Cyprus", *Renewable Energy Sources & Energy Efficiency*, which is available at: www.tekes.fi/eu/fin/partnerinhaku/energia_tiedostot/Fokaides_cypros.pdf.

United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA). 2007. "Small-scale production and use of liquid biofuels in sub-Saharan Africa: Perspectives for sustainable development". Available at: www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/csd15_bp2.pdf.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2006. "Clean Development Mechanism Project Design". Available at: www.cdm.unfccc.int/Panels/ssc_wg/SSCWG08_repan15_Revisions_PDD_form.pdf.

United Nations data. Available at: www.data.un.org.

United States Department of Agriculture (USDA). "USDA national agriculture statistics services – quick stats". Available at: www.nass.usda.gov.

USDA Foreign Agricultural Service. 2009. "Syria: Trade Policy Monitoring – Annual 2009". Available at: http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200903/146337511.pdf.

Weima. 2009. "High performance briquetting system for volume reduction". Available at: http://www.bestmachinery.hu/pdf/weima-th-400-e.pdf.

Wernery, U. "FMD and camelids: International relevance of current research".

Westlake, M. 2003. "Economics of main sub-sectors in Syrian agriculture". Available at: http://www.fao.org/docrep/006/Y4890E/y4890e0e.htm.

Wetlands International. 2008. "Biofuels in Africa: An assessment of risks and benefits for African wetlands". Available at: http://www.aidenvironment.org/Upload/Files/xhtvkw/Biofuels%20in%20Africa_study%20WI.pdf.

Widodo, T.W. and Hendriadi, A. 2005. "Development of biogas processing for small scale cattle farm in Indonesia". International Seminar on Biogas Technology for Poverty reduction and Sustainable Development. Available at: http://www.wcasfmra.org/biogas.htm.

World Report International Ltd. "Miracle of sugar in the desert". Available at: www.worldreport-ind.com/sudan/sugar.htm.

Wright, L., Boundy, B., Perlack, B. et al. 2006. Biomass Energy Data Book. Edition 1. Available at: http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=1DC1D4FABA57FC32092F2CD5C189B30E?purl=/930823-9gRAKe/.

Wright, P. and Graf, K. 2003. "Anaerobic digester at AA Dairy: Case Study". Manure Management Program, Department of Biological and Environmental Engineering, Cornell University. Available at: http://files.harc.edu/Sites/GulfCoastCHP/CaseStudies/AnaerobicDigesterAADairy.pdf.

Wright, P. and Ma, J. 2003. "Anaerobic digester at Noblehurst Farms, Inc.: Case Study". Manure Management Program, Department of Biological and Environmental Engineering, Cornell University. Available at: http://files.harc.edu/Sites/GulfCoastCHP/CaseStudies/AnaerobicDigesterNoblehurst.pdf.

Wright, P. and Ma, J. 2003. "Fixed film digester at Farber Dairy Farm: Case Study". Manure Management Program, Department of Biological and Environmental Engineering, Cornell University. Available at: www.manuremanagement.cornell.edu/Docs/Farber%20Case%20Study%2011-23-04(NEW).pdf.

Wright, P.E. 1998. "Anaerobic digestion and wetland treatment case study: Comparing two manure odour control systems for dairy farms". Available at: www.rcminternationalllc.com/RCM_Forms/RCM_Paper_No_984105.pdf.

Wu, H.O. et al. 2001. "Biogas – is it a sustainable energy source?" Available at: http://www.environmentalstudies.au.dk/publica/f2001hx-biogas.pdf.

Zawya. 2007. "Syria industry: National sugar company's Jandar plant set to start production sugar". Available at: http://www.zawya.com/countries/sy/macrowatch.cfm?eiusection=NATIONAL%20SUGAR%20COMPANY'S%20JANDAR%20PLANT%20SET%20TO%20START%20PRODUCTION.

Zhang, X., Kilmer, R.L. and Muhammad, A. 2003. "A descriptive analysis of Egypt and Saudi Arabia who import United States dairy products". International Agricultural Trade and Policy Center. Available at: http://ideas.repec.org/b/ags/uflomo/15698.html.

جيم- مراجع أخرى

مقابلات مع مسؤولين في شركة السكر والصناعات التكاملية المصرية وشركة قنا لورق طباعة الصحف.

مقابلة أجرتها الإسكوا مع جان بول صفير، رئيس إدارة شركة سولارنت، في ٤ شباط/فبراير ٢٠٠٩ في بيروت، لبنان.