E

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

E/C.13/1996/4
4 April 1996
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

المجلس الاقتصادي والاجتماعي

اللجنة المعنية بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة وبتسخير الطاقة لأغراض التنمية
الدورة الثانية
١٢-٢٣ شباط/فبراير ١٩٩٦

مصادر الطاقة المتجددة مع التركيز بصفة خاصة على الكتلة الأحيائية: التقدم والسياسات

تقرير الأمين العام*

موجز

تشهد طاقة الكتلة الأحيائية أو الطاقة الأحيائية طفرة في الاهتمام مرجعها إلى مجموعة عوامل هي: زيادة التسليم بدورها الحالي ومساهمة الكتلة الأحيائية المحتملة مستقبلا كوقود متطور؛ وتوفرها وتعدد استعمالاتها واستدامتها؛ وفوائدها البيئية العالمية والمحلية؛ والفرص الإنمائية والمشاريعية التي تسنح عنها. وفي الآونة الأخيرة حدث تراكم مهم في التطورات والمعارف التكنولوجية المتصلة بكثير من جوانب طاقة الكتلة الأحيائية. ومع ذلك، وبرغم هذه المزايا والتطورات، لا تزال الطاقة الأحيائية تواجه عقبات كثيرة مبعثها عوامل اقتصادية ومؤسسية وبعض العوامل التقنية. وفي كثير من البلدان التي اكتسبت فيها الطاقة الأحيائية الآن أهمية بالغة، سواء من المنظور الاجتماعي والاقتصادي أو من منظور الطاقة، لا تخصص للكتلة الأحيائية إلا موارد محدودة.

وثمة احتمالات هائلة غير مستغلة للكتلة الأحيائية تكمن خاصة في تحسين استخدام الموارد الحالية والغابات والموارد الأخرى من الأرض، وزيادة إنتاجية المنشآت الصناعية، وفي عمليات التحويل الكفؤة للطاقة باستخدام تكنولوجيات متطورة. ويمكن أن تستخرج من الكتلة الأحيائية، مع التوفير، طاقة أكثر نفعا بكثير مما يجري استخراجه في الوقت الحاضر. وثمة احتمال كبير لتطوير وقودات الكتلة الأحيائية من أجل إنتاج حوامل للطاقة ملائمة وأقل تلويثا للبيئة كالكهرباء والغازات ووقودات النقل مع الاستمرار في نفس الوقت في الإيفاء بالاستخدامات التقليدية للكتلة الأحيائية. ولطاقة الكتلة الأحيائية فوائد بيئية واجتماعية عميمة إن أنتجت بطريقة كفؤة ومستدامة: خلق الوظائف،

* سبق أن قدم إلى اللجنة تحت الرمز E/C.13/1990/CRP.1.

واستخدام الأراضي الزراعية الزائدة عن الحاجة في البلدان الصناعية، وتزويد المجتمعات الريفية للبلدان النامية بحوامل متطورة للطاقة، وتحسين إدارة الأرض، وخفض مستويات ثاني أكسيد الكربون والكبريت في الغلاف الجوي.

غير أن معظم تكنولوجيات طاقة الكتلة الأحيائية لم يصل بعد إلى المرحلة التي تتيح فيها لقوى السوق بمفردها تبني هذه التكنولوجيات. فالتكاليف محدودة جدا وتعتمد على عدد كبير من المتغيرات يتراوح بين المواد الأولية، والممارسات الإدارية، ونوع التكنولوجيا، والاعتبارات البيئية. وأحد الحواجز الرئيسية التي تقف بوجه تتجير تكنولوجيات الطاقة المتجددة، بما فيها الطاقة الأحيائية، هو اتجاه الأسواق الحالية للطاقة عادة إلى تجاهل التكاليف والمخاطر الاجتماعية والبيئية المرتبطة بالاستخدام التقليدي للطاقة والإعانات الخفية وتكاليف إنضاب الموارد المحدودة المتكبدة في الأجل الطويل والتكاليف الناجمة عن تأمين إمدادات موثوقة للطاقة من مصادر أجنبية. وفي كثير من مناطق العالم تجعل الضغوط البيئية والأيكولوجية المتنامية المقترنة بالتقدم التكنولوجي وزيادة الكفاءة والانتاجية الموارد الأولية للكتلة الأحيائية أكثر جاذبية من الناحية الاقتصادية. وتفتح التطورات التكنولوجية أبوابا جديدة للطاقة الأحيائية، رغم أنها لم تكن منذ سنوات قليلة إلا احتمالات بعيدة. وتتضمن هذه التطورات: تكنولوجيا متطورة لدورة تسخين بخارية بالتوليد المشترك؛ والحرق المشترك بالوقودات الأحفورية؛ وتكنولوجيا متطورة متكاملة للتغويز؛ وتكنولوجيا لتوربين حرق بلهب الخام الإحيائي؛ وإنتاج الميثانول والهيدروجين من الكتلة الأحيائية؛ وتكنولوجيا المركبات التي تعمل بالخلية الوقودية ... وما شابه ذلك. وسوف يستمر الطلب على الطاقة في ازدياد وإن توقف معدل الزيادة على حالة السكان والنمو الاقتصادي والتطورات التكنولوجية. ويمكن للطاقة الأحيائية في أشكالها التقليدية والمتطورة أن تقدم إسهاما مهما في التزويد المستدام بالطاقة، وفي التنمية الاجتماعية والاقتصادية، وتأمين البيئات النظيفة. إلا أن اغتنام الطاقة الأحيائية لهذه الفرص مرهون بالكف عن اعتبارها "وقود الرجل الفقير".

المحتويات

	الفقرات	الصفحة
مقدمة	١	٤
أولا - الخلفية	٢ - ٤	٤
ثانيا - إمكانات موارد الكتلة الأحيائية من الطاقة	٥ - ١٧	٦
ألف - منظور تاريخي	٥ - ١٠	٦
باء - الإمكانات الراهنة	١١ - ١٢	٨
جيم - تصورات طاقة الكتلة الأحيائية في المستقبل	١٣ - ١٧	٩
ثالثا - الآثار البيئية والاجتماعية	١٨ - ٣٥	١١
ألف - الآثار البيئية	١٨ - ٢٧	١١
باء - الآثار الاجتماعية	٢٨ - ٣٥	١٦
رابعا - الاتجاهات التكنولوجية والطاقة الأحيائية الحديثة	٣٦ - ٦٥	١٩
ألف - الاتجاهات التكنولوجية	٣٦ - ٤٥	١٩
باء - الاستخدامات الحديثة	٤٦ - ٦٥	٢٣
خامسا - اقتصاديات وتكاليف خيار الكتلة الأحيائية	٦٦ - ٨٦	٢٨
ألف - إنتاج الطاقة الأحيائية	٦٩ - ٧٣	٢٩
باء - الكهرباء والحرارة	٧٤ - ٧٦	٣٠
جيم - أنواع الوقود السائل والغازي	٧٧ - ٨٠	٣١
دال - مقارنة تكاليف الكتلة الأحيائية في إطار منهجية وحيدة	٨١	٣٥
هاء - التكاليف الخارجية	٨٢ - ٨٥	٣٥
واو - موجز	٨٦	٣٧
سادسا - متطلبات وآثار السياسة العامة	٨٧ - ١٠٠	٣٧
ألف - الحوافز المالية	٩٠ - ٩١	٣٨
باء - اتجاهات الطاقة في المستقبل	٩٢ - ٩٨	٣٩
جيم - أوجه القصور الرئيسية في مجال البحث	٩٩ - ١٠٠	٤١
سابعا - الاستنتاجات	١٠١ - ١١٢	٤٢
ثامنا - التوصيات	١١٣	٤٥

مقدمة

١ - طلبت اللجنة المعنية بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة وبتسخير الطاقة لأغراض التنمية، في دورتها الأولى المعقودة في الفترة من ٧ إلى ١٨ شباط/فبراير ١٩٩٤ من الأمين العام أن يعد تقريرا عن مصادر الطاقة المتجددة: التقدم والسياسات والتنسيق[١]. وفي دورتها الاستثنائية غيرت اللجنة موضوع التقرير إلى مصادر الطاقة المتجددة، مع التركيز بصفة خاصة على الكتلة الأحيائية: التقدم والسياسات،[٢] واعتمد المجلس الاقتصادي والاجتماعي هذا التغيير في دورته الموضوعية المعقودة في تموز/يوليه ١٩٩٥ في المقرر ٢٤٠/١٩٩٥. ويقوم هذا التقرير، الذي أعد بناء على طلب اللجنة، على أساس دراسة واسعة كلفت بإجرائها الأمانة العامة[٣].

أولا - الخلفية

٢ - يرجع الاهتمام المتزايد بالطاقة الأحيائية على نطاق العالم كحامل حديث للطاقة إلى:

(أ) الوعي باحتمالاتها الهائلة؛ والتسليم بزيادة الطلب على الطاقة الحديثة لتوفير مصدر الطاقة بتكاليف ميسورة لفقراء الريف والحضر خاصة؛ وانعكاس المكاسب التقنية الكبيرة المحرزة في العقد الماضي، وبصفة أساسية في العالم الصناعي؛ وإمكانيات تحويل الكتلة الأحيائية إلى أشكال مناسبة أخرى "حديثة" للطاقة، كالكهرباء والوقودات السائلة والغازية، وهذا يمكن أن يحدث قفزة في تصنيع الريف ويساعد في كبح الهجرة إلى الحضر؛ والتسليم بالاحتمالات التي تنطوي عليها طاقة الكتلة الأحيائية بالنسبة لتنويع إمدادات الطاقة وحفز قدر أكبر من المنافسة؛

(ب) زيادة القلق من العواقب البيئية لاستخدام الوقود الأحفوري وتزامنها مع المكاسب البيئية والأيكولوجية المحتملة محليا وعالميا التي تنشأ عن إنتاج الطاقة الأحيائية بشكل مستدام؛

(ج) إدراك أفضل للمكاسب الاقتصادية المحلية المحتملة للكتلة الأحيائية؛ وإدراك أن الصغر النسبي لنطاق تكنولوجيات طاقة الكتلة الأحيائية ومعياريتها مقارنة بمعظم مرافق الطاقة الحالية، يمكن أن يعجل نسق تطوير أشكال الطاقة الأحيائية واعتمادها لو أتيحت الظروف المناسبة لذلك؛ فضلا عما تهيئه من فرص العمل (في البرازيل مثلا يوظف قطاع الطاقة الأحيائية الحديثة حوالي مليون شخص)؛

(د) الجاذبية الاقتصادية: وجود مجموعة عوامل (مثل القلق إزاء مسائل البيئة، والاستدامة، والتقدم التكنولوجي، وزيادة الطلب على الطاقة وما إلى ذلك)، رغم انخفاض أسعار النفط؛

(هـ) الإمكانيات الجديدة لخفض الإعانات الحكومية المقدمة إلى المزارعين، عن طريق إنتاج الطاقة الأحيائية المجدية اقتصاديا على الأراضي الزائدة عن الحاجة، واهتمام متزايد باستخدام المحاصيل الجديدة في منتجات أخرى إلى جانب استخدامها كغذاء، وإيجاد استخدامات جديدة للمحاصيل الحالية، وهو اهتمام يعكس تزايد الضغوط الإنمائية والمتعلقة بالاستدامة.

٣ - ومع ذلك، ورغم هذا الاهتمام المتزايد، لا تزال الطاقة الأحيائية تواجه مصاعب بسبب:

(أ) قلة الدعم السياسي والمالي والمؤسسي؛

(ب) قلة تمويل أنشطة البحث والتطوير والبيان العملي خاصة في البلدان النامية؛

(ج) واستبعاد التكاليف الخارجية والفوائد غير النقدية من التقييمات الاقتصادية للطاقة وهو ما يضع طاقة الكتلة الأحيائية في وضع غير متكافئ مع المصادر التقليدية للطاقة؛

(د) انخفاض أسعار النفط؛

(هـ) الطابع المتنوع غير القابل للتنبؤ في بعض الأحيان لمصادر طاقة الكتلة الأحيائية واستخداماتها؛

(و) العقيدة السائدة بأن من الممكن أن يصبح توفر الأرض مشكلة إن دخل في منافسة مع إنتاج الغذاء.

كما تتمثل إحدى المشاكل الرئيسية الأخرى في أن الحصول على كثير من مصادر طاقة الكتلة الأحيائية، ولا سيما الوقود الخشبي، لا يزال مجانيا أو بتكلفة زهيدة خاصة في البلدان النامية؛ ومن ثم فإن الحافز قليل لتحسين كفاءة استخدام الطاقة أو البحث عن مصادر بديلة لها، ما لم تتوفر بتكلفة قائمة على أساس متكافئ. ومن هنا، لا يعد تحسين كفاءة وقود الكتلة الأحيائية دائما اهتماما رئيسيا، بل يمكن لعوامل أخرى غير ذات صلة بالطاقة، كالملائمة مثلا، أن تكون من الأولويات.

٤ - وتنجم إحدى المشاكل المتصلة بفهم دور طاقة الكتلة الأحيائية عن قلة البيانات الموثوق بها عن استخدامات هذه الطاقة على الصعد القطري والإقليمي والعالمي. وتشير إحصاءات منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) إلى أن ٦ في المائة فقط من الطاقة المستخدمة في العالم تستمد من الكتلة الأحيائية، بينما تفيد تقديرات أخرى أن ١٤ في المائة (ما يعادل ٥٥ اكساجولا). ويدفع مثل هذا التضارب بمخططي الطاقة إلى الإقلال من أهمية الطاقة الأحيائية. وهذا قد يكون ضارا بصفة خاصة، لا سيما على الصعيد القطري، حيث يحدث أحيانا أن توفي الكتلة الأحيائية بنسبة ٨٠ إلى ٩٠ في المائة من احتياجات البلد من الطاقة.

ثانيا - امكانات موارد الكتلة الأحيائية من الطاقة

ألف - منظور تاريخي

٥ - يمكن التمييز بين أربع فئات عريضة لاستخدامات الكتلة الأحيائية:

(أ) الاحتياجات الأساسية، مثل الغذاء والألياف...الخ؛

(ب) الطاقة المنزلية والصناعية؛

(ج) المواد - مواد البناء...الخ؛

(د) الاستخدامات البيئية والحضارية، مثل الحرائق.

وقد تفاوت استخدام الكتلة الأحيائية تفاوتا كبيرا على مدى التاريخ، وتأثر بشدة بعاملين أساسيين هما: عدد السكان وتوافر الموارد.

٦ - وبقي الخشب والفحم النباتي يزودان التطور الصناعي في أوروبا بالوقود لفترة طويلة استمرت حتى وقت متأخر من القرن التاسع عشر. وفي الولايات المتحدة لعبت الغابات دورا رئيسيا بوجه خاص في التطور الاجتماعي والاقتصادي للبلد. وعلى مدى الفترة الممتدة من القرن السابع عشر حتى أوائل القرن العشرين، كانت الأخشاب أقيم المواد الأولية للحياة والمعيشة الأمريكية. وحتى يومنا هذا، لا يزال موجودا بوفرة في العالم كثير من الصناعات التحويلية والخدمات الصناعية التي تقوم على استخدام الكتلة الأحيائية، وهي تتراوح بين صناعة قوالب الطوب والبلاط والصلب وأشغال المعادن والنسيج، وأنشطة المخابز وتجهيز الأغذية والمطاعم. وفي الهند، على سبيل المثال، يستمد ٥٠ في المائة من الانتاج الصناعي الريفي الطاقة من الكتلة الأحيائية، وفي جمهورية تنزانيا المتحدة، استهلكت هذه الصناعات في عام ١٩٩٢ مليوني طن من الوقود الخشبي. وسيستمر في الأجلين القصير والمتوسط اعتماد معظم الصناعات الريفية على الكتلة الأحيائية كمصدر رئيسي للطاقة. وإحدى المشاكل الرئيسية في هذا المجال هي أن الأساليب المتبعة تتسم عادة بدرجة عالية من عدم الكفاءة في استخدام الطاقة.

٧ - ومن العسير إجراء تحديد كمي لاستخدام طاقة الكتلة الأحيائية، خاصة في أشكالها التقليدية، مما يخلق مزيدا من الصعوبات. وثمة سببان جوهريان يكمنان وراء ذلك أحدهما هو النظر إلى الكتلة الأحيائية عموما باعتبارها وقودا أقل مرتبة، وعلى أنها "وقود الرجل الفقير"، ومن ثم يندر أن تجد طريقها إلى الإحصاءات الرسمية. وإن حدث ذلك يجري التهوين من شأنها. وترتبط الاستخدامات التقليدية لطاقة الكتلة الأحيائية (كالوقود الخشبي والفحم النباتي وروث البهائم ومخلفات المحاصيل) ارتباطا غير دقيق بمشاكل

إزالة الغابات والتصحر. غير أنه لا يوجد في وسط زامبيا، وهي منطقة انتاج الفحم النباتي الرئيسية في البلد، أي دليل على حدوث تدهور للتربة يمكن عزوه إلى إزالة الغابات المرتبط بجمع خشب الوقود سواء كان حطبا أو فحما؛ والسبب الثاني هو أنه نظرا إلى أن الكتلة الأحيائية مصدر مشتت للطاقة، بالاضافة إلى عدم كفاءة استخدامها، فإن الكمية النهائية للطاقة التي يجري التحصل عليها ضئيلة. فالفحم النباتي مثلا وقود غاية في الأهمية في كثير من البلدان النامية غير أن غلته من الطاقة منخفضة بشكل فادح - تصل مثلا إلى ١٢ في المائة في زامبيا، وإلى ما بين ٨ و ١٠ في المائة في رواندا على أساس وزنه جافا. غير أن ثمة إمكانات كبيرة لزيادة كفاءة انتاج الفحم النباتي: في البرازيل، بلغت نسبة كفاءة أفضل أتون حوالي ٣٥ في المائة.

٨ - والفرق بين الحوامل الحديثة لطاقة الكتلة الأحيائية وأشكالها التقليدية هو قدرتها على انتاج طاقة نظيفة وملائمة بقدر أكبر من الكفاءة، عن طريق استخدام التكنولوجيات الحديثة التي تكون عادة ناتجا عرضيا لنشاط رئيسي آخر، كتوليد الكهرباء من لباب قصب السكر ومن مخلفات الغابات/الأخشاب في صناعة عجائن الوق والورق. وفي الولايات المتحدة على سبيل المثال، تتألف معظم منشآت الكتلة الأحيائية من شبكات مستقلة للطاقة والتوليد المشترك (بمدى يتراوح بين ١٠ و ٢٥ ميغاواتا) ومعظمها قائم إلى جوار مصانع عجائن الورق والورق التي تتخلف عنها إمدادات وفيرة من النفايات. ومن المتوقع بحلول عام ٢٠٢٠ أن تتراوح نسبة طاقة توليد الكهرباء في الولايات المتحدة المتأتية من هذه الأنواع من المنشآت بين ٥ و ١٠ في المائة. وعلى النقيض من ذلك، تستخدم معظم الطاقة الأحيائية التقليدية في استخدامات صغيرة النطاق وتكون عادة جزءا من الاقتصاد المحلي غير الرسمي وغير المقيم نقديا.

٩ - وبدأت الآن ملامح الصورة الرديئة للكتلة الأحيائية تتغير لأسباب رئيسية ثلاثة هي:

(أ) الجهود الكبيرة المبذولة على مدى السنوات السابقة لتقديم صورة أكثر توازنا وواقعية عن الاستخدام الحالي والمحتمل للكتلة الأحيائية من خلال الدراسات والبيانات العملية والوحدات التجريبية الجديدة؛

(ب) زيادة الانتفاع بالكتلة الأحيائية كحامل حديث للطاقة، خاصة في البلدان الصناعية؛

(ج) زيادة التسليم بالمزايا البيئية المحلية والعالمية للكتلة الأحيائية، وبالتدابير اللازمة لمراقبة الانبعاثات الخالصة لثاني أكسيد الكربون والكبريت.

١٠ - وخلافا للرأي الشائع، ظل استخدام الكتلة الأحيائية في اطراد على نطاق العالم أو اتجه إلى التزايد ويعود ذلك إلى النمو السكاني، والتحضر وتحسن مستويات المعيشة. فكلما تحسنت الأحوال المعيشية تحول كثير من سكان المناطق الحضرية والريفية في البلدان النامية إلى استخدامات مختلفة للكتلة الأحيائية (الفحم النباتي ومواد البناء والصناعات المنزلية وما إليها). وهكذا لا تؤدي عملية التحضر بالضرورة إلى تحول كامل

إلى الوقودات ذات الأساس الإحفوري. وفي مقاطعتي ثازي وميكتيلا في ميانمار، أدى نمو السكان واقترانه بنمو وازدهار الصناعات المنزلية إلى زيادة كبيرة في استهلاك خشب الوقود في السنوات الأخيرة. وفي زامبيا ورواندا أسفر التحضر عن زيادة ضخمة في استخدام خشب الوقود في شكله الفحمي. أما في مدغشقر، فتبين أنه حتى مع ارتفاع مستوى المعيشة، واصل سكان الحضر اعتمادهم على خشب الوقود والفحم النباتي.

باء - الإمكانات الراهنة

١١ - ربما تكون الموارد البيولوجية أكبر موارد العالم للطاقة وأكثرها استدامة، وهي موارد متجددة تتألف من ٢٢٠ بليون من الأطنان بعد تجفيفها في الفرن (حوالي ٥٠٠ ٤ اكساجول) من الانتاج الأساسي السنوي للطاقة. ويزيد مقدار التخزين السنوي للطاقة في الكتلة الإحيائية عن طريق التمثيل الضوئي ما بين ٨ و ١٠ مرات عن الاستخدام الحالي للطاقة من جميع المصادر. فالمشكلة ليست في مدى توافر الكتلة الأحيائية بل في إدارتها بطريقة مستدامة وتوصيل الطاقة إلى محتاجيها. ولا توجد في الواقع العملي سوى أنواع قليلة من المواد الأولية للكتلة الأحيائية مما يمكن اعتباره بحق مصادر محتملة للطاقة. وذلك لأسباب اقتصادية وقيود بيئية مختلفة. وفضلات الغابات والعمليات الزراعية لا تقدر بثمن كموارد متوافرة فورا ورخيصة نسبيا للطاقة لتوفير المواد الأولية اللازمة لتطوير صناعات الطاقة الأحيائية. وبالنظر إلى أنها أيضا في كثير من الأحيان طريقة مقبولة بيئيا للتخلص من النفايات غير اللازمة والملوثة، لا بد أن يشمل استخدامها الاستدامة البيئية. وهكذا، يمكن إرجاع الرماد المتخلف عن الأفران، والنفايات السائلة المتخلفة عن صهاريج الهضم إلى الأرض كمخصبات. ويصل مكون الطاقة في المخلفات المحتملة للجمع حوالي ٩٣ اكساجولا/سنويا على نطاق العالم. وبافتراض أن كمية الطاقة التي يمكن عمليا استرجاعها لا تزيد عن ٢٥ في المائة، فإن هذه النسبة ستسهم بمقدار ٧ في المائة من الطاقة في العالم.

١٢ - ولئن أمكن أن توفر الفضلات بداية مهمة لصناعة الطاقة الأحيائية، فإن تطوير انتاج الطاقة الكبير النطاق من الكتلة الأحيائية ربما اعتمد في المستقبل على المحاصيل التي تزرع خصيصا لأغراض انتاج الطاقة مثل قصب السكر، والميسكانتس، والنجيل، والأشجار (خاصة الأحراج ذات الدورات القصيرة). ولا بد من تحسين انتاجية الكتلة الأحيائية نظرا لأنها منخفضة عموما - فهي تقل كثيرا عن خمسة أطنان (بالوزن الجاف) للهكتار سنويا بالنسبة للأنواع الخشبية عند غياب الادارة السليمة. أما الآن، ومع توافر الادارة السليمة واستمرار البحوث، وزراعة أنواع مختارة ونباتات للتكاثر في التربة المناسبة، يمكن تحصيل ١٠ أطنان إلى ١٥ طنا للهكتار سنويا في المناطق المعتدلة، و ١٥ طنا إلى ٢٥ طنا للهكتار سنويا في المناطق المدارية. وقد تحقق الرقم القياسي للغلة وهو ٤٠ طنا للهكتار سنويا في منطقة ايكاليبتوس في البرازيل، وكذلك في اثيوبيا. كما يمكن الحصول على غلة عالية من المحاصيل العشبية (غير ذات السوق الخشبية)؛ ومثال لذلك ارتفاع متوسط غلة الايثانول المنتج من قصب السكر في البرازيل من ٤٠٠ ٢ لتر للهكتار الواحد (١٩٧٧/١٩٧٦) إلى ٠٠٠ ٥ لتر للهكتار الواحد (١٩٩٤/١٩٩٣).

جيم - تصورات طاقة الكتلة الأحيائية في المستقبل

١٣ - نشر في السنوات القليلة الماضية عدد من التصورات يتعلق بالطاقة في العالم، يعطي معظمها لكفاءة استخدام الطاقة وللطاقة المتجددة أدوارا مهمة؛ بينما يدرس بعضها الكتلة الأحيائية بالتفصيل ويوسع نطاق أدوار الطاقة الأحيائية. ويقترح تصور الطاقة العالمية كثيفة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة دورا بارزا للكتلة الأحيائية في القرن المقبل. ويستنتج التصور أنه بحلول عام ٢٠٥٠ يمكن أن تشكل مصادر الطاقة المتجددة ثلاثة أخماس سوق الكهرباء في العالم وخمسي سوق الوقود المستخدم مباشرة. وفي سياق هذا التصور توفر الكتلة الأحيائية حوالي ٣٨ في المائة من الاستخدام المباشر للوقود و ١٧ في المائة من الكهرباء. وتظهر التحليلات الإقليمية التفصيلية إمكانية تحول أمريكا اللاتينية وأفريقيا إلى مصدرين كبيرين للوقود الإحيائي في المستقبل.

١٤ - أما تصور الطاقة المتساوقة بيئيا الذي وضعه المعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقية فيتنبأ بأن الإمدادات الأساسية للطاقة ستصل بحلول عام ٢٠٠٠ إلى ١٢,٧ ألف مليون من المعادل النفطي الطني (أي ٥٣٣ اكساجولا) وسوف تشكل طاقة الكتلة الأحيائية ١٢ في المائة منها (٦٢ اكساجولا) وتستخرج من النفايات والفضلات ومن مزارع ومحاصيل الطاقة والغابات، باستثناء ما يستخدم تقليديا وبشكل غير تجاري من طاقة الكتلة الأحيائية كخشب وقود في البلدان النامية. ويتنبأ تصور الطاقة الخالية من الإحفـــوريات الذي أعدتـــه "غرينبيس" أنه يـــمكن في عام ٢٠٣٠ أن توفر الكتلة الأحيائية ٢٤ في المائة (٩١ اكساجولا) من الإمدادات الأساسية للطاقة (إجمالها ٣٤٨ اكساجولا) بالمقارنة بالنسبة المتحققة الآن وتبلغ ٧ في المائة (٢٢ اكساجولا) من إجمالي قدره ٣٣٨ اكساجولا. وهذا الامدادات من الكتلة الأحيائية يمكن أن تستخرج من البلدان النامية والبلدان الصناعية على حد سواء.

١٥ - وقد درس مجلس الطاقة العالمي حالات الإمداد العالمي للطاقة حتى عام ٢٠٢٠، فقام بإعداد توزيعات للطلب على الطاقة تراوحت بين عدة حالات تبدأ من حالة "منخفضة" (من منظور ايكولوجي) قدرها بـ ٤٧٥ اكساجولا، إلى حالة "بالغة الارتفاع" بـ ٧٢٢ اكساجولا، فضلا عن حالة "مرجعية" تبلغ ٥٦٣ اكساجولا. وفي الحالة ذات المنظور الايكولوجي يمكن أن تسهم الكتلة الأحيائية التقليدية بنسبة ٩ في المائة من مجموع الإمدادات، بينما تسهم الكتلة الأحيائية المتطورة بنسبة اضافية قدرها ٥ في المائة من المجموع تساوي ٢٤ اكساجولا. أما الموارد المتجددة مجتمعة (الكتلة الأحيائية المتطورة والطاقة الشمسية والريحية وما إلى ذلك) فيمكن أن تسهم بنسبة ١٢ في المائة من المجموع. وفي حالة النمو البالغ الارتفاع يمكن لهذه المساهمات أن تشكل ٨ في المائة و ٥ في المائة على التوالي من مجموع إمدادات أكثر ارتفاعا. وقد درست الوكالة الدولية للطاقة الطلب العالمي الإجمالي على الطاقة الأساسية في الـ ١٥ سنة المقبلة وقدرت الحاجة إلى ٤٨٦ اكساجولا بحلول عام ٢٠١٠ بالمقارنة بـ ٣٣٠ اكساجولا في الوقت الحاضر. وتنبأت الوكالة بحدوث معظم الزيادة في الطلب في البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي. وفي سياق تحليل الطاقة الذي أجرته الوكالة، اعتبرت الكتلة الأحيائية جزءا من "الفحم والوقودات الصلبة الأخرى" وتنبأت بزيادة الطلب العالمي عليها بنسبة ٢,١ في المائة سنويا. وفي تصور

التنمية التقليدية، أخذ برأي محافظ بشأن الطاقة الأحيائية. فهذه الطاقة تشكل في عام ٢٠٥٠ ما بين ٤ و ٥ في المائة (٣٦-٤٥ اكساجولا) من الإمدادات العالمية من الطاقة الأساسية (أكثر من ٩٠٠ اكساجولا). وثمة تصور متفائل (غرينس) يرى أن الكتلة الأحيائية يمكن أن توفر ٧٥ في المائة من الطاقة العالمية في موعد قريب هو عام ٢٠١٥. وفي تصور الحكمة القديمة يمكن أن تسهم الكهرباء المستخرجة من محاصيل الطاقة التي تزرع في أراض مخصصة بالاضافة إلى ١٠ في المائة من الأراضي في البلدان النامية بـ ٤٦ اكساجولا (٣٣ في المائة) من الإجمالي المقدر لعام ٢٠٥٠ وهو ١٣٦ اكساجولا، أو بنسبة ١٢ في المائة من الطاقة الأحفورية الأساسية والطاقة النووية المقدرة.

١٦ - ووضعت شركة "شل" الدولية للبترول تصورين. وفي تصور النمو المستدام، يتاح امدادات وافرة من الطاقة بأسعار تنافسية مع تحسن مستمر في انتاجية الامدادات في سياق السوق المفتوحة، ويزداد النصيب الفردي العالمي المتوسط من الطاقة من حوالي ١٣ برميلا من المعادل النفطي (٧٥ غيغاجولا) في الوقت الحاضر إلى ٢٥ برميلا من المعادل النفطي (١٤٣ غيغاجولا) في عام ٢٠٦٠ وإلى ٤٠ برميلا من المعادل النفطي (٢٢٩ غيغاجولا) في عام ٢١٠٠. وبحلول عام ٢٠٢٠ تصبح المصادر الجديدة للطاقة المتجددة، لا سيما الكتلة الأحيائية، والفلطاضوئية، والطاقة الريحية قوى أساسية في السوق العالمية للطاقة تمثل حوالي ١٠ في المائة (٨٠ اكساجولا). وفي عام ٢٠٥٠ توفر المصادر المتجددة للطاقة ما بين ٤٠ و ٥٠ في المائة من الاحتياجات العالمية للطاقة. ويتصور هذا النموذج أيضا أنه بحلول عام ٢٠٦٠ يمكن الحصول على حوالي ٢٠٠ اكساجول من الطاقة الأساسية من ٤٠٠ مليون هكتار من مزارع الكتلة الحيوية، بمتوسط انتاجية قدره ٢٥ طنا للهكتار. وفي تصور شل القائم على التجرد من الماديات يقدر أن تستوفى الاحتياجات البشرية عن طريق تكنولوجيات ونظم تحتاج مدخلات أقل بكثير من الطاقة، كما يسمر النصيب الفردي العالمي المتوسط من الطاقة عند ١٣ برميلا عن المعادل النفطي سنويا (يبلغ مجموع إمدادات الطاقة ٢٠٠ ١ اكساجول بالمقارنة بالرقم الحالي وهو ٤٠٠ اكساجول) ثم يصل إلى ١٧ برميلا من المعادل النفطي (٥٧ اكساجولا) بحلول عام ٢١٠٠. وفي هذا النموذج تصبح تكنولوجيات المحافظة على الطاقة أكثر فعالية من الناحية الاقتصادية كما تفيد الكتلة الأحيائية من التطورات الرئيسية التي تلم بالتكنولوجيا.

١٧ - والواضح من دراسة هذه التصورات جميعا أن الكتلة الأحيائية يمكن أن تصبح مساهما رئيسيا في امدادات الطاقة في المستقبل، لا سيما في صورتها كوقود حديث، وتوفي في الوقت ذاته بدورها المهم كوقود تقليدي خاصة في البلدان النامية. ويتوقف كم الطاقة الأحيائية الذي سيسهم في توفير طاقة القرن المقبل على عوامل كثيرة تنطوي عليها مختلف التصورات المقترحة في كل دراسة من هذه الدراسات.

ثالثا - الآثار البيئية والاجتماعية

ألف - الآثار البيئية

١٨ - لقد أثر اعتماد الإنسان على الكتلة الأحيائية في البيئة بطرق شتى حسب نطاق الاستخدام والاستدامة البيئية، بالرغم من عدم معرفة مدى ذلك الأثر. ويرى بعض الكـُتاب أن المجتمعات قبل الصناعية تمكنت من التأثير في البيئة على نطاق كبير. وبغض النظر عن درجة تأثير النشاط قبل الصناعي في دورة الكربون العالمية، فإن بمقدور حتى المجموعات البشرية الصغيرة من السكان غير الصناعيين أن تغير الإطار الطبيعي بطرق قد يتطلب إصلاحها عقودا أو قرونا. وفي الوقت الحاضر يمكن أن تترتب على استخدام الكتلة الأحيائية آثار بيئية شتى ولكن ثمة مصدر قلق رئيسي وهو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من احتراق الكتلة الأحيائية المتعمد (في العادة) والعرضي، على حد سواء. وطاقة الكتلة الأحيائية محايدة فيما يتصل بثاني أكسيد الكربون حينما تـُنتج وتستخدم بصورة مستدامة. بيد أن الأمر ليس دائما على هذا النحو في الحياة العملية نظرا لأن طاقة الكتلة الأحيائية تستخدم في كثير من الأحيان بطريقة غير كفؤة إلى حد كبير وغير متجددة في مناطق ريفية كثيرة من البلدان النامية. وتوجد ثلاث طرق رئيسية تساهم الكتلة الأحيائية بها بصورة مباشرة في ثاني أكسيد الكربون:

(أ) الاستخدامات التقليدية لطاقة الكتلة الأحيائية التي تسبب مشكلتين رئيسيتين متصلتين هما: قلة الكفاءة التي تؤدي إلى احتراق الكتلة الأحيائية بصورة مفرطة بغية انتاج كمية قليلة من الطاقة المفيدة؛ وانخفاض التكلفة النقدية مما يشكل حافزا ضئيل لتحسين الكفاءة أو غرس أشجار جديدة أو إحلال مصادر أخرى للكتلة الأحيائية. والنتيجة هي إزالة المزيد من الكتلة الأحيائية بمقدار يفوق ما يعاد غرسه أو يسمح بإعادة زراعته؛

(ب) إزالة الغابات المدارية، لا سيما للاستخدام في غير أغراض الطاقة؛

(ج) إحراق المراعي المدارية وهو أيضا مصدر هام لانبعاثات غاز الدفيئة وتحرق كل عام مساحات كبيرة زهاء ٧٥٠ مليون هكتار في افريقيا وحدها.

١ - دور الكتلة الأحيائية في التخفيف من غازات الدفيئة (بدائل الغابات)

١٩ - تتوفر تدابير شتى لتخفيض سرعة انبعاثات غازات الدفيئة أو تثبيتها أو الحد منها. وتوجد ثلاث استراتيجيات لاستخدام الغابات للحد من مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي: حفظ الغابات الموجودة حاليا؛ وغرس أشجار لإنشاء أحواض لعزل ثاني أكسيد الكربون؛ والاستعاضة بصورة مباشرة عن الوقود الأحفوري بوقود الكتلة الأحيائية. ولا يوجد بالضرورة خيار رخيص أو سهل.

٢٠ - ويبدو أن حفظ الغابات الموجودة حاليا يمثل الخيار الأكثر رشدا على الأجل القصير. وهكذا تواصل الغابات عملها بوصفها خزانات للكربون. وتحد في الوقت نفسه من معدل إزالة الغابات مما يسفر عن انبعاث قدر أقل من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ولكن توجد مشكلتان على الأقل لهذا الخيار وهما: أن من شأن الضغوط الاجتماعية - الاقتصادية على الغابات الموجودة حاليا أن تجعل تنفيذ هذا الخيار أمرا صعبا، لا سيما في البلدان النامية؛ كما أن الغابات الناضجة تنمو ببطء ومن ثم يقل استيعاب ثاني أكسيد الكربون بالمقارنة مع الأشجار السريعة النمو.

٢١ - ولقد اقتُرح على نطاق واسع إعادة غرس الأشجار بأشجار سريعة النمو في أراضي غير زراعية كطريقة رئيسية لعزل ثاني أكسيد الكربون. وحينما تنمو الأشجار فإنها تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وهكذا يتباطأ تراكم ثاني أكسيد الكربون. وربما تكون هذه هي الاستراتيجية المقترحة حتى الآن على نطاق واسع أكثر من غيرها لأنها تعود أيضا بفوائد فرعية هامة مثل صون التربة والمياه، والمنتجات التجارية، والتنوع الإحيائي، وما إلى ذلك. بيد أنها توضع الآن موضع الشك بصورة متزايدة لأن درجة تعقيدها أصبحت أكثر وضوحا. وسوف يصعب التنفيذ، ما لم تتوفر حوافز جوهرية مضمونة على الأجل الطويل للسكان المحليين لكي يشاركوا بنشاط. ويمكن أن تؤدي مزارع الأشجار إلى تراكم كميات كبيرة من الكتلة الأحيائية، لا سيما في المناطق المدارية حيث تفيد التقارير بأن الانتاجية التجريبية من الكتلة الأحيائية الجافة وصلت إلى ٧٠ طنا في الهكتار في السنة. وتتراوح الأرقام التي يُستشهد بها في أغلب الأحيان للدلالة على غابة جيدة الإدارة بين ١٥ و ٢٥ طنا من الكتلة الأحيائية الجافة في الهكتار في السنة. وعلى نطاق عالمي، قد تكون نسبة ١٠ أطنان في الهكتار في السنة أكثر واقعية، بالرغم من أنه يحتمل أن تزيد الانتاجية عبر السنوات القادمة زيادة كبيرة فعلا بسبب استخدام التقنيات العصرية لإدارة النباتات وتوليدها.

٢٢ - ولقد أجري عدد من الدراسات لتقرير إمكانية إعادة التشجير لعزل ثاني أكسيد الكربون، ولكن لا بد من اعتبار تلك الدراسات إرشادات تقريبية، نظرا للصعوبات التي ينطوي عليها تقديم تقديرات يعتد بها وتكون ذات طابع طويل الأجل ونظرا لأن لأنواع شتى من المزارع سمعة سيئة بسبب فشلها لمرات عديدة. ولقد زادت زراعة الأشجار من زهاء ٨٠ مليون هكتار في منتصف الستينات إلى زهاء ١٣٠ مليون هكتار في التسعينات، وتلك أرقام ضئيلة عند مقارنتها بتقديرات إزالة الغابات سنويا التي تتراوح بين ١٤ و ٢٠ مليون هكتار (انخفض فيما يبدو معدل إزالة الغابات في السنوات القليلة الماضية بدرجة طفيفة) ومن المحتمل أن تقل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بدرجة كبيرة على الصعيد العالمي وذلك باتباع تدابير شتى وعلى سبيل المثال الممارسات الأمثل لإدارة النظم الايكولوجية واستخدام الطاقة الأحيائية. ولقد ذكرت لجنة التحقيق (بون) أنه إذا أخذت في الاعتبار القيود الايكولوجية والاقتصادية والتنظيمية والاجتماعية -الثقافية، عندئذ توضح التقديرات العامة إمكانية تثبيت الكربون عند زهاء نسبة ٢,٦ بليون ± ١,١ بليون طن كربون في السنة بزراعة الأشجار في الأراضي المتوفرة، ويمكن توفير نسبة زائدة قدرها ٠,١ - ١,١ بليون طن كربون باستخدام الطاقة الأحيائية (انظر الجدول ١).

الجدول ١ - الآثار الحالية والمحتملة في المستقبل للأنشطة الإنسانية على الغابات وكميات كربونها

	المناطق المقطوعة الأشجار سنويا كنسبة مئوية من المناطق الصالحة للغابات	التطور الحالي للأشجار	إمكانية تثبيت الكربون بسبب إعادة التشجير	إمكانية التخفيض الإضافي من الكربون باستخدام الخشب كمصدر طاقة
		مليون هكتار في السنة	غيغا طن كربون في السنة	غيغا طن كربون في السنة
غابات شمالية	ك.٠,٥	-٢٠,٧	٠,٠٢ ± ٠,٠٧	-
غابات أخشاب	ك.٢,٥	+٤١,٤	٠,٢ ± ٠,٥٤	٠,١ - ٠,٩
غابات مدارية	ك.٠,٥	-١٧,٠	٠,٩ ± ٢,٠	٠,٠ - ٠,٢
المجموع	ك.٠,٨	-١٦,٧	١,١ + ٢,٦	٠,١ - ١,١

المصدر: لجنة التحقيق التابعة للبرلمان الألماني، "حماية أرضنا الخضراء"، التقرير الثاني عشر. (بون، Economica Veilag، ١٩٩٥) الجدول ٦ - ١٣.

وسيكون هذا إيجابيا بصفة خاصة إذا ظلت تلك المناطق بلا غابات لفترات طويلة. وإذا أعيد غرس جميع الأراضي المتوفرة المحتملة (١٥٠ - ٢٠٠ ١ مليون هكتار) فسوف تبلغ إمكانية تثبيت الكربون بين بليون و ٧,٥ بليون طن كربون في السنة.

٢٣ - ولقد أعد نموذج بسيط لعزل الكربون في أثناء نمو الغابات ومصير هذا الكربون عندما تحصد الغابات وتستخدم كوقود ليستعاض به عن الوقود الاحفوري. وهو يعتبر أن الأشجار فعالة بنفس القدر فيما يتصل بمنع تراكم ثاني أكسيد الكربون سواء أزالت وحدة كربون من الغلاف الجوي أو قدمت مصدرا مستداما للطاقة ليحل محل وحدة كربون أزيلت باحتراق الوقود. والاستنتاجات الرئيسية هي: بالنسبة للغابات التي توجد فيها كتلة إحيائية كبيرة دائمة التي تكون انتجايتها منخفضة، فالاستراتيجية الأكثر كفاءة هي حماية الغابة الموجودة حاليا؛ وبالنسبة للأراضي التي توجد فيها كتلة إحيائية قليلة دائمة والتي تكون انتاجيتها منخفضة، من الأفضل إعادة تشجيرها أو إدارة الأرض بطريقة أخرى من شأنها أن تسمح بنمو الغابة وتخزين الكربون؛ وحيثما يمكن توقع انتاجية عالية، ربما يكون من الأفضل إدارة الغابة لزراعة محصول قابل للحصاد واستخدام المحصود بأكبر قدر ممكن من الكفاءة إما في إنتاج منتجات معمرة أو للاستعاضة به عن الوقود الاحفوري.

٢ - عزل الكربون في مقابل الاستعاضة عن الوقود الأحفوري

٢٤ - الاستعاضة بصورة مباشرة عن الوقود الأحفوري بالكتلة الأحيائية هي استراتيجية أكثر فعالية، فيما يبدو، من أجل إلغاء انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود الأحفوري، حيث يمكن جني المزيد من الفوائد. فإذا زرعت الكتلة الاحيائية من أجل أغراض الطاقة وتساوت الكمية المزروعة مع الكمية المحروقة لمدة معينة، لن يكون هناك تراكم صافي لثاني أكسيد الكربون لأن الكمية المطلقة من جراء الاحتراق سوف تقابلها الكمية التي تستوعبها الكتلة الاحيائية خلال عملية التمثيل الضوئي. وعلى سبيل المثال، إذا تساوت درجات الكفاءة في التحويل، سوف يقلل كل غيغاجول من الكتلة الاحيائية التي استعيض بها عن الوقود الأحفوري من الانبعاثات بمقدار محتوى الكربون في غيغا جول واحد من الوقود الاحفوري المستعاض عنه - ٠,٠١٤ طن كربون، ٠,٠١٩ - ٠,٠٢٠ طن كربون، و ٠,٠٢٣ - ٠,٠٢٥ طن كربون، للغاز الطبيعي، والبترول والفحم على التوالي. إن الاستعاضة عن الطاقة من مصادر غير متجددة بالطاقة المستمدة من مصادر الكتلة الاحيائية اكتسبت حاليا الاعتراف، وهكذا تتوفر حوافز ضريبية في الولايات المتحدة والسويد والدانمرك، وما إلى ذلك، لمرافق التدفئة ومرافق توليد الكهرباء التي تعمل بوقود مستمد من الكتلة الاحيائية. وفي الهند وخلال الفترة من عام ١٩٨٠ إلى عام ١٩٩٢ تم تشجير زهاء ١٧ مليون هكتار لسبب رئيسي هو تلبية احتياجات المجتمعات المحلية من خشب الوقود، وقدر الانتاج السنوي من الكتلة الاحيائية الخشبية بـ ٥٨ مليون طن في عام ١٩٩٣. وبالنظر إلى أن الطلب السنوي على خشب الوقود في الهند يصل إلى زهاء ٢٢٧ مليون طن، وأغلبه من محاصيل غير مستدامة، تعين أن تساهم المزارع بدرجة كبيرة جدا. وفي الصين أعيد أيضا تشجير زهاء ٦ ملايين من الهكتارات لتلبية الاحتياجات من خشب الوقود؛ إلا أن انتاج الكتلة الاحيائية من تلك العملية ما زال ضئيلا بمقارنته مع استخدام الفحم سنويا.

٣ - تقدير تكاليف الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

٢٥ - تتنوع تقديرات تكلفة الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بدرجة كبيرة - في أغلب الأحيان بمعامل اثنين أو ثلاثة - بسب المتغيرات الكثيرة التي ينطوي عليها ذلك التنوع، والتي تتراوح ما بين قضايا الانتاجية والقضايا الاجتماعية - الاقتصادية والسياسية. وتتصل بصورة مباشرة تكلفة إلغاء انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بعزل الكربون في الأشجار بتكاليف زراعة الكتلة الأحيائية. وتتنوع تكاليف زراعة الغابات بدرجة كبيرة لأنها تميل الى الارتباط الى حد كبير بالموقع وتتأثر بعدد كبير من العوامل، البيولوجية والطوبوغرافية والنقل وما الى ذلك. ولا تزال تقديرات تكلفة إعادة التشجير مثارا للجدل وغير موثقة على نحو جيد، ويستشهد في أغلب الأحيان برقم ٤٠٠ دولار للهكتار في الكتابات المتعلقة بالموضوع. ولكن هذا الرقم ربما يتضاعف ٤ أو ٥ مرات إذا أضيفت تكاليف الصيانة والحماية وما الى ذلك خلال فترة عمر الغابة، وفي عام ١٩٩٣ تراوحت تكاليف التشجير في فرنسا والمملكة المتحدة بين ٠٠٠ ٢ دولار و ٥٠٠ ٢ دولار، وبلغت في المانيا زهاء ٥٠٠ ١٢ دولار.

٤ - المشاغل البيئية والإيكولوجية المتصلة بمزارع الأشجار

٢٦ - ثمة مشاغل تتعلق بالآثار البيئية على الأجلين القصير والطويل المترتبة على استخدام مزارع الطاقة على نطاق كبير. بيد أن الدراسات التي أعدت مؤخرا توضح بأن أي آثار بيئية سلبية محتملة تعتمد الى

حد كبير على ممارسات الإدارة. ولكي يتسنى للطاقة الأحيائية أن تساهم بدرجة كبيرة كهذه، لا بد أن يتسم انتاجها وتحويلها واستخدامها بالاستدامة والقبول وكذلك بقبول الجماهير. وإذا أريد للمزارع أن تحل محل الغابات الطبيعية، فسوف تترتب آثار بيئية هدامة وآثار سلبية على أرصدة الكربون ولذلك ينبغي تجنب هذا الأمر. ومن جهة أخرى، يمكن أن تترتب على مشاريع الغابات المنشأة في أراض متدهورة أو أراض زراعية مهجورة نتائج بيئية إيجابية عديدة. وتسفر عملية إعادة التشجير/التشجير في تلك الأراضي عن تحسين هيكل التربة، والمادة العضوية والمغذيات في التربة، وتحد من التحات وتزيد المياه المخزونة في التربة، وتزيد تساقط الأمطار محليا وتعدل درجات الحرارة المحلية وتزيد التنوع الإحيائي وتحفظ موائل الأحياء البرية، وتقلل الضغوط على الغابات الطبيعية، وتنشئ مصدات الرياح، وبطبيعة الحال، تخزن الكربون. ولقد تبين من الخبرة التي اكتسبها مؤخرا برنامج حفظ الاحتياطي الذي تضطلع به الولايات المتحدة انخفاض معدل التآكل بنسبة ٩٢ في المائة في ١٤ مليون هكتار من الأراضي الزراعية القابلة للتحات بدرجة كبيرة في الولايات المتحدة المستثناة من الانتاج السنوي والمزروعة بحشائش وأشجار معمرة. ومن شأن العناية باختيار الأنواع وإدارة المزارع بطريقة جيدة أن يساعد في مكافحة الآفات والأمراض ويلغي الحاجة الى استخدام المبيدات الكيميائية للآفات في ظل جميع الظروف باستثناء الظروف الخاصة. ويشمل تصميم المزارع بصورة جيدة تخصيص مساحات للنباتات والحيوانات الأصلية لإيواء الكائنات الطبيعية المفترسة أو الضارة من أجل مكافحة الآفات، وربما قطع تتصف بنباتات تكاثر و/أو أنواع مختلفة. فإذا تفشىانتشار الآفات في إحدى القطع التي توجد فيها نباتات التكاثر، تتمثل إحدى الممارسات العامة المتبعة في الوقت الحاضر في المزارع المدارة إدارة جيدة في ترك الهجوم ليأخذ مجراه وترك الكائنات المفترسة أو الضارة من المسحة المتروكة جانبا لكي تساعد في وقف هجوم الآفات. وفي المزارع المدارة إدارة جيدة في البرازيل تترك حاليا نسبة تتراوح من ٢٠ الى ٣٠ في المائة من المساحة (بمقتضى القانون) في حالة طبيعية/ دون استخدام. ومن شأن إنشاء معازل طبيعية والمحافظة عليها أن يعزز أيضا التنوع البيولوجي؛ بيد أن حفظ التنوع البيولوجي على أساس إقليمي يتطلب تخطيط استخدام الأراضي الذي ترتبط فيه القطع المزروعة بالغابات الطبيعية بشبكة من الممرات غير المستعملة (بمناطق مانعة مشاطئة، وأحزمة حماية، وأسياج فيما بين الحقول)، وهكذا تتمكن الأنواع من الهجرة من موئل الى آخر.

٢٧ - ولا بد من إيلاء الاهتمام لخصوبة التربة على الأجل الطويل الأمر الذي ينطوي أيضا على إدارة التربة. وبالنسبة لتدوير الغابات على الأجل القصير، من المستصوب في العادة ترك أوراق وأغصان الشجر في الحقل لأن المواد المغذية تميل الى التركز في تلك الأجزاء من النبات، كما ينبغي إعادة المغذيات المعدنية المسترجعة كالرماد من مرافق تحويل الطاقة الى الموقع. ويمكن اختيار الأنواع من أجل كفاءة استخدام المغذيات؛ وإضافة الى ذلك يمكن تأمين اكتفاء المزرعة ذاتيا بالنتروجين. إما باختيار الأنواع التي تثبت النتروجين أو بتهجين المحصول الرئيسي بأنواع تثبت النتروجين. ويوحي بالأمل المعقود على استراتيجيات التهجين تجارب دامت ١٠ سنوات في هاواي، حيث بلغت المحاصيل ٢٥ طنا في الهكتار في السنة دون إضافة مخصبات النتروجين السنوية حينما غرست الأوكاليبتنوس غرسا مقحما مع أشجار الحرير التي تثبت النتروجين. وينبغي استخدام المواد الكيميائية الزراعية التي تتحلل بيلوجيا كلما كان ذلك بالمستطاع، كما ينبغي تخطيط استخدامها بعناية لتلائم احتياجات النباتات. وفضلا عن ذلك، فإن من شأن

إدارة المياه بعناية أن يحد من مخاطر تلوث المياه بسبب التسرب واستخدام هطول المطر على النحو الأمثل في المناطق الجافة. ولا بد أيضا من تضمين ممارسات مكافحة الحرائق بطريقة جيدة.

باء - الآثار الاجتماعية

٢٨ - هناك ثلاثة آثار اجتماعية رئيسية لانتاج الطاقة الأحيائية وهي توفر الأراضي، ومسألة الغذاء أم الوقود، وتوليد العمالة.

١ - استخدام الأراضي وتوفرها

٢٩ - أجريت دراسات عديدة عن توفر الأراضي وهي تظهر نتائج متفاوتة جدا، حسب مصادر المعلومات والفرضيات المستعملة. فهناك مناطق شاسعة من الأراضي المتدنية الجودة والمهجورة في المنطقة الاستوائية يمكن أن تستفيد كثيرا من إنشاء مزارع الكتل الأحيائية المستدامة بيئيا. وينظر الى توفر الأراضي على أنه قيد بالنسبة لإنتاج الكتل الأحيائية على نطاق واسع؛ بيد أنه توجد مساحات كبيرة يمكن توفرها حتى في إطار نظم الإنتاج الحالية. ففي الولايات المتحدة، تدفع الأموال للمزارعين كيلا يزرعوا حوالي ١٠ بالمائة من أراضيهم، وفي الاتحاد الأوروبي "يترك جانبا" حوالي ١٥ بالمائة من الأرض الصالحة للزراعة. فإلى جانب ما يزيد عن ٣٠ مليون هكتار من الأرض الزراعية المتروكة جانبا في الولايات المتحدة الأمريكية بقصد تخفيض الإنتاج أو الحفاظ على الأرض، هناك ٤٣ مليون هكتار أخرى من الأرض الزراعية بمعدلات تآكل عالية و ٤٣ مليون هكتار أخرى فيها مشاكل "الرطوبة"، الأمر الذي يمكن التخفيف منه بالتحويل الى محصولات الطاقة الدائمة المتنوعة. وفي الاتحاد الأوروبي، من المتوقع سحب ما لا يقل عن ١٥ - ٢٠ مليون هكتار من الأراضي الزراعية الجيدة من الانتاج حتى عام ٢٠١٠/٢٠٠٠. فإذا استخدمت كل هذه الأراضي لزرع الأشجار، فإنها ستشكل حوضا سنويا لما مقداره ٩٠ - ١٢٠ مليون طن من الكربون في المستقبل القريب. وكبديل عن ذلك، يمكن لهذه الأراضي أن تقدم ٣,٦ - ٤,٨ إكساجولات/سنة من طاقة الكتل الأحيائية، فتزيح ٩٠ - ١٢٠ مليون طن من انبعاثات الكربون من الفحم الحجري، أو ٧٢ - ٩٦ مليون طن من النفط، أو ٥٠ - ٦٧ مليون طن من الغاز الطبيعي. ويقدر إنه إذا ما استعمل في أوروبا الغربية ١٠ بالمائة من الأراضي الصالحة للزراعة (٣٣ مليون هكتار) و ٢٥ بالمائة من الفضلات القابلة للاسترجاع. يمكن أن تقدم الكتل الأحيائية ٩,٠ - ١٣,٥ إكساجولا من الطاقة، وهذا يمثل حوالي ١٧ - ٣٠ بالمائة من احتياجات الطاقة المسقطة لعام ٢٠٥٠.

٣٠ - وتوجد في البلدان الاستوائية مناطق كبيرة من الأراضي المتدنية الجودة والعارية من الأشجار التي يمكن أن تستفيد من إنشاء مزارع الطاقة الأحيائية. ويوحي تحليل أجري في ١١٧ بلدا استوائيا أن هناك ١١ بلدا مناسبا للتوسع في منطقة الغابات حتى ٥٥٣ مليون هكتار. وخلصت دراسة أخرى الى أنه يمكن عمليا في ٥٠ بلدا استوائيا تحويل ٦٧ مليون هكتار الى مزارع خلال السنوات الستين التالية، كما يمكن استصلاح أكثر من ٢٠٠ مليون هكتار، كما يوجد ٦٣ مليون هكتار أخرى من أجل الحراجة الزراعية. وقدرت الأراضي التي توجد حاجة إليها نظريا لتلبية "كل" استهلاك الطاقة الحالي بالكتل الأحيائية (وهو تصور بعيد

الاحتمال). ومع افتراض انتاجية تعادل ١٢ طنا (جافا محمصا)/هكتار/سنة، وكذلك استخدام الفضلات القابلة للاسترجاع (٢٥ بالمائة من الفضلات التي يمكن الحصول عليها) تبين أن هناك حاجة الى ٩٥٠ مليون هكتار لزراعة محاصيل طاقة الكتلة الأحيائية لتحل محل جميع أنواع الوقود الأحفوري في المناطق الصناعية، في حين ستحتاج البلدان النامية الى ٣٠٥ ملايين هكتار. ولذلك، هناك من الأراضي على النطاق العالمي ما يكفي للسماح للكتل الأحيائية بإحداث أثر كبير في مستويات فحم الغلاف الجوي وإنتاج الطاقة، دون التأثير في إنتاج الأغذية.

٢ - الآثار على إنتاج الأغذية: مسألة الغذاء أم الوقود

٣١ - "الغذاء أم الوقود"، مسألة قديمة معقدة مثيرة للجدل يتجاوز تحليلها بالتفصيل نطاق هذه الورقة. فالأراضي متوفرة على النطاق العالمي، كما يمكن إدارة محاصيل طاقة الكتلة الأحيائية من أجل استخدام حد أدنى من الماء والمدخلات من المغذيات أكثر مما يمكن إدارة المحاصيل الغذائية. وهناك من الناس من يعلن أن التشاؤم الناتج عن تدهور إنتاج الأغذية إنما يستند الى العديد من التصورات الخاطئة وأنه يتعين النظر بعناية في الحاجات التالية: (أ) أحرز بوجه عام تقدم كبير، في توفير الأغذية منذ عقد الخمسينات، من ٣٠٠ كيلوغرام من الغذاء للفرد الواحد في عقد الخمسينات الى ٣٥٠ كيلوغراما للفرد الواحد في عقد الثمانينات؛ (ب) نتج الانخفاض في إنتاج الحبوب في العالم عن تخفيض إنتاج الحبوب في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي وليس عن النمو السكاني؛ (ج) إنتاج الأغذية في العالم متقدم على النمو السكاني، بوجه عام، والأغذية الآن أكثر تنوعا، وقد حولت الأراضي المسحوبة من إنتاج الحبوب الى إنتاج أغذية أعلى قيمة؛ (د) الإنتاج الفردي المتوسط من الحبوب هو قياس رديء لتوفر الغذاء في العالم. وحتى لو ازداد الإنتاج الفردي، فإن الاستهلاك الفردي للأغذية سيهبط لأن النمو السكاني يحدث غالبا في البلدان الأكثر فقرا؛ (هـ) تمكن البلدان الأكثر كثافة بالسكان في العالم، وهما الصين والهند، من إبقاء إنتاج الأغذية متقدما على النمو السكاني. وتعد الهند مثالا جيدا على الاتجاهات المتغيرة في إنتاج الأغذية، والطاقة، والسكان، والبيئة، فقد كان لديها في عام ١٩٩٥ ما يزيد على ٣٠ مليون طن من فائض الحبوب رغم أنها أوقفت إزالة الغابات وزادت من الغطاء الشجري وحافظت على المساحة المزروعة ذاتها.

٣٢ - وقد استخدمت قاعدة بيانات منطقة الزراعة الإيكولوجية التابعة لمنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة لتقدير الأراضي التي يحتمل توفرها بعد توفير الغذاء في عام ٢٠٢٥. ومن الناحية النظرية، إذا أنتجت الكتل الأحيائية بمعدل ١٠ طن/هكتار في "الأرض المتبقية"، يمكن للكتلة الأحيائية أن تقدم طاقة كافية للبلدان النامية. ففي أفريقيا، على سبيل المثال، يبدو أن العوامل الاجتماعية والثقافية، مثل الدور الرئيسي الذي يقمن به نساء كثيرات في إنتاج الأغذية، ستكون حاسمة في محاولة قلب الحركة الحلزونية النازلة الناجمة عن ترابط عوامل الاكتظاظ السكاني، والإنتاجية الزراعية الضعيفة، وتدهور البيئة. وتصل دراسة واسعة للأراضي والأغذية في العالم في القرن القادم الى "نتيجة مشجعة"، مع تحذيرات مشروطة تتوقف على الترتيبات المؤسسية، والزراعة المستديمة، والضغط على الأراضي؛ ويبرز فيها الشرق الأوسط وأفريقيا كأشد المناطق قابلية للتأثر.

٣٣ - وتجدر الملاحظة أن كلا الغذاء والوقود حاجتان هامتان لا تحتاجان إلى التنافس، ولا سيما عندما يضمن التخطيط حفظ البيئة الإيكولوجية وديمومة أساليب الانتاج. ويمكن لسياسات وبرامج الحراجة، مثل نظم الزراعة الحرجية والزراعة المتكاملة أن تُحسن في الواقع من الأمن الغذائي بتوفيرها الأغذية، (من الأشجار مباشرة ومن الحيوانات في البيئة المتوفرة لها) والعلف، والطاقة، والإيرادات من أجل شراء الأغذية. وفي البرازيل، على سبيل المثال، حيث تمثل مساحة الأرض المستخدمة لإنتاج الايثانول من قصب السكر أقل من ٠,٢ في المائة من مساحة الأراضي الإجمالية، أدى تعاقب الزروع في مناطق قصب السكر إلى زيادة في بعض المحاصيل الغذائية، في حين تستخدم بعض المنتجات الفرعية لهذه الصناعة علفا للحيوانات.

٣ - توليد العمالة

٣٤ - أعلن أن فرص العمل ستكون إحدى الفوائد الرئيسية من استخدام الكتل الأحيائية، بسبب الآثار المضاعفة الكثيرة التي تساعد في توليد قدر أكبر من النشاط الاقتصادي وفي تعزيز الاقتصادات المحلية، ولا سيما في المناطق الريفية. ففي الولايات المتحدة، تقدر الرابطة الوطنية للطاقة الخشبية أن طاقة الكتلة الأحيائية في البلد والبالغة ٥٠٠ ٦ ميغاواط تعيل ٠٠٠ ٦٦ وظيفة بشكل مباشر وأن هذا الرقم قد يصل الى ٠٠٠ ٢٨٤ وظيفة بحلول عام ٢٠١٠. وقد اكتشف مؤخرا مكتب الطاقة في ويسكنسون، أن نفقات استخدام الطاقة المتجددة يولد من الوظائف والعائدات والمبيعات في ويسكنسون ما يزيد ثلاث مرات تقريبا عما تولده النفقات ذاتها لدى استخدام واستثمار الوقود الأحفوري المستورد. وبالنظر الى الزيادة الطارئة على استخدام الولاية للطاقة المتجددة والبالغة ٧٥ بالمائة، وجد المكتب المذكور أن ويسكنسون ستكسب أكثر من ٠٠٠ ٦٢ وظيفة جديدة و ١,٢ بليون دولار من الأجور الجديدة و ٤,٦ بلايين دولار من المبيعات الجديدة. وقد بينت دراسة أخرى أنجزت مؤخرا في فيرمون أن صناعة الطاقة الخشبية قد ولدت حوالي ٠٠٠ ٥٣ وظيفة في المنطقة الشمالية الشرقية و ٢,٩ بليون دولار من الدخل. فاستعمال الطاقة الخشبية يقضي على الحاجة سنويا الى حوالي بليون غالون من النفط، ٦٥ بالمائة منها تستورد من خارج المنطقة الشمالية الشرقية. كما تدفع أنشطة الطاقة الخشبية في المنطقة ما يقدر بمبلغ ٤٦ مليون دولار من ضرائب الولاية والضرائب المحلية، و ٣٥٥ مليون دولار من الضرائب الاتحادية، سنويا.

٣٥ - وفي الاتحاد الأوروبي ككل، وحسب إعلان مدريد (١٩٩٤)، فإن الاستعاضة عن ١٥ بالمائة من الطلب على الطاقة الرئيسية التقليدية بمصادر الطاقة المتجددة حتى عام ٢٠١٠، يمكن أن يوجد ما بين ٠٠٠ ٣٠٠ و ٠٠٠ ٤٠٠ وظيفة جديدة، مما يزيد عائدات صناعة الطاقة المتجددة حتى ٦ بلايين وحدة من النقد الأوروبي، ويتفادى إطلاق ٣٥٠ ميغاطنا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون". ويُقدر أنه يمكن إيجاد حوالي ٧ ملايين وظيفة جديدة بشكل مباشر وغير مباشر خلال السنوات الأربعين القادمة، إذا ما استحدث الاتحاد الأوروبي قطاع الطاقة الأحيائية على نطاق واسع. وفي المملكة المتحدة، بيَّنت دراسة أولية أيضا احتمالات إيجاد الوظائف، ولا سيما في المواقع التي تعاني من بطالة عالية. وحتى عام ٢٠٠٥، يمكن توليد حوالي ٧٠٠ ٤٨ وظيفة في مجال الطاقة المتجددة، منها ٦٠٠ ١١ وظيفة ستكون وظائف صافية متولدة في الاقتصاد. والمثال الآخر المعروف جيدا هو البرازيل، حيث تعيل الصناعة القائمة على الإيثانول حوالي

٠٠٠ ٧٠٠ وظيفة كما يعيل القطاع القائم على الفحم النباتي حوالي ٠٠٠ ٢٠٠ وظيفة بشكل مباشر. فصنع الفحم النباتي يقدم عمالة كبيرة في المناطق الريفية وهو نشاط رئيسي، ولا سيما في أفريقيا. وتزيد قيمة سوق الفحم النباتي في ٢٦ بلدا من البلدان الواقعة دون الصحراء الكبرى عن ١,٨ بليون دولار سنويا. وفي كينيا والكاميرون، يعمل في صنع الفحم النباتي ٠٠٠ ٣٠ نسمة، وفي ساحل العاج ٠٠٠ ٩٠ نسمة تقريبا.

رابعا - الاتجاهات التكنولوجية والطاقة الأحيائية الحديثة

ألف - الاتجاهات التكنولوجية

٣٦ - لبعض التكنولوجيات الناشئة والمحسنة في مجال الكتلة الأحيائية استخدامات مباشرة محتملة مثل نظم التوربينات الغازية المزودة بوسائل لتغويز الكتلة الأحيائية لأغراض توليد الطاقة الكهربائية؛ والتقنيات المحسنة لحصد الكتلة الأحيائية ونقلها وخزنها؛ وتغويز مخلفات المحاصيل مثل قشور الأرز؛ وتشكيل القوالب الصغيرة؛ ومعالجة المواد السليولوزية بالتفجير البخاري الذي يمكن أن تليه حلمأة بيولوجية أو كيميائية لإنتاج الإيثانول أو أنواع أخرى من الوقود؛ وتكنولوجيات التوليد المشترك للطاقة؛ وتكنولوجيا المواد الأولية الأحيائية؛ وتكنولوجيا الحرق المشترك؛ وتكنولوجيا الخلايا الوقودية؛ واستخراج الميثانول والهيدروجين من الكتلة الأحيائية؛ وعمليات تحسين محركات سترلنغ الصغيرة القادرة على استخدام أنواع الوقود المستمدة من الكتلة الأحيائية بكفاءة، وما إلى ذلك. ويرد أدناه موجز للاتجاهات الرئيسية التي ظهرت في السنوات الأخيرة.

١ - الحرق/التغويز المباشر للكتلة الأحيائية لإنتاج الحرارة والبخار والكهرباء

٣٧ - استهدف قسط كبير من الجهود المبذولة في مجال البحث والتطوير والبيان العملي عملية التغويز حيث تعتبر من المجالات التي تنطوي على أفضل إمكانيات النجاح. وقد أحرز تقدم من عدة أوجه في تصميم وتحسين الأفران والمراجل لحرق أنواع مختلفة من الكتل الاحيائية، من ذلك مثلا، الأفران من نوع الوقاد الباسط الذي يوقد بالحطب ولحاء الشجر، والأفران المعلقة، ونظم الحرق على قاعدة مميعة. إلا أنه لم يوجه، للأسف، انتباه كاف للجوانب التي تهتم باحتياجات الصناعات الريفية في البلدان النامية، مثل الأفران والقمائن المنخفضة التكلفة والعالية الكفاءة والسهلة التشغيل، من أجل توفير الفرص لمباشرة الأعمال الحرة. أما في قطاع الطاقة المنزلية، فقد تحقق إنجاز ملحوظ هو تركيب ملايين من أفران الطهي المحسنة (من ذلك مثلا حوالي ١٢٩ مليونا في الصين، في الفترة ١٩٨٢-١٩٩٢، و ٠,٧٨ مليون في كينيا، و ٠,٢ مليون في بوركينا فاصو والنيجر)، التي تحقق وفورات في الطاقة يبلغ متوسطها ٢٠ في المائة، وتتجاوز في بعض الحالات ٦٠ في المائة.

٣٨ - وتتراوح كفاءة المحطات الموجودة حاليا لتوليد الطاقة الكهربائية بحرق الكتلة الأحيائية بين ١٥ و ٢٠ في المائة، وتتراوح تكاليف الكهرباء المولدة منها بين ٠,٠٥ و ٠,٠٨ دولار لكل كيلوواط ساعة. ومقابل ذلك، تتراوح كفاءة الأشكال المتقدمة لدورات توليد الطاقة الكهربائية بين ٣٥ و ٤٠ في المائة وتتراوح تكاليف الكهرباء المولدة منها بين ٠,٠٤٥ و ٠,٠٥٥ دولار لكل كيلوواط ساعة. ومن أهم المفاهيم التقنية التي يجري تطويرها في مجال توليد الطاقة من الكتلة الأحيائية، الحرق المباشر للكتلة الأحيائية، والحرق

المشترك للكتلة الأحيائية والفحم، والتغويز، والتحليل الحراري للكتلة الأحيائية لإنتاج المواد الأولية الاحيائية إما على شكل سائل أو غاز.

٣٩ - وتتسم التوربينات الغازية العادية المفتوحة الدورة بأنها تصرف غاز العادم الساخن إلى الجو مباشرة، وهو ما يمثل هدرا كبيرا جدا (الكفاءة الإجمالية ٣٣ في المائة تقريبا) في حين أنه يمكن استخدام الحرارة لإنتاج البخار في مولد للبخار عن طريق استخلاص الحرارة، ويمكن استخدام البخار بعد ذلك لأغراض التسخين في نظام توليد مشترك للطاقة، أو بإعادة حقنه في التوربين الغازي مما يُحسن ناتج الطاقة وكفاءة التوليد - وهذا ما يُعرف باسم دورة التوربين الغازي المحقون بالبخار (تبلغ كفاءتها ٤٠ في المائة)، أو لإنتاج المزيد من الكهرباء بواسطة توربين بخاري - وهو ما يُعرف باسم الدورة الجامعة لتوربين غازي وتوربين بخاري (يُشار إليها فيما يلي باسم "الدورة الجامعة") (يمكن أن تبلغ كفاءتها ٤٨ في المائة). وبالتالي، فإن كفاءة التوربينات الغازية المتقدمة أكبر من كفاءة التوربينات البخارية التقليدية، كما أنها تتيح إمكانيات كبيرة لمواصلة التحسينات التكنولوجية وتتميز بتكلفة رأسمالية أقل.

٤٠ - وكثير من الأعمال المضطلع بها في مجال التوربينات الغازية المزودة بمغوز للفحم يتصل بصورة مباشرة بموضوع التوربينات الغازية المزودة بمغوز متكامل الكتلة الأحيائية (يُشار إليها فيما يلي باسم "توربينات الكتلة الأحيائية") و "بالدورة الجامعة". ويختلف أسلوب التغويز الذي تستخدمه "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة" من حيث أنه يتم إما تحت ضغط عال أو ضغط منخفض. وتعتبر "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة"، التي يستخدم فيها الضغط العالي أكثر كفاءة ولكن يرجح أن تكون أكثر كثافة في رأس المال إذا كانت سعتها دون نطاق معين. ويعتبر تغويز الكتلة الأحيائية أسهل من تغويز الفحم لأنها أكثر قابلية للتفاعل ومحتواها من الكبريت منخفض جدا. كما أن تكنولوجيات "توربينات الكتلة الأحيائية" المستخدمة في التوليد المشترك أو التوليد المستقل للطاقة الكهربائية تنطوي على إمكانية إنتاج الكهرباء بتكلفة تكون في العديد من الحالات دون التكلفة المتكبدة في إطار معظم الطرق البديلة؛ وتشمل هذه البدائل محطات التوليد البخارية - الكهربائية الكبيرة والمركزية العاملة بالفحم والمزودة بوسائل لنزع الكبريت من غاز العادم، ومحطات التوليد النووية، ومحطات التوليد الكهربائية. وستشهد أواسط التسعينات إجراء بيانات عملية لإمكانية تحقيق كفاءة تبلغ ٤٠ في المائة أو أكثر، ويمكن أن تبلغ الكفاءة ٥٧ في المائة بحلول عام ٢٠٢٥ عن طريق استخدام تكنولوجيات تغويز الفحم التي يجري تطويرها حاليا. أما صناعات قصب السكر التي تنتج السكر ووقود الإيثانول وصناعات لب الخشب والورق والخشب، فهي من الصناعات المستهدفة لأن تستخدم فيها في المستقبل القريب تكنولوجيات "توربينات الكتلة الأحيائية". وستتوافر المغوزات المتكاملة للكتلة الأحيائية وتكنولوجيا "الدورة الجامعة" تجاريا بحلول عام ٢٠٠٠. ويجري في فايرنامو، بالسويد، بناء منظومة من "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة" تقوم بتوليد مشترك للطاقة الكهربائية بمعدل ٦ ميغاواطات والطاقة الحرارية عن طريق الدورة الجامعة بمعدل ٩ ميغاواطات، لتستخدم في أغراض التدفئة المحلية. وهناك محطة نموذجية تستخدم تكنولوجيا "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة" وتولد طاقة كهربائية بمعدل ٣٠ ميغاواطا ستصبح جاهزة للتشغيل في شمال شرق البرازيل في عام ١٩٩٧ أو بعد ذلك بفترة وجيزة بتكلفة إجماليها ٧٥ مليون دولار تشمل منحة قدرها ٣٠ مليون دولار

مقدمة من مرفق البيئة العالمية. أما الطاقة المحتمل أن تولد باستخدام نواتج المزارع في شمال شرقي البرازيل بواسطة تكنولوجيا "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة"، فقد حددت بمعدل ٢٠٠ غيغاواط. وللاتحاد الأوروبي خطط لتنفيذ مشاريع تجارية لتغويز الكتلة الأحيائية، منها مثلا محطات لتوليد الكهرباء بواسطة "توربينات الكتلة الأحيائية/الدورة الجامعة" يتراوح إنتاجها من الكهرباء بين ٨ و ١٥ ميغاواطا بحلول أواخر التسعينات، وبين ٢٠ و ٣٠ ميغاواطا بحلول عام ٢٠٠٠، وبين ٥٠ و ٨٠ ميغاواطا بحلول عام ٢٠٠٥. ويجب أن تكون هذه المحطات قائمة على استخدام الكتلة الأحيائية، وأن تكون قادرة على استخدام المحاصيل ذات الغلة العالية من الطاقة، وعلى البيان العملي للنظم المتقدمة لتحويل الطاقة، وأن تكون غير ضارة بالبيئة. ويقدم الاتحاد الأوروبي بالفعل دعما ماليا لثلاثة مشاريع للتغويز لأغراض البيان العملي - محطة في إيطاليا يبلغ إنتاجها من الكهرباء ١١,٩ ميغاواطا، ومحطة في المملكة المتحدة، إنتاجها ٨ ميغاواطات، ومحطة في الدانمرك تستخدم نظام التوليد المشترك وتنتج طاقة للتدفئة المحلية بمعدل ٧ ميغاواطات. ويُعتزم بناء محطة أخرى في هآرلم (هولندا) لتوليد الكهرباء بمعدل يتراوح بين ١٥ و ٣٠ ميغاواطا. وبالإضافة إلى ذلك، يجري حاليا تنفيذ مشروعين آخرين في الولايات المتحدة بدعم مالي من وزارة الطاقة، وهما مشروع في هايتي لتغويز ثفل قصب السكر تحت ضغط عال بضخ الهواء، على قاعدة مميعة فقاعية، لأغراض توليد الكهرباء بواسطة التوربينات الغازية بمعدل يتراوح بين ٣ و ٥ ميغاواطات، ومحطة لتغويز الكتلة الأحيائية بمعدل ٢٠٠ طن يوميا (لإنتاج طاقة كهربائية بمعدل ٤٥ ميغاواطا) في برلنغتون، بفرمونت.

٢ - إنتاج الوقود السائل

٤١ - يُعتبر الإيثانول المستخرج من محاصيل مثل قصب السكر والذرة المادة الأولية الرئيسية في هذا المجال. وقد أحرز تقدم في إنتاج الإيثانول بأسلوب التخمير المتواصل، (عمليتي ميل - بوانو وبيوستيل)؛ وعملية التسكير والتخمير المتزامنين؛ والتخمير العضوي اللاهوائي؛ واستخدام البكتيريا؛ واستخلاص الحرارة في عملية التقطير؛ وتحسين استخدام النواتج الفرعية مثل ثفل قصب السكر الذي يُستخدم كعلف للحيوانات ولأغراض التوليد المشترك للكهرباء. والبرازيل وموريشيوس بلدان يتم فيها التوليد المشترك للكهرباء من ثفل قصب السكر. وتستخدم البرازيل منذ قرون ثفل قصب السكر لتوليد البخار لأغراض الاستخدامات الموقعية، إلا أن هذا يتم بدرجة منخفضة جدا من الكفاءة. ويُعزى هذا إلى أن توافر كميات كبيرة من ثفل قصب السكر قضى على أي حافز على تحسين كفاءة تداول الطاقة حيث أن التخلص من فائض ثفل قصب السكر كثيرا ما كان يمثل مشكلة كبيرة. إلا أن العديد من معامل تقطير قصب السكر قد أصبحت مؤخرا متمتعة بالاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة وتقوم بعض منها ببيع الكهرباء لشبكة توزيع الكهرباء. ومع تطوير دورة التوربين الغازي المحقون بالبخار، قد يصبح توليد الكهرباء في معامل السكر أو معامل تقطير الكحول، من الأنشطة الرئيسية التي تضطلع بها هذه المعامل مستقبلا.

٣ - إنتاج الفحم النباتي

٤٢ - أحرز تقدم ملحوظ في بعض مجالات تكنولوجيا الفحم النباتي - تحسين تقنيات الكربنة وتحسين القمائن بزيادة كفاءتها في استخدام الطاقة؛ وتحسين استخدام النواتج الفرعية؛ وتحسن الأفران العالية؛

وإقامة مصانع الفولاذ المتكاملة العاملة بالفحم النباتي؛ وما إلى ذلك. وثمة تقدم هام آخر هو تطوير أسلوب الحصد المستدام للغابات الطبيعية وإنشاء مزارع للكتلة الاحيائية، وزيادة الوعي بما يترتب على نظم الإنتاج هذه من آثار بيئية. ومن ذلك مثلا أن حوالي ٤٣ في المائة من الفحم النباتي المنتج في البرازيل في عام ١٩٩٣ والمستخدم معظمه في صناعات الحديد الغـُفل والفولاذ والأسمنت والعدانة، جاء من المزارع وذلك مقابل ١٢ في المائة في عام ١٩٧٨. إلا أن استهلاك الفحم النباتي في الصناعة يـُستعاض عنه تدريجيا بفحم الكوك المستورد، مما يؤدي إلى آثار بيئية سلبية على الصعيد العالمي؛ كما أن استخدام النواتج الفرعية للفحم النباتي يكاد ينعدم.

٤ - التحويل الكيميائي - الحراري للكتلة الأحيائية

٤٣ - يشمل التقدم المحرز في هذا الميدان ما يلي: التحليل الحراري المنخفض درجة الحرارة، والتحليل الحراري السريع، والتسييل الحفزي المباشر مع زيادة فعالية الانتقال الحراري وتخفيض فترات التفاعل.

٥ - الإماعة العضوية اللاهوائية لفضلات الكتلة الأحيائية والنفايات والروث

٤٤ - يولي القطاع التجاري اهتماما متزايدا لهذا المجال، ويـُعزى هذا جزئيا إلى الاعتبارات البيئية (مقترنة بالاحتياجات من إمدادات الطاقة) في البلدان المتقدمة والبلدان النامية على حد سواء. ومما ساعد على ذلك توفير الحوافز المالية، والتقدم المحرز في مجال كفاءة استخدام الطاقة، ونشر التكنولوجيا، وتحسين عملية تدريب الأفراد لا سيما في الصين والهند. وخلال السنوات القليلة الماضية، جرت دراسة دقيقة لهذه التكنولوجيا في الدانمرك، التي كانت في الطليعة في مجال البيان العملي لإمكانيات محطات الغاز الحيوي التجارية الكبيرة لمعالجة السماد العضوي ولتوليد الحرارة والطاقة. وقد حدث تغير هام في تكنولوجيا الغاز الحيوي هو تحول الاهتمام عن كفاءة استخدام الطاقة إلى مفهوم التكنولوجيا السليمة بيئيا التي تتيح التخلص من النفايات وتوليد الطاقة وإنتاج الأسمدة. وقد أشرفت تكنولوجيا الغاز الحيوي في العديد من الحالات على بلوغ مرحلة النضج في الناحيتين التقنية والاقتصادية.

٦ - تطورات في السياسات العامة المتصلة بالتكنولوجيا

٤٥ - تشمل المسائل غير التقنية التي استرعت الاهتمام مؤخرا العوامل البيئية والإيكولوجية مثل تنحية الكربون وإعادة التحريج وتجديد الكساء النباتي؛ والكتلة الأحيائية كبديل للوقود الأحفوري يتميز بالتعادل في إنتاج واستهلاك ثاني أكسيد الكربون وانخفاض نسبة الكبريت؛ وازدياد الإدراك على صعيدي السياسة العامة والتخطيط لأهمية الطاقة المستمدة من الكتلة الأحيائية، ولا سيما عناصر الكتلة الأحيائية الحديثة الحاملة للطاقة؛ وتزايد الإدراك للصعوبات المصادفة في جمع بيانات جيدة يمكن الاعتماد عليها المستمدة من الكتلة الأحيائية، والجهود مبذولة لتحسين عملية توفير البيانات اللازمة للتخطيط في مجال الطاقة؛ وإجراء دراسات عما يترتب على الطاقة المستمدة من الكتلة الأحيائية من آثار ضارة بالصحة لا سيما في حالات الاستخدام التقليدي للطاقة؛ وزيادة الوعي بالحاجة إلى تدخيل التكاليف الخارجية للحاملات التقليدية للطاقة التكاليف والناشئة عن آثارها الضارة لجعلها متكافئة في القياس مع مصادر الطاقة البديلة.

باء - الاستخدامات الحديثة

١ - البلـدان الناميـة

٤٦ - في الهند كان التحول إلى الغاز أحد مجالات تركيز الاهتمام بسبب إمكانية استثماره تجاريا على نطاق واسع لتلبية مجموعة متنوعة من الاحتياجات من الطاقة مثل مضخات الري وكهربة القرى، بالإضافة إلى توليد الطاقة الكهربائية الصناعية المقيدة والطاقة المستمدة من شبكات مزارع الطاقة. وتشير آخر التقديرات إلى أن إمكانية توليد الطاقة من الغاز المستمد من الكتلة الأحيائية في الهند تبلغ ٠٠٠ ١٧ ميغاوات، وأن إمكانية استخدام مخلفات قصب السكر تبلغ ٥٠٠ ٣ ميغاوات.

٤٧ - في موريشيوس يسود انتاج السكر، الذي يمثل نحو ٨٨ في المائة من المساحة الصالحة للزراعة. ويجري تلبية حوالي ١٠ في المائة من مجموع احتياجات الطاقة في البلد عن طريق توليد الطاقة الكهربائية والبخار بإحراق لباب قصب السكر في صناعة قصب السكر. وقد قدرت الإمكانيات النظرية بمعدل يتراوح من ٥٠٠ ٢ و ٥٠٠ ٣ ميغاوات عند كفاءة تحويـل الكتلة الإحيائيـة إلى كهرباء بنسبة ٣٠ في المائة و ٤٠ في المائة على التوالي.

٢ - البلدان الصناعية

٤٨ - تحصل النمسا على حوالي ١٣ في المائة (١٤٧ بيكاجولا) من الطاقة الرئيسية للبلد من الخشب - وهذه زيادة قدرها ستة أضعاف خلال ١٥ سنة. وتشير دراسة شاملة لإمكانيات الطاقة الأحيائية إلى أن الطاقة الأحيائية يمكن أن تتضاعف إلى ٢٨٠ بيكاجولا بحلول سنة ٢٠١٥. وسيبلغ مجموع الاستثمارات حوالي ٦٠٠ مليون من وحدات النقد الأوروبي ويمكن إنشاء عدد يتراوح بين ٠٠٠ ١٠ و ٠٠٠ ١٥ وظيفة جديدة.

٤٩ - وساهمت الطاقة الأحيائية بنسبة تبلغ حوالي ٧ في المائة (١٩ بيكاجولا) من الطاقة في الدانمرك في عام ١٩٩٤. وتقدر الإمكانيات بـ ١٢٧ بيكاجولا أو ١٦ في المائة من استهلاك الطاقة الإجمالي في الدانمرك، أو حوالي ١٤٠ بيكاجولا إذا تم استخدام الأراضي المتروكة جانبا (حوالي ٠٠٠ ٢٣٠ هكتار) لأغراض الطاقة الأحيائية. وفي حزيران/يونيه ١٩٩٣، وافق البرلمان على توسيع نطاق استخدام الكتلة الأحيائية لأغراض توليد الطاقة الكهربائية إلى ١,٢ طن متري من القش و ٠,٢ طن متري من الخشب قبل سنة ٢٠٠٠، الأمر الذي سيزيد عنصر الكتلة الأحيائية بكمية إضافية قدرها ٢٠ بيكاجولا.

٥٠ - وتعتبر فنلندا من البلدان الرائدة في مجال استخدام الطاقة الأحيائية الحديثة. وبلغ استهلاك البلد من الطاقة الرئيسية ١٢٦٠ بيكاجولا في عام ١٩٩٣ كان منها نسبة تزيد عن ١٩ في المائة من الكتلة الأحيائية (٢٤٠ بيكاجولا)، و ١٤ في المائة مستمدة من الأخشاب و ٥ في المائة من الخث). ويتمثل الهدف الرئيسي للحكومة في زيادة هذا الاستهلاك بنسبة أخرى قدرها ٢٥ في المائة بحلول سنة ٢٠٠٥.

٥١ - وتحصل السويد على حوالي ١٧ في المائة من الطاقة لديها (٢٥٦ بيكاجولا) من أنواع الوقود الإحيائي. ويمكن تقسيم أنواع الوقود هذه إلى ثلاثة قطاعات مختلفة: منتجات الغابات (١٥٧ بيكاجولا)؛ والأسر المعيشية المنفردة (٤٠ بيكاجولا)؛ وتدفئة المدن (٤٩ بيكاجولا) التي تتزايد بسرعة؛ وتوليد الكهرباء من مصادر تجمع بين الحرارة والطاقة يتم الحصول عليها من مختلف أنواع الوقود الخشبي (٩ بيكاجولات). وهناك إمكانية أكبر لإنتاج الطاقة من أنواع وقود الكتلة الأحيائية المحلية ولا سيما من نفايات الصناعات الزراعية ومحاصيل الطاقة التي تتم زراعتها في الأراضي الهامشية وغيرها من الأراضي. ويجري حاليا بموجب مخططات الطاقة الأحيائية زراعة مساحة تزيد عن ٠٠٠ ١٤ هكتار من شجر الصفصاف ذي فترة المناوبة القصيرة. كما استوردت السويد كمية محدودة من أنواع وقود الكتلة الأحيائية مما يشير إلى إمكانية تنمية تجارة دولية في أنواع الوقود الإحيائي في المستقبل. وقد توصلت إحدى الدراسات التي جرت مؤخرا لمصنع تدفئة بالكتلة الأحيائية في مقاطعة فاكسيو طاقته ٢٠٥ ميغاوات، إلى استنتاج مفاده أن مزيجا من العوامل النقدية والاجتماعية هو الذي جعل أول مشروع للكتلة الأحيائية في السويد قابلا للاستمرار من الناحية التجارية.

٥٢ - وساهمت الطاقة المتجددة في المملكة المتحدة في مطلع التسعينات بنسبة لا تكاد تصل إلى ١ في المائة من الطاقة الرئيسية للبلد (ثلثها من الكتلة الأحيائية والباقي من الطاقة المائية). بيد أن التقديرات تضع المساهمة المحتملة في توليد الكهرباء بنسبة تتراوح بين ٥ و ٢٥ في المائة في عام ٢٠٠٥ وبين ٥ و ٦٣ في المائة في عام ٢٠٢٥. وقد أعطيت الطاقة المتجددة حافزا بالالتزام باستخدام أنواع الوقود غير الأحفوري الذي يمكن الحكومة من تقديم طلبات تلزم مرافق الطاقة الكهربائية بالتعاقد على كميات محددة من مصادر الوقود غير الأحفوري لأغراض توليد الكهرباء. ويتمثل الهدف في بلوغ ٥٠٠ ١ ميغاوات من الكهرباء من المصادر المتجددة بحلول سنة ٢٠٠٠؛ وتم حتى الآن منح ٩٠٠ ميغاوات. وتم تحقيق هذا الهدف بقدر ضئيل نسبيا من الإعانات العامة بالمقارنة مع الطاقة الذرية والفحم، وذلك بفضل عملية عطاءات تنافسية. وقد أدمجت مؤخرا مع الالتزام باستخدام أنواع الوقود غير الأحفوري مشاريع الكتلة الاحيائية تجمع بين الحرارة والطاقة.

٥٣ - وتحصل الولايات المتحدة حاليا على نسبة ٤ في المائة من الطاقة لديها من الكتلة الأحيائية وفي قمة تم بلوغها مؤخرا تم تركيب حوالي ٠٠٠ ٩ ميغاوات من الطاقة الكهربائية التي تم توليدها من وقود الكتلة الأحيائية. وقد أسفر مزيد من العوامل مثل انخفاض أسعار النفط وكثافة التنافس في قطاع المرافق، وإغلاق المصانع القديمة ذات درجة منخفضة من الكفاءة، وانخفاض الطلب على الطاقة، كل ذلك أدى إلى تخفيض هذه القدرة إلى أكثر من ٠٠٠ ٧ ميغاوات. وتقوم وزارة الطاقة في الولايات المتحدة بالشراكة مع القطاع الخاص، بزيادة جهودها لمضاعفة كفاءة تحويل الكتلة الأحيائية وتخفيض تكاليف توليد الطاقة من الكتلة الأحيائية. ويقدر أنه سيكون بالإمكان بحلول عام ٢٠١٠ تركيب أجهزة لتوليد ما يتجاوز ٠٠٠ ١٣ ميغاوات من الطاقة المستمدة من الكتلة الاحيائية مما سيؤدي الى القيام بأعباء أكثر من ٠٠٠ ١٧٠ وظيفة. وتشير إسقاطات أخرى إلى ما مقداره ٠٠٠ ٢٢ ميغاوات و ٠٠٠ ٥٠ ميغاوات من القدرة الكهربائية المستمدة من الكتلة الأحيائية، وحوالي ٠٠٠ ٢٨٣ وظيفة بحلول سنة ٢٠١٠.

٣ - صنع قوالب الفحم الحجري

٥٤ - يستعيد صنع قوالب الفحم الحجري مركزه السابق في عدد من البلدان بسبب مختلف العوامل - وجود الفضلات المتوفرة بسهولة، والملاءمة، وأوجه التقدم في تكنولوجيا التكثيف وجاذبية التكاليف وفرص تنظيم المشاريع. وفي ولاية سانت باولو بالبرازيل يستهلك شهريا حوالي ٠٠٠ ٣٠ طن منها ٠٠٠ ٢٠ من جانب القطاع التجاري مثل المخابز ومحلات صنع البيتزا، و ٠٠٠ ١٠ من جانب القطاع الصناعي. ويتم إنتاج قوالب الفحم الحجري من نشارة الخشب وغيرها من الفضلات المعالجة. وتشمل الأسباب الرئيسية لاستخدام قوالب الفحم الحجري الملاءمة والتجانس وارتفاع محتوى الطاقة والسعر. ولدى الهند أيضا إمكانية جيدة: ٢٦٠ ميغاطنا في السنة من الفضلات الزراعية التي يضيع منها حوالي ١٠٠ ميغاطن يمكن أن تستخدم من أجل صناعة قوالب الفحم الحجري.

٤ - أنواع الوقود السائل

٥٥ - زاد الاهتمام العالمي بأنواع الوقود الإحيائي السائل لأغراض النقل زيادة كبيرة على مدى العقد الماضي بالرغم من انخفاض أسعار النفط، وهناك دراسات مفصلة عن التكاليف والعوامل البيئية. واقترحت لجنة تابعة للاتحاد الأوروبي رقما مستهدفا يتمثل في إمكانية توليد نسبة لا تتعدى ٥ في المائة من سوق الوقود السائل عن طريق الإيثانول الإحيائي والديزل الإحيائي بحلول سنة ٢٠١٠ وسيكون من الضروري وجود مساحة زراعية قدرها ٧ ملايين هكتار (٥,٥ في المائة من المساحة الزراعية غير المستثمرة في الاتحاد الأوروبي) لانتاج ٧ ميغاأطنان. وتعتبر البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية المنتجين الرئيسيين في العالم لأنواع الوقود الإحيائي السائل، يليهما الاتحاد الأوروبي. ويمكن أن تعتبر بقية البلدان من صغار المنتجين بالمقارنة.

٥٦ - ويتألف الديزل الإحيائي من إسترات الإيثيل أو الميثيل المستخرج من زيوت الطعام. ويعتبر إستر ميثيل اللفت الذي يجري إنتاجه من اللفت ذي البذور الزيتية المصدر الرئيسي في أوروبا وكندا، في حين يستخدم زيت الصويا في الولايات المتحدة. وتعتمد منافع الديزل من غاز ثاني أوكسيد الكربون على المدخلات المستخدمة وعلى استخدام النواتج العرضية وبالتالي فهي عرضة للتغيير. وتشمل المنافع البيئية الأخرى كمية ضئيلة من الكبريت والحد من الجسيمات ومنتوجها يتحلل في غضون بضعة أيام (مما يجعله مناسبا بصفة خاصة للاستخدام في المجاري المائية الداخلية وغيرها من البيئات الهشة). وعلاوة على ذلك، فإن الديزل الإحيائي المصنوع من بذور اللفت يتمتع بخصائص متفوقة للتشحيم. كما ينتج الديزل الإحيائي في بلدان نامية شتى مثل البرازيل وتايلند ومالي. ففي مالي يجري العمل في مشروع لتحديد إمكانية إنتاج الزيت النباتي من حب الملوك كبديل عن الديزل وتظهر استخدامات أخرى نتائج مشجعة.

٥٧ - ويتم إنتاج الإيثانول الإحيائي من المحاصيل ذات المحتوى العالي من السكر أو النشويات. وتتسم المواد الكحولية بخصائص مواتية للاشتعال، - الاشتعال النظيف وارتفاع مستوى الأداء بالتقدير الأوكتيني. وعلاوة على ذلك، هناك مزايا بيئية عديدة، ولا سيما فيما يتعلق بالرصاص وثاني أوكسيد الكربون، وثاني أوكسيد الكبريت، والجسيمات، والهيدروكربونات وانبعاثات أول أوكسيد الكربون. وتضطلع البرازيل والولايات

المتحدة على نطاق واسع، وكذلك زمبابوي وكينيا وملاوي على نطاق أضيق بدور رائد في برامج وقود الإيثانول وتقوم بعض البلدان بتحديث صناعة السكر لديها، وهي قادرة على إنتاج السكر والكحول والكهرباء بتكاليف إنتاج منخفضة. وفي الاتحاد الأوروبي تجري محاولات الإيثانول الإحيائي في ألمانيا وإيطاليا والسويد ويجري في فرنسا مزج كمية ضئيلة منه مع البنزين. وتشمل أكثر المواد الأولية المشجعة الحبوب والشمندر السكري والسرغوم الحلو والقلقاس الرومي والأعناب.

٥٨ - وتعتبر البرازيل من المستخدمين الرئيسيين للكتلة الأحيائية، ولا سيما في الاستخدامات الصناعية الحديثة. ومنذ إنشاء برنامج بروألكول في عام ١٩٧٥، تم إنتاج ١٨٠ بليون لتر من الإيثانول الإحيائي، وهي تعوض حاليا قرابة ٢٠٠ ٠٠٠ برميل يوميا من النفط المستورد. وفي القمة التي وصل إليها الإنتاج (في أواخر الثمانينات) كان هناك ٥ ملايين سيارة تسير بالإيثانول الإحيائي النقي وكان هناك ٩ ملايين سيارة أخرى تسير بمزيج تتراوح نسبته بين ٢٠ و ٢٢ في المائة من الكحول والبنزين. وفي أواخر الثمانينات، أدى مزيج من ارتفاع الطلب على الإيثانول وارتفاع أسعار السكر وعدم استقرار السياسة العامة الحكومية، إلى حدوث نقص في الإيثانول، والى انخفاض نسبة السيارات الجديدة التي تعمل بالإيثانول إلى ٥١ في المائة في عام ١٩٨٩ وإلى أقل من ٢٠ في المائة في عام ١٩٩٤. ومنذ عام ١٩٧٦، تمت الاستعاضة عن ١١٩ بليون لتر من البنزين بالإيثانول الذي بلغ مجموع قيمته ٢٧ بليون دولار (بدولارات عام ١٩٩٤). ويقارن هذا بمبلغ ١١,٣ بليون دولار الذي يمثل مجموع الاستثمارات في برنامج بروألكول. وقامت الحكومة بإنشاء عدة آليات للدعم: لكفالة وجود سوق، وضمان السعر، وتوفير الحوافز المالية لمنتجي الإيثانول ومالكي السيارات، والاستثمارات في البحث والتطوير. وتم إنشاء حوالي ٧٠٠ ٠٠٠ وظيفة مباشرة إلى جانب عدد من الوظائف غير المباشرة قد يصل إلى ٣ أو ٤ أضعاف ذلك الرقم. بيد أن برنامج بروألكول يواجه بعض الصعوبات الاقتصادية (ويرجع ذلك في المقام الأول إلى التغييرات التي حدثت في أسواق النفط وقصب السكر) التي سيتعين التغلب عليها. ولا يمكن تأمين مستقبل هذه الصناعة دون استقرار العرض والطلب على الكحول.

٥٩ - وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية ثاني منتج في العالم لإيثانول الوقود. وفي عام ١٩٩٤، بلغ الإنتاج ٥,٣ بلايين لتر (١,٤ بليون غالون من غالونات الولايات المتحدة)، ويجري العمل على تشييد قدرة جديدة لإنتاج ٩٠٨ ملايين لتر أخرى (٢٤٠ مليون غالون). ومن المقرر زيادة التوسع، لأن من المتوقع أن يدخل الإيثانول في سوق الإيثير في شكل مركب إيثير ETBE وبوصفه وقودا "نظيفا". ويجري إنتاج الإيثانول في ٢١ ولاية تمثل ١٠ في المائة من مبيعات الوقود في البلد، ويقوم باستخدامه أكثر من ١٠٠ مليون من سائقي السيارات. ويتم إنتاج الإيثانول من الحبوب، ومصل الأجبان، ونفايات الحمضيات وفضلات الأحراج، إلا أن المصدر السائد هو الذرة. وقد أدت أحكام قانون الهواء النظيف لعام ١٩٩٠ وقانون سياسة الطاقة الوطنية لعام ١٩٩٢ إلى إنشاء فرص جديدة لسوق الإيثانول والميثانول والغاز الطبيعي، عن طريق الإدماج التدريجي لاحتياجات أسطول المركبات للعمل بأنواع الوقود النظيف. وتقدر شركة الكهرباء العامة أن حوالي ٥ ملايين مركبة ستعمل بأنواع الوقود غير النفطي بحلول سنة ٢٠٠٥.

٦٠ - وفي زمبابوي، أمكن المحافظة على إنتاج الإيثانول السنوي بمعدل ٤٠ مليون لتر تقريبا منذ عام ١٩٨٣، باستثناء فترة الجفاف الشديدة ١٩٩١- ١٩٩٢. وقد عمل مصنع الإيثانول في تريانغل بنجاح لمدة قاربت خمسة عشر عاما، بتمويل من رأس المال المحلي بصورة رئيسية، وباستخدام التكنولوجيا اللازمة المحلية قدر الإمكان بدلا من استخدام المعدات المتطورة جدا المستوردة من الخارج. وبلغت تكاليف رأس المال ٦,٤ ملايين دولار فقط (بأسعار عام ١٩٨٠) - وهي تمثل أقل كلفة رأسمالية للتر بالنسبة لأي مصنع للإيثانول في العالم. ويوفر مصنع تريانغل مثالا للاستخدام الجيد للتكنولوجيا البسيطة نسبيا، والهياكل الأساسية المحلية والالتزام السياسي.

٦١ - لم يكن وقود الميثانول أو الميثانول المستمد من الكتلة الأحيائية يعتبر إلى وقت قريب بديلا واعدا لأنواع الوقود الأحفوري نظرا لارتفاع تكاليف المواد الأولية للكتلة الأحيائية واقتصادات الحجم. بيد أن التطورات التقنية الهامة التي تحققت في السنوات الأخيرة بصدد تغيير هذا الرأي. ويمكن أن يقدم الميثانول المستمد من الكتلة الأحيائية مساهمات رئيسية في احتياجات النقل على الطرق من الطاقة إذا تم استخدامه في مركبات خلايا الوقود. وتوفر هذه النظم اقتصادات ملفتة للنظر في الإطار الزمني حتى سنة ٢٠١٠ وإمكانية التوصل إلى كل من تخفيض انبعاثات ملوثات الهواء المحلي إلى حد كبير وتخفيض الانبعاثات الصافية لثاني أوكسيد الكربون إذا تمت زيادة الكتلة الأحيائية بصورة مستدامة.

٥ - الغاز الإحيائي

٦٢ - يتم إنتاج الغاز الإحيائي عن طريق التخمر اللاهوائي للمواد العضوية. وتعتبر نظم الإنتاج بسيطة نسبيا ويمكن أن تعمل على نطاق صغير وكبير في أي مكان تقريبا، يكون فيه الغاز سريع الحركة مثل الغاز الطبيعي. ويمكن أن يقدم الهضم اللاهوائي مساهمة هامة في التخلص من النفايات المحلية والصناعية والزراعية. وقد حظيت اقتصادات إنتاج الغاز الإحيائي باهتمام كبير، ولا سيما في البلدان الصناعية حيث يمتزج إنتاج الطاقة بمعاملة النفايات، والتخفيف من تلوث الهواء والامتثال للتشريعات البيئية.

٦٣ - وفي الصين كان لدى حوالي خمسة ملايين وربع المليون من الأسر المعيشية الزراعية في نهاية عام ١٩٩٣، مراجل للغاز الإحيائي يبلغ إنتاجها السنوي حوالي ١,٢ بليون متر مكعب. وبالإضافة إلى ذلك، فإن لدى الصين أكثر من ٦٠٠ مصنع كبير ومتوسط الحجم لمصانع الغاز الإحيائي التي تستخدم النفايات العضوية من الحيوانات ومزارع الدواجن ومصانع الخمر وما إلى ذلك، تبلغ قدرتها الإجمالية ٠٠٠ ٢٢٠ متر مكعب. وتقوم هذه المصانع بتجهيز حوالي ٢٠ مليون طن من النفايات العضوية سنويا، وتخدم ٠٠٠ ٨٤ أسرة معيشية. كما قامت الصين ببناء ٠٠٠ ٢٤ مرجل لتنقية الغاز الإحيائي من أجل معالجة النفايات في المناطق الحضرية، تبلغ طاقتها حوالي مليون متر مكعب، وتقوم بمعالجة مياه المجاري لمليوني نسمة. كما يستخدم الغاز الإحيائي في توليد الكهرباء في الصين. وهناك حوالي ١٩٠ وحدة لتوليد الطاقة الكهربائية من الغاز الإحيائي يبلغ مجموع طاقة التوليد المركبة لديها حوالي ٥٠٠ ٣ كيلووات وتبلغ قدرتها السنوية على توليد الكهرباء ٣ جيغاواتات ساعة من الكهرباء.

٦٤ - وفي الهند كان هناك ٠٠٠ ٨٠ مصنع عائلي للغاز الإحيائي في عام ١٩٨٠، ووصل هذا الرقم إلى ١,٨٥ مليون في عام ١٩٩٣، حوالي ثلثها قيد التشغيل. وبلغ عدد مصانع المجتمعات المحلية للغاز الإحيائي ٨٧٥ مصنعا. وقدر مجموع إمكانيات السوق بالنسبة للمصانع العائلية للغاز الإحيائي حوالي ١٢ مليون وحدة. وتتمثل الأهداف الرئيسية للبرنامج الوطني لتنمية الغاز الإحيائي في توفير طاقة نظيفة للطبخ، وإنتاج الأسمدة المشبعة لإكمال الأسمدة الكيميائية؛ وتحسين نوعية حياة المرأة الريفية؛ وتحسين المرافق الصحية والحفظ الصحي.

٦٥ - وفي الدانمرك تم، منذ منتصف الثمانينات؛ إنشاء ١٠ مصانع مركزية و ١٠ مصانع للمزارع المنفردة للغاز الإحيائي، يبلغ ناتجها ١٤ مليون متر مكعب سنويا (٠,٥ بيكاجول). وتم تطوير مفهوم المصانع المركزية تطويرا جيدا. وتقوم المصانع المركزية بتحليل الأسمدة الحيوانية ونفايات الخضار لإنتاج الغاز الإحيائي والأسمدة نتيجة لذلك. وتتراوح قدراتها بين ٥٠ طنا و ٥٠٠ طن من المواد الأولية يوميا، ويتراوح إنتاجها بين ٠٠٠ ١ و ٥٠٠ ١ طن متري من الغاز الإحيائي يوميا. ويستخدم معظم الغاز الإحيائي للتوليد المشترك للحرارة والطاقة. وتبلغ كلفة الغاز الإحيائي (باستثناء الضرائب) ١,٦٠ - ١,٧٠ كرون دانمركي لكل متر مكعب (من ٠,١٥ إلى ٠,١٦ دولار)، بأسعار تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٤.

خامسا - اقتصاديات وتكاليف خيار الكتلة الاحيائية

٦٦ - لم تصل معظم تكنولوجيات طاقة الكتلة الاحيائية بعد إلى المرحلة التي يمكن فيها للقوى السوقية وحدها أن تجعل من الأخذ بهذه التكنولوجيات أمرا ممكنا. وأحد العوائق الأساسية التي تحول دون الاستغلال التجاري لجميع تكنولوجيات الطاقة المتجددة هو أن الأسواق الحالية للطاقة غالبا ما تغفل التكاليف والمخاطر الاجتماعية والبيئية المرتبطة باستخدام الوقود التقليدي. وعلاوة على ذلك، فإن مصادر الطاقة التقليدية تتلقى في أغلب الحالات إعانة ودعما كبيرين. وعلى سبيل المثال، يُقدر أن مجموع التكاليف الخارجية للطاقة في الولايات المتحدة يتراوح بين ١٠٠ و ٣٠٠ بليون دولار سنويا؛ وفي كثير من البلدان النامية، تُعان أسعار الطاقة بنسبة تتراوح بين ٣٠ و ٥٠ في المائة. ومن التكاليف الخارجية الأخرى للطاقة التقليدية، التي لا تؤخذ في الحسبان عادة، التكاليف الطويلة الأمد الناجمة عن استنفاد الموارد المحدودة والتكاليف المرتبطة بتأمين الإمدادات من المصادر الأجنبية.

٦٧ - ولا تجري المنافسة في أسواق الطاقة العالمية على "أرضية متكافئة". فالهياكل الأساسية القائمة، وأنظمة الضرائب، والتمويل المخصص للبحث والتطوير، ونفوذ جماعات المصالح السياسية، كلها عوامل يغلب أن يكون تأثيرها لصالح أنواع الوقود الأحفوري والطاقة النووية، على حساب مصادر الطاقة المتجددة، مثل الكتلة الاحيائية. ومن ثم فإن من الصعب حاليا أن تكون الكتلة الأحيائية قادرة على المنافسة مع أنواع الوقود الأحفوري، إلا في بعض الأسواق الملائمة لها بصورة خاصة أو حيثما توجد حوافز ضريبية كافية. ويلزم لتحسين هذه الحالة تركيز الانتباه على مجالين رئيسيين هما: خفض تكلفة إنتاج أنواع الوقود/المواد الأولية المستخلصة من الكتلة الأحيائية؛ وخفض التكاليف الاستثمارية الرأسمالية للمنشآت التي تحول الكتلة الأحيائية إلى حوامل مفيدة للطاقة (مثل الكهرباء أو أنواع الوقود السائل).

٦٨ - والتكاليف الرأسمالية لمرافق توليد الطاقة من الكتلة الأحيائية يغلب عليها الارتفاع بسبب جِدتها (باستثناء مرافق الإيثانول) وصغر حجمها نسبيا. وهذان العاملان يجعلان الأسعار مرتفعة بالمقارنة بالمنشآت العاملة بالوقود الأحفوري، التي تستفيد من تحقيق وفورات الحجم وتوافر الخبرة. وهذا يؤكد الحاجة إلى المنشآت النموذجية التي توفر البيان العملي للتكنولوجيات الجديدة والمحتملة الفائدة، وإلى محاكاتها وتحسينها تدريجيا. ويتنبأ بأن التكاليف الاستثمارية النوعية للمنشآت التي تستخدم التوربينات الغازية المزودة بمحولات غازية للكتلة الاحيائية ستنخفض من ٠٠٠ ٣ دولار للكيلوواط الواحد إلى ٨٠٠ ١ دولار للكيلوواط الواحد في غضون ١٠ عمليات للمحاكاة.

ألف - إنتاج الطاقة الأحيائية

٦٩ - إن المحاصيل الزراعية المستخدمة في توليد الطاقة من الكتلة الأحيائية، مثل الذرة وقصب السكر واللفت، تحقق بالفعل غلات عالية نتيجة لما يبذل منذ أمد طويل من جهود في البحث والتطوير. أما محاصيل الأشجار والطاقة العشبية فهي قيد الدراسة حاليا بوصفها مواد أولية للطاقة، ولكن البحوث في مجالها بدأت تركز على الأنواع ذات الغلات العالية من أجل إنتاج الطاقة. وفي المحطات التجريبية بشمال غربي الولايات المتحدة، يمكن أن يصل إنتاج أشجار الحور المستنبتة المهجنة إلى ٦٩,٦ طنا جافا محمصا/هكتار/سنة، كما أن إنتاج العشب النجيلي في جنوب شرقي الولايات المتحدة الأمريكية يمكن أن يصل إلى ٣٠,٤ طنا جافا محمصا/هكتار/سنة.

٧٠ - وكوحدة للقياس، فإن الفحم المتداول على صعيد التجارة الدولية يكلف حاليا حوالي ١,٨ دولار/غيغاجول (٤٥ دولارا للطن). وتتنبأ وزارة الطاقة بالولايات المتحدة بأن هذه التكلفة ستنخفض بحلول عام ٢٠١٠ إلى ١,٣ دولار/غيغاجول للفحم المورد إلى مرافق توليد الطاقة الكهربائية. ولكي تنشأ سوق كبيرة لطاقة الكتلة الاحيائية، يلزم أن يتوافر إمداد يُعتمد عليه من الكتلة الأحيائية بسعر ٢ دولار/غيغاجول أو أقل. ويناظر هذا تقريبا ٤٠ دولارا/طن جاف محمص. وفي البرازيل، يتيح انخفاض التكاليف نسبيا وتوافر أحوال أفضل للنمو إنتاج الكتلة الاحيائية من المزارع بأسعار أرخص من ذلك. ويقدر أنه يمكن إنتاج ١٣ إكناجول/ سنة من الكتلة الأحيائية من المزارع في شمال شرقي البرازيل، بسعر ١,٥ دولار/غيغاجول أو أقل (دولار الولايات المتحدة في عام ١٩٨٨).

٧١ - ومن المصادر الأخرى للكتلة الاحيائية الفضلات الصناعية (مثل نفايات اللباب والورق)، وفضلات الحراجة، والفضلات الزراعية (مثل القش). وهذه المصادر يمكن أن تكون رخيصة جدا أو حتى مجانية، بقدر يتوقف على الطلبات المتنافسة عليها وسهولة النقل. وتكاليف الزراعة في أوروبا أعلى منها بوجه عام في الولايات المتحدة؛ وينطبق هذا أيضا على إنتاج الطاقة من الكتلة الاحيائية. ويغلب أن تتراوح التكاليف الراهنة في أوروبا من ٤ إلى ٦ دولارات/غيغاجول، مقابل من ٢,٥ إلى ٤ دولارات/غيغاجول في الولايات المتحدة.

٧٢ - والفضلات الصناعية هي أرخص أشكال الكتلة الاحيائية. والفضلات الزراعية مثل القش أرخص حاليا من أخشاب المزارع ولكن أسعارها يمكن أن تنخفض عنها مستقبلا باستخدام فترات المناوبة القصيرة لإكثار أشجار الخشب بالخلفة. وفي الدانمرك، تحظى أنواع الوقود الإحيائي بالقدرة التنافسية في مجال التدفئة المحلية بسبب الضرائب العالية المفروضة على أنواع الوقود الأحفوري. فضرائب الطاقة وثاني أكسيد الكربون ترفع سعر الفحم من ٣,٠٣ إلى ٨,٦٤ دولارات/غيغاجول، وترفع سعر الغاز الطبيعي من ٣,٠٣ إلى ١٠,١٥ دولارات/غيغاجول. وخلصت دراسة أجريت في هولندا إلى أن استيراد الخشب من دول البلطيق أو من البلدان النامية أرخص بالفعل من إنتاجه محليا.

٧٣ - ويمكن إجراء مقارنة لأسعار أخشاب المزارع في السويد (٢,٣٩-٣,٣٩ دولارات/غيغاجول) وفنلندا (٣,١ دولارات/غيغاجول) بأسعارها في البلدان النامية مثل البرازيل (١,٤١-١,٥٠ دولار/غيغاجول) والهند (١,٩١-١,٤١ دولار/غيغاجول) وتايلند (١,٦٩-١,٩١ دولار/غيغاجول) والفلبين (١ دولار/غيغاجول). وعلى الرغم من هذه التكاليف المنخفضة لمزارع البلدان النامية، كثيرا ما يمكن الحصول على الأخشاب بأسعار أرخص من ذلك عن طريق اقتلاع الأشجار المحلية. ويمثل الفحم النباتي سلعة أساسية لها قيمتها في البرازيل، حيث أنه يوفر ٤١ في المائة من الطاقة المستخدمة في صناعة الصلب. ويتكلف إنتاج الفحم النباتي من أخشاب المزارع ٣,٠٣-٣,١٥ دولارات/غيغاجول، وفي مقابل ذلك فإن انتاجه عن طريق قطع أشجار الغابات دون ترخيص يتكلف ١,٤٣ دولار/غيغاجول، وإذا كان ذلك بترخيص فإنه يتكلف ٢,٠٥ دولار/غيغاجول. ويلزم إجراء المزيد من البحث والتطوير لتحسين غلات مزارع الأخشاب وخفض تكاليفها كي يمكن وقف استمرار إزالة الغابات المدارية.

باء - الكهرباء والحرارة

٧٤ - تزيد قيمة الكهرباء كحامل للطاقة بقدر كبير عن قيمة أنواع الوقود الصلبة أو السائلة. وسعر الجملة المعتاد للكهرباء هو ٥ سنتات/كيلوواط - ساعة (١٤ دولارا/غيغاجول)، والسعر المقابل لأنواع الوقود السائل يتراوح بين ٤ و ٥ دولارات/غيغاجول. ومن ثم فإن المواد الأولية العالية التكلفة نسبيا مثل الكتلة الاحيائيـــة يمكن أن تكون جذابة اقتصاديا في مجال التحويل إلى كهرباء. بيد أن الكتلة الاحيائية لا تزال تواجهها منافسة مباشرة مع أنواع الوقود الأحفوري، وعلى وجه التحديد مع الفحم في مجال توليد الكهرباء. ويمكن أن تستفيد التوربينات الغازية المزودة بمحولات غازية للكتلة الاحيائية من انخفاض تكاليفها النوعية عن تكاليف تكنولوجيا الفحم النظيفة، حيث أنها لا تستلزم عملية إزالة الكبريت من غازات العادم، كما أن درجات الحرارة اللازمة لتحويل الخشب إلى غاز أقل من درجات الحرارة اللازم للفحم. ويتنبأ عدد من أصحاب البحوث المنشورة بأن تكاليف توليد الكهرباء ستكون حوالي ٥ سنتات/كيلوواط - ساعة (١٤ دولارا/غيغاجول) في المستقبل القريب بالنسبة للبلدان الصناعية وفي الوقت الراهن بالنسبة للبرازيل.

٧٥ - وفي المرافق التي تجمع بين الحرارة والطاقة، يمكن أن يدر بيع الحرارة إيرادات تؤدي إلى تخفيض التكلفة الصافية لإنتاج الكهرباء من الكتلة الاحيائية. وسيكون بيع الحرارة طريقة مهمة لتحسين القدرة

التنافسية للكتلة الاحيائية، نظرا إلى وفورات الحجم التي تتمتع بها منشآت التوليد الكبيرة العاملة بالوقود الأحفوري. وفي دراسة أجريت بالمملكة المتحدة، افترض سعر أقل لبيع الحرارة هو ١,٥٦ سنت/كيلوواط ساعة. وتخلص الدراسة إلى أن التكلفة الصافية لتوليد الكهرباء من فضلات الخشب ستكون ٧,٦ سنتات/كيلوواط - ساعة، وأن تكلفة توليدها باستخدام فترات المناوبة القصيرة لإكثار أشجار الخشب بالخلفة ستكون ١٤,٤ سنتا/كيلوواط - ساعة.

٧٦ - وتتكلف الكتلة الاحيائية أكثر من أنواع الوقود الأحفوري بما يتراوح بين ٣٠ و ٤٠ في المائة. وتؤكد هذا الخبرة التشغيلية في حالة النمسا، حيث يوجد اللحاء الرطب (وهو أحد النواتج الفرعية لمعامل قطع الأخشاب) متاحا بسعر يتراوح بين ٢,٨ و ٨,٣ سنتات/غيغاجول ويستخدم في التدفئة المحلية. أما الحرارة فتباع بسعر يتراوح بين ٦ و ٩ سنتات/كيلوواط - ساعة. واستخدام الكتلة الاحيائية في التدفئة المحلية أكثر تكلفة من زيت الوقود في النمسا بحوالي ٣٠ في المائة. ومن المشاكل المتكررة في مجال ترويج الطاقة المولدة من الكتلة الاحيائية عزوف الموردين المحتملين بسبب نقص الأسواق وعزوف المستخدمين المحتملين بسبب نقص الامدادات التي يعتمد عليها. وفي فرنسا، تعطى منح من أجل الاستثمار الرأسمالي في مشاريع التدفئة المحلية باستخدام الكتلة الاحيائية، ولكن هذا لا يحدث إلا عندما يكون من المخطط إنشاء عدد معين كحد أدنى من المنشآت في موقع واحد. وتستهدف هذه السياسة إيجاد سوق مأمونة لمنتجي الكتلة الاحيائية وصانعي تكنولوجيات التحويل. ويمكن أيضا توفير سوق مستقرة لمنتجي الكتلة الاحيائية عن طريق استخدام الكتلة الاحيائية مع أنواع الوقود الأحفوري في المحطات التقليدية لتوليد الطاقة الكهربائية. وقد ازداد اهتمام قطاع توليد الطاقة الكهربائية بهذا الاستخدام المختلط لأنه يمكن أن يكون نهجا أقل تكلفة للوفاء بمعايير انبعاث الكبريت. ويمكن أن يكون الاستخدام المختلط للفضلات العضوية في أغراض توليد الطاقة كأسلوب لتحويل الكتلة الاحيائية إلى طاقة أكثر جاذبية من الناحية الاقتصادية من كل الأساليب المتاحة لذلك بالتكنولوجيا الراهنة.

جيم - أنواع الوقود السائل والغازي

٧٧ - يقارن الجدول ٢ بين ثلاثة أنواع لإنتاج الغاز الإحيائي في أوروبا. والمثال الأول هو أساسا نظام لمعالجة الجزء العضوي من النفايات الحضرية، أو النفايات العضوية الناشئة عن تجهيز الأغذية. وتتحقق الإيرادات أساسا من رسوم التخلص من النفايات وليس من بيع الغاز الإحيائي. بيد أن ارتفاع غلة هذه النفايات من الغاز الإحيائي يجعل منها مادة أولية قيمة بالإضافة إلى ملاط الماشية في البرنامج الدانماركي لإنتاج الغاز الإحيائي حيث تحسن الزيادة في الإنتاج الأداء الاقتصادي العام. وتهدف الوكالة الدانمركية للطاقة إلى خفض تكاليف التشغيل إلى ٣,٧٥ دولارات للمتر المكعب من المادة الأولية. وتقدر عائدات مبيعات الغاز (للتدفئة في المدن والإنتاج المشترك للحرارة والكهرباء) بما قيمته ٦,٦٨ دولارات للمتر المكعب من المواد الأولية. ولا تزال منح الاستثمار الرأسمالي التي تقدر نسبتها بحوالي ٢٠ في المائة تعتبر ضرورية. وقد يكون المثال الثالث، وهو الهضم اللاهوائي في المزارع الصغيرة النطاق، مجديا اقتصاديا. بيد أن المحركات الصغيرة الملائمة لتوليد الكهرباء في المزارع لم تكن فعالة تماما بالرغم من توافر محركات

الديزل الثنائية الوقود الأكثر كفاءة. ومن الضروري بيع الكهرباء بسعر يتراوح بين ١٠ و ١٥ سنتا للكيلوواط ساعة إذا أريد أن يهتم المزارعون والمستثمرون في أوروبا اهتماما جديا بالغاز الإحيائي لأغراض إنتاج الكهرباء. وبالنسبة للمملكة المتحدة، فإن استخدام الغاز المنتج في المزارع لأغراض التدفئة والإنتاج المشترك للحرارة والكهرباء بسعر ١,٥٦ سنت/كيلوواط ساعة، يعطي تكلفة صافية للكهرباء قدرها ٩,١ سنتات/كيلوواط ساعة.

٧٨ - ويقدم الجدول ٣ بيانات تتعلق بدراسة إفرادية لمرفق مجتمعي لاستخدام الغاز الحيوي لإنتاج الكهرباء في إحدى قرى جنوب الهند. والمادة الأولية المستخدمة في ذلك هي السماد الطبيعي. وتوصلت الدراسة إلى نتيجة مفادها أن هذا المرفق يمكن أن ينتج كهرباء بتكاليف أقل من كهرباء الشبكة المركزية ذلك إذا طبق سعر فائدة أعلى (يزيد على ٧,٥ في المائة) وإذا استخدمت طاقة الإنتاج على نحو أكبر (عدد ساعات العمل في اليوم).

الجدول ٢ - محاصيل مصانع الغاز الاحيائي، وتكاليفها، وعائداتها من بيع الطاقة في أوروبا

نوع المصنع	محصول الغاز بالمتر المكعب لكل متر مكعب من المواد الأولية	قيمة الغاز دولار/متر مكعب من المواد الأولية[أ]	رأس المال وتكلفة التشغيل دولار/متر مكعب من المواد الأولية	صافي قيمة الطاقة دولار/متر مكعب من المواد الأولية
مصنع متخصص للنفايات الصلبة الحضرية[ب]	٦٠-١٥٠	٧-١٨	٨٠-١٥٠	< -٦٠[ج]
البرنامج المركزي الدانمركي للغاز الإحيائي المنخفض التكلفة المستخدم في المزارع (سويسرا، ألمانيا)	٢٠-٨٠ ٥-٢٠	٢-١٠ ١-٢	٧-١٤ ١-٥	-١٢ - +٣ -٤ - +١

المصدر: إدارة تنسيق السياسات والتنمية المستدامة التابعة للأمانة العامة للأمم المتحدة.

(أ) كان سعر بيع الغاز الإحيائي ٠,١٢ من دولارات الولايات المتحدة لكل متر مكعب من الغاز.

(ب) النفايات الصلبة البلدية المصنفة من المصدر أو نفايات الخضار/الحدائق/الثمار.

(ج) رسوم التصريف هي المصدر الرئيسي لإيرادات هذا النوع من المصانع.

الجدول ٣ - التكاليف الخاصة بنظام لتوليد الطاقة الكهربائية على أساس الغاز الاحيائي يقام بالنسبة لمجتمع صغير في بورا، بالهند

التكلفة لكل كيلوواط من القدرة المنشأة (١٩٩٢)	٠١٤,٠٠ ١ دولار من دولارات الولايات المتحدة
تكلفة الطاقة الكهربائية إذا كان التوليد لمدة ٤,٢ ساعات في اليوم	٢٥ سنتا/كيلوواط ساعة
تكلفة الطاقة الكهربائية إذا كان التوليد لمدة ٢٠ ساعة في اليوم	٧ سنتات/كيلوواط ساعة (بسنت الولايات المتحدة/كيلوواط ساعة)
معدل الفائدة الأدنى الذي تكون به الطاقة الكهربائية المتولدة من الغاز الإحيائي أرخص من الطاقة المتولدة من نظام مركزي	٧,٥ في المائة

المصدر: إدارة تنسيق السياسات والتنمية المستدامة التابعة للأمانة العامة للأمم المتحدة.

٧٩ - وفي البلدان الصناعية ذات الفائض من الأغذية، يحرص المزارعون على تنويع هذه المحاصيل لاستغلال الأراضي المراحة والآلات والعمالة. بيد أنه نظرا للانخفاض الحالي في أسعار النفط فإن هذه التكاليف تتراوح عادة بين ضعف وثلاثة أمثال تكلفة الوقود الأحفوري المنافس (يتراوح سعر البنزين بالجملة بين ٤ و ٥ دولارات/غيغاجول ويناهز سعر التجزئة في الولايات المتحدة الأمريكية ٧,٥ دولار/غيغاجول. وتبلغ التكاليف أدنى مستوى لها في البرازيل حيث تنخفض تكاليف إنتاج قصب السكر، كما انخفضت التكاليف الرأسمالية باكتساب الخبرة. وانخفضت تكاليف الإنتاج بنسبة ٤ في المائة سنويا في الفترة من عام ١٩٧٩ إلى عام ١٩٨٨، ويمكن إجراء تخفيض آخر بنسبة ٢٣ في المائة عن طريق توظيف استثمارات ضئيلة نسبيا. وبفضل الإيرادات التي تتحقق من بيع الكهرباء المولدة من تفل قصب السكر (باستخدام تكنولوجيا التوربينات الغازية المزودة بمغوز متكامل للكتلة الأحيائية يمكن أن تصبح مادة الإيثانول قادرة على المنافسة في البرازيل بالرغم من انخفاض أسعار النفط حاليا. وبذلت البلدان الصناعية جهودا من أجل العثور على مواد أولية رخيصة.

٨٠ - ويمكن أن توفر الكتلة الأحيائية الخشبية المادة الأولية الرخيصة الضرورية لكي تصبح أنواع الوقود السائل المستخرج من الكتلة الأحيائية أقدر على المنافسة. وقد حُسب أن إنتاج مادة الإيثانول من الكتلة الأحيائية الخشبية سوف يكلف الآن ١٥,١ دولار/غيغاجول. ومن الممكن أن تنخفض تكاليف ذلك في المستقبل إلى ٨,٦ دولار/غيغاجولات. وعلى سبيل المقارنة، يتوقع أن يرتفع سعر بيع البنزين بالجملة من ٤,٥ دولار/غيغاجول (متوسط عام ١٩٩٣) إلى ٦,٨ دولار/غيغاجولات في عام ٢٠١٠. ونشأ اهتمام بمادة الميثانول بوصفها وقودا يمكن استخدامه في المركبات العاملة بالخلايا الوقودية. وعادة ما ينتج الميثانول من الغاز الطبيعي أو الفحم. وقد حُسب أن أسعار المادة الأولية من الكتلة الأحيائية لا بد أن تنخفض إلى ١,٥ دولار/جيغاجول لكي تنافس الفحم. ولأغراض المقارنة، تبلغ تقديرات تكاليف إنتاج الميثانول من الغاز الطبيعي والفحم ٧,٣ دولار/غيغاجول و ١١,٧ دولار/غيغاجولا على التوالي. ويقدم الجدول ٤ تكاليف إنتاج الديزل الإحيائي وأسعار بيعه. والديزل الإحيائي هو الوقود الأحفوري المنافس، ويبلغ سعر بيعه بالجملة قرابة ٥,٥ دولارات/غيغاجول؛ ويمكن بفضل المنتجات المزدوجة القيمة (العلف الحيواني ومادة الغليسيرول) خفض صافي تكلفة الإنتاج. ويمكن أن يحتل الديزل الإحيائي مكانا في السوق في أوروبا إذا فرضت عليه ضريبة نسبتها ١٠ في المائة من المعدل المفروض على الديزل. ويمكن أن توجد له أسواق رائجة حيث تكون نوعية الهواء والماء هامة بوجه خاص مثل المتنزهات الوطنية والمجاري المائية ومناطق التزحلق على الجليد.

الجدول ٤ - تكاليف زيت الديزل المستمد من الكتلة الاحيائية في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية

السنة	الموقع	المادة الأولية	التكلفة سنت/لتر	التكلفة دولار/غيغاجول
١٩٩٤	الولايات المتحدة الأمريكية	فول الصويا	٨١,٩	٢٢,٧
١٩٩٤	الولايات المتحدة الأمريكية	بزر اللفت	٧٢,٧	١٩,٨
١٩٩٤	أوروبا/الولايات المتحدة الأمريكية	بزر اللفت	٨١,٧ - ١١٥,٨	٢٤,٩ - ٣٥,٣
١٩٩٥	المملكة المتحدة	بزر اللفت	٥١,٣	١٥,٦
١٩٩٥	المملكة المتحدة	بزر اللفت	٧٩,١	٢٤,١
١٩٩٥	أوروبا	بزر اللفت	٥٧	١٧,٧
٢٠٠٥	أوروبا	بزر اللفت	٤٢	١٢,٨
"المستقبل"	أوروبا/الولايات المتحدة الأمريكية	بزر اللفت	٤١,٠ - ٥٠,٣	١٢,٥ - ١٥,٣

المصدر: إدارة تنسيق السياسات والتنمية المستدامة التابعة للأمانة العامة للأمم المتحدة.

(أ) سعر الزيت الغذائي من مصانعه في ولايتي مونتانا وميزوري.

(ب) سعر عام ١٩٩٤ هو تكلفة الانتاج باستعمال معدل خصم يبلغ ٥ في المائة وتكاليف العوامل بالنسبة للمواد الأولية (أي سعر السوق مضافا إليه وسطي المعونة المقدمة الى المزارعين) - لحساب تكلفة "المستقبل"، استعمل سعر عام ١٩٩١ وهو أدنى سعر أو سعر السوق العالمية، مع معدل خصم يبلغ ٥ في المائة.

(ج) تكلفة الانتاج البالغة ٨٥,١ سنتا من سنتات الولايات المتحدة لكل لتر مطروحا منها عائد الانتاج المشترك البالغ ٣٤,٨ سنتا لكل لتر.

- يفترض أن تسدد تكاليف رأس المال على مدى ٥ سنوات بفائدة قدرها ١٠ في المائة.

- BABF0 = الرابطة البريطانية لأنواع الوقود والزيوت الاحيائية.

(د) ADEME = وكالة البيئة والتحكم بالطاقة.

سعر البيع، بافتراض ضريبة على الديزل الاحيائي قدرها ١٠ في المائة من معدل الضرائب المفروضة على الديزل المعدني (سعر البيع ٨٥,١ سنتا من سنتات الولايات المتحدة لكل لتر.

دال - مقارنة تكاليف الكتلة الأحيائية في إطار منهجية وحيدة

٨١ - من الصعب إجراء مقارنات لأشكال طاقة الكتلة الأحيائية بسبب مختلف الافتراضات التي أدخلها الكتاب في حساباتهم. وفي نموذج لتكاليف طاقة الكتلة الأحيائية في استراليا تراعى فيه الموارد المتاحة، وفرص السوق والتأثير البيئي، فإن النظم السبعة الواعدة أكثر من غيرها (غير مصنفة بحسب الأولية) هي:

(أ) مقارنة الفضلات الخشبية بالكهرباء؛

(ب) مقارنة النفايات الصلبة الحضرية بالكهرباء؛

(ج) مقارنة الفضلات الحيوانية/البشرية بالكهرباء؛

(د) مقارنة الكتلة الأحيائية الخشبية بالإيثانول؛

(هـ) مقارنة الكتلة الإحيائية الخشبية بالميثانول؛

(و) مقارنة البذور الزيتية بإستيرات البذور الزيتية (الديزل الإحيائي)؛

(ز) مقارنة الكتلة الإحيائية بالمواد المشبعة بالأوكسجين.

هاء - التكاليف الخارجية

٨٢ - من الصعب تقدير قيمة التكاليف البيئية والاجتماعية نظرا لأن من الصعب تحديد قيمة ثابتة للحياة البشرية والمنافع البيئية. ومن الأيسر تقدير التكاليف الطبية وتكاليف التنظيف، وكمثال على ذلك بلغت تكاليف تنظيف البقعة الزيتية لإكسون فالديس ٢,٢ بليون دولار، كما بلغت تكلفة الحادث النووي الذي وقع في ثري مايل آيلند بليونا من الدولارات. وقُدرت الآثار البيئية الخارجية المترتبة على إنتاج الكهرباء (١٩٨٢) في ألمانيا بما يتراوح بين ٠,٠١١ و ٠,٠٦١ مارك ألماني/كيلوواط ساعة بالنسبة لأنواع الوقود الأحفوري وما يتراوح بين ٠,٠١٢ و ٠,١٢٠ مارك ألماني/كيلوواط ساعة بالنسبة للطاقة النووية. وعند إدراج التكاليف الخارجية الأخرى والدعم يتراوح مجموع التكاليف بين ٠,٠٣٩ و ٠,٠٨٨ مارك ألماني (١٩٨٢)/كيلوواط ساعة بالنسبة للوقود الأحفوري وما بين ٠,٠٩٧ و ٠,٢٠٨ مارك ألماني (١٩٨٢)/كيلوواط ساعة بالنسبة للطاقة النووية.

٨٣ - لذلك، فإن مصادر الطاقة المتجددة التي تترتب عليها تكاليف خارجية قليلة أو لا تترتب عليها أي تكاليف خارجية والتي لها آثار خارجية إيجابية كثيرة، توضع دائما في موقف غير موات. وينبغي أن يحظى

استيعاب التكاليف الخارجية والفوائد وإعادة توزيع الإعانات بطريقة أكثر إنصافا بالأولوية إذا أريد مقارنة مصادر الطاقة المتجددة بنزاهة ("الأرضية المتكافئة") مع أنواع الوقود الأحفوري. وتحاول بعض الحكومات وضع برامج لتبرير التكاليف الخارجية مثل الضرائب المفروضة على الانبعاثات والحوافز المقدمة لإنتاج أنواع أنقى من الوقود، غير أنه لم ينفذ بعد سوى عدد قليل من الخطط وواجه معظمها معارضة قوية. وعموما، فإن النظم والرسوم الحالية المتعلقة بالانبعاثات لا تربطها علاقة قوية بالضرر الحقيقي الناشئ عن أنواع الوقود الأحفوري وتصريف النفايات، والتأمين، وتكاليف سحب تراخيص تشغيل المنشآت النووية إذ أن هناك ميلا لاعتبارها حلولا سياسية توفيقية.

٨٤ - ولا تراعى في التكاليف المذكورة أعلاه إلا التكاليف الخاصة (الداخلية). ويترتب أيضا على جميع الأنشطة الاقتصادية، ولا سيما إنتاج الطاقة، تكاليف خارجية تستحق لأطراف ثالثة خلاف المشتري والبائع. وقد تكون هذه التكاليف بيئية (الضرر الذي يلحقه التلوث بالمحاصيل) أو غير بيئية (مثل الإعانات المباشرة، وضمان الإمداد بالطاقة على الصعيد الوطني، وتكاليف البحث والتطوير، والسلع والخدمات التي توفرها الحكومة). وحساب القيم النقدية للعوامل الخارجية مسألة خلافية. بيد أنه يمكن إجراء مقارنات مفيدة إذا طبقت منهجية موحدة على جميع أنواع الوقود، كما أن هناك قدرا من الاتفاق بين الكتاب بشأن القيم. واتضح في دراسة عن التكاليف الخارجية لمصادر الطاقة المتجددة مقارنة بالفحم المستخدم في توليد الطاقة الكهربائية في اسكتلندا، أن التكلفة الخارجية للطاقة الريحية والمائية تقل عن تكلفة الكتلة الأحيائية، غير أن التكاليف الخارجية لحرق غاز مدافن القمامة والنفايات الصلبة الحضرية أعلى من ذلك. ويقدر أن التكلفة الخارجية للفحم تتراوح بين ٣,٥٥ و ٥,٤ سنتات/كيلوواط ساعة، مقابل تكلفة محاصيل الطاقة التي تتراوح بين ٠,٤٤ و ٠,٥٩ سنت/كيلوواط ساعة. وإن أخذ هذه التكاليف الخارجية في الاعتبار عند تخطيط الاستثمار في مجال بناء قدرات جديدة لتوليد الطاقة من شأنه أن يخفض من تكلفة الكتلة الأحيائية مقارنة بالفحم من ٣,١ إلى ٤,٨ سنت/كيلوواط ساعة. وهكذا فإن الكتلة الأحيائية لإنتاج الكهرباء بتكلفة تتراوح بين ٧ و ١٠ سنتات/كيلوواط ساعة ستنافس سعر الكهرباء الحالي الذي يتراوح بين ٤ و ٥ سنتات/كيلوواط ساعة.

٨٥ - وجرى بحث النهج المتوخى في تقييم التكاليف الخارجية التي تتكبدها المرافق العامة في الولايات المتحدة الأمريكية. ويأخذ ما مجموعه ٢٩ ولاية في الاعتبار العوامل الخارجية لدى تخطيط الموارد و/أو اقتنائها. ومن هذه الولايات، تفعل ذلك ٢٢ ولاية فقط بطريقة نوعية. ولا تحاول إلا خمس ولايات حساب التكاليف الخارجية بقيم نقدية، وهي كاليفورنيا وماساشوسيتس ونيفادا ونيويورك ووسكونسن. وجرى التركيز بالكامل تقريبا على العوامل الخارجية البيئية (وليس الاقتصادية أو الاجتماعية)، ولا سيما الانبعاثات الجوية. وهناك اختلاف كبير في تقييم العوامل الخارجية بين الولايات، ذلك أن القيم المطبقة بالنسبة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين ١,٢١ دولار/طن في نيويورك و ٢٥,٢٤ دولارا/طن في ماساشوسيتس. ومن بين الولايات الخمس لا تعترف سوى ولاية ماساشوسيتس بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الكتلة الأحيائية تعوض بعزل الايونات خلال النمو. وفي ماساشوسيتس يخفض ذلك من التكاليف الخارجية لمشروع للأخشاب مما يزيد على ٥ سنتات/كيلوواط ساعة إلى نحو سنت واحد/ كيلوواط ساعة.

واو - موجـــز

٨٦ - تستند أكثر أشكال طاقة الكتلة الأحيائية جاذبية من الناحية الاقتصادية إلى الفضلات العضوية للزراعة أو الحراجة أو الصناعة. وفي الحالات التي تتوافر فيها هذه الفضلات محليا هناك إقبال بالفعل على الحرق المشترك والإنتاج المشترك للحرارة والكهرباء، والتدفئة. وبالحد من تكاليف خشب المزارع وانخفاض التكاليف الرأسمالية سيزداد تحويل الكتلة الإحيائية إلى كهرباء والقدرة على المنافسة. وتتفوق تكنولوجيات التغويز المتقدمة لتحويل الخشب إلى كهرباء على المنشآت العاملة بالوقود الأحفوري ببعض الميزات المتعلقة بالتكلفة. وهذا يجعلها واعدة بوجه خاص. ولم تجرب تجاريا تكنولوجيا تحويل الكتلة الأحيائية الخشبية إلى إيثانول، وسيستلزم ذلك حدوث زيادة كبيرة في سعر النفط كي تصبح تكنولوجيا قادرة على المنافسة. وعندما تكون النتيجة منتجات ثنائية كما هو الشأن في حالة استخدام بذر اللفت لإنتاج الديزل الإحيائي يتحسن الأداء الاقتصادي. والغاز الإحيائي نفسه هو ناتج ثانوي لمعالجة الفضلات العضوية، كما أن بيع الطاقة يمكن أن يدر عائدا كبيرا. وفي المناطق النائية كثيرا ما يكون إنتاج أنواع الوقود الإحيائي أقل تكلفة من توصيل أنواع الوقود الأحفوري أو الكهرباء الشبكية. وأن دراسة التكاليف الخارجية النسبية المرتبطة بطاقة الكتلة الأحيائية مقارنة بأنواع الوقود الأحفوري ستؤدي إلى تحسين كبير للصلاحية الاقتصادية للكتلة الأحيائية. وعموما فإن أنواع الوقود الأحفوري والغازي أقل قدرة على المنافسة. بيد أنه أثبتت التجربة في البرازيل أن استخدام قصب السكر لإنتاج الإيثانول سيصبح قريبا صالحا اقتصاديا.

سادسا - متطلبات وآثار السياسة العامة

٨٧ - يجب أن يكون الهدف من أي نظام حديث لطاقة الكتلة الأحيائية:

(أ) رفع الانتاج إلى أقصى حد على أساس مستدام بأدنى حد من المدخلات؛

(ب) زيادة الفوائد الاقتصادية والاجتماعية إلى الحد الأمثل بالنسبة للمجتمعات المحلية والمجتمعات الأوسع مدى؛

(ج) استخدام واختيار المواد والعمليات الملائمة للمنشآت؛

(د) الاستخدام الأمثل للأراضي والمياه والسماد؛

(هـ) إنشاء هياكل أساسية كافية وقاعدة قوية للبحث والتطوير؛

(و) تدخيل العوامل الخارجية.

وما زال كثير من هذه العوامل غير متوفر، لا سيما بسبب الظروف السائدة في كثير من البلدان النامية.

٨٨ - ورغم أن من المتوقع أن تكون قوى السوق عوامل مؤثرة في تطوير الطاقة الأحيائية في المستقبل، تشير التجارب السابقة إلى أنه نظرا للسعر المنخفض للوقود التقليدي، والإعانات المالية الخفية، والحواجز المؤسسية فإن الدعم السياسي والمالي الأولي ضروري لنجاح الطاقة الأحيائية. ويقدم عدد من البلدان دعما من ذلك القبيل وقدمت النمسا تشجيعا سياسيا من خلال سن تشريعات مواتية وتقديم منح رأسمالية، وتمويل أرخص، وتثقيف. وفي الدانمرك، يقدم الدعم السياسي على أعلى المستويات للطاقة الخضراء والتنمية المستدامة، وخصصت فنلندا أموالا لا بأس بها للبحث والتطوير والبيان العملي. وفي السويد، تمثل الحافز على استخدام الطاقة الأحيائية في القرار القاضي بانهاء استخدام الطاقة النووية بصورة تدريجية. وفي المملكة المتحدة، تمثلت الأداة الرئيسية في الالتزام باستخدام الوقود غير الأحفوري عن طريق المناقصات العامة. واستحدثت الولايات المتحدة عددا من التدابير التشريعية والاقتصادية الرامية إلى تسهيل إدخال مصادر الطاقة البديلة. والحالة في البلدان النامية أصعب، إذ يتم إبقاء أسعار الطاقة التقليدية (الكهرباء، والغاز المضغوط السائل، والكيروسين والديزل) منخفضة بصورة مصطنعة في كثير من الأحيان عن طريق تقديم إعانات مالية لتسهيل التصنيع ولأسباب اجتماعية أخرى، ومن ثم يخصص مال قليل لدعم الطاقة الأحيائية. ولدى البلدان الكبيرة مثل البرازيل والصين والهند برامج للطاقة البديلة ذات حجم لا بأس به. فمثلا، تقدم البرازيل الدعم المالي لإنتاج الإيثانول، بينما تدعم الصين برامج الغاز الإحيائي والمراجل الخشبية. وفي الهند، التي تعتبر أول بلد أنشأ وزارة لمصادر الطاقة المتجددة، تعيق إمدادات الطاقة ذات الأسعار المنخفضة بصورة مصطنعة تطوير الطاقة الأحيائية في معظم الحالات.

٨٩ - ورغم أن الإعانات المالية المقدمة للطاقة المتجددة قد تكون مقبولة سياسيا إلى أن تبلغ نوعا من النضج، فإن قوى السوق هي التي تقوم في نهاية المطاف بالدور الرئيسي وهكذا من الأهمية بمكان تدخيل جميع تكاليف وفوائد الطاقة. وفي المناخ السياسي الحالي، من غير الممكن تقديم إعانات مالية لفترات طويلة، إذ إن أسعار الطاقة تعكس على الأرجح الأسعار السائدة في السوق الدولية.

ألف - الحوافز المالية

٩٠ - الضرائب وغيرها من الحوافز المالية أدوات معتمدة تستخدم لتشجيع مصادر معينة للطاقة. والضرائب يمكن أن تكون حواجز تعيق تعزيز مصادر جديدة للطاقة وحوافز لها على حد سواء. ففي الولايات المتحدة، مثلا، تقوم الضرائب الاتحادية بالدورين معا، ويتوقف ذلك إلى حد كبير على نوع الإجراء الضريبي. وضرائب الانبعاثات الكربونية مفهوم جديد نسبيا ولكنها يمكنها القيام بدور حاسم في المساعدة على تنفيذ مبادرات للطاقة مثل الكتل الأحيائية التي تولد كميات منخفضة من ثاني أكسيد الكربون أو لا تولد أي كميات منه. وضرائب الانبعاثات الكربونية أدوات سياسية بصفة أساسية وهي على هذا الأساس تختلف باختلاف البلدان وباختلاف الظروف. وتعالت في الثمانينات الأصوات الداعية إلى استخدام

الضرائب كطريقة فعالة لدعم الطاقة المتجددة وللحد من غازات الدفيئة. ويبدو أن هذه الدعوة خفت حدتها إلى حد ما ويعزى ذلك بصفة رئيسية إلى العداء الصناعي والقيود السياسية. وعلى الرغم من أ، قيمة الضرائب ليست عالية بالضرورة، أدت فكرة الضرائب الأعلى بالاضافة إلى الطبيعة العالمية للمشكلة دورا ضد الضرائب. غير أنه بدأ تطبيق المفهوم في بعض البلدان: ففي السويد بدأ فرض ضرائب الانبعاثات الكربونية في عام ١٩٩١ - وهي تعادل تقريبا ١٥٠ دولارا لكل طن من الكربون، وقد شملت النفط والفحم والغاز الطبيعي والبترول. أما ضريبة الانبعاثات الكربونية في النرويج فهي حوالي ١٢٠ دولارا لكل طن من الكربون.

٩١ - ويقدر أن نسبة ٠,٢ في المائة المفروضة على استهلاك الوقود الأحفوري في بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي ستسمح بجمع ٨٣٣ مليون دولار سنويا، وإذا تم إنفاق نصف الضريبة من أجل تخفيض تكلفة تكنولوجيا توليد الكهرباء الواعدة أكثر من غيرها (الطاقة الريحية، والطاقة الحرارية الشمسية، والطاقة الفولطاضوئية، وطاقة الكتل الأحيائية) يمكن تسويق هذه التكنولوجيات على نحو كامل خلال ١٠ سنوات أو ما شابه ذلك. ومثال على ذلك برنامج الالتزام باستخدام الوقود غير الأحفوري في المملكة المتحدة الذي شجع على تخفيض سعر المناقصات للطاقة الريحية من ١٤,٤ - ١٧,٦ سنتا للكيلووات في الساعة في عام ١٩٩٠ إلى ٦,٤ سنتات للكيلووات في الساعة في عام ١٩٩٤، وذلك عن طريق عملية التعلم من خلال التجارب. وبالنسبة لأرخص ٧٠ مشروعا من مشاريع الالتزام باستخدام الوقود غير الأحفوري كان متوسط قيمة العطاء بالنسبة لثلاثة مشاريع يبلغ مجموع قدرتها ٣١٦ ميغاواتا، ٦,٢ سنتات للكيلووات في الساعة، مقارنة بمبلغ ٤,٢ سنتات للكيلووات في الساعة، وهو متوسط سعر الكهرباء بالاستناد إلى الوقود الأحفوري الذي لا يشمل التكاليف البيئية والاجتماعية التي تقدر بمبلغ عال يصل إلى ٦,٤ سنتات للكيلووات في الساعة، ومجموع الإعانات المالية لمشاريع الالتزام باستخدام الوقود غير الأحفوري الثلاثة يبلغ حوالي ٢٧ - ٣٥ مليون دولار أو ما يعادل ٤٨ - ٦٤ سنتا للشخص في السنة خلال فترة العقد، ومدتها ٢٠ سنة، أي أقل من ٠,٢ في المائة من فاتورة الكهرباء التي يدفعها المستهلكون على الصعيد الوطني.

باء - اتجاهات الطاقة في المستقبل

٩٢ - ستجري أدناه دراسة ثلاثة جوانب رئيسية: الطاقة بصفة عامة والطاقة الأحيائية والوقود الإحيائي (السائل والغازي).

١ - الطاقة

٩٣ - كل الدلائل تشير إلى بروز مصفوفة أكثر تعقيدا وتنوعا لإمدادات الطاقة في المستقبل تكون فيها لمصادر الطاقة المتجددة حصة رئيسية ومتزايدة في السوق. ومن شأن شبكة لا مركزية ومتنوعة لإمدادات الطاقة أن تتيح سيطرة أكبر على المستويات الوطنية والإقليمية والمحلية. وعليه، ستزداد كفاءة استخدام الطاقة مما سيسمح بنمو اقتصادي متواصل دون حدوث زيادة بالضرورة في استهلاك الفرد للطاقة في البلدان الصناعية. وفي البلدان النامية، سيستمر الطلب على الطاقة في الازدياد بسبب نمو السكان وارتفاع

مستويات المعيشة، ولكن بمعدلات أقل بسبب التحسينات التكنولوجية. وسيستمر استخدام الوقود الأحفوري على نطاق واسع إلى فترة متقدمة من القرن القادم، ولكن دوره سيتناقص من حيث النسبة المئوية، بينما ستزداد حصة مصادر الطاقة البديلة، أو ما يسمى بالطاقة الخالية من الكربون، في السوق، ازديادا هائلا. ويمكن إلـــى حد كبير تعجيل الانتقال من شبكة للطاقة يهيمن عليها الوقود الأحفوري إلى شبكة متنوعة ولا مركزية، بفضل القدرة المتزايدة على تقاسم المعلومات وتجهيزها.

٢ - الطاقة الأحيائية

٩٤ - أصبح من الواضح أن الطاقة الأحيائية يمكن أن تكون مصدرا رئيسيا للطاقة في القرن القادم. فسيزداد استخدام طاقة الكتل الأحيائية الحديثة ازديادا هائلا بينما سينخفض الاستخدام التقليدي انخفاضا نسبيا. غير أنه بالأرقام المطلقة، من المرجح أن يستمر استخدام الكتل الأحيائية التقليدية في الازدياد بسبب نمو السكان. وسيتطلب استخدام الطاقة الأحيائية على نطاق صناعي واسع تحقيق تقدم هائل في التكنولوجيات الزراعية لزيادة الانتاجية وتخفيض التكاليف، والتكنولوجيات التحويلية، (كالتحويل إلى الغاز). وأسواق الطاقة الأحيائية الواعدة أكثر من غيرها هي لمنشآت التوليد المشترك للحرارة والطاقة وللكهرباء الأحيائية التي تستطيع أصلا أن تستخدم التكنولوجيات المستقرة بالفعل. وعلى المدى المتوسط، تستطيع التكنولوجيات الناشئة، مثل المغوزات المتكاملة للكتلة الأحيائية، والتوربينات الغازية المحقونة بالبخار والتوربينات الغازية المزودة بمغوز متكامل للكتلة الأحيائية، والدورة الجامعة لتوربينات غازية وتوربينات بخارية أن تتيح فرصا اقتصادية جديدة.

٣ - الوقود الإحيائي

٩٥ - إن الجمع بين عوامل تكنولوجية وبيئية والكفاءة العالية في استخدام الطاقة سيسمح باستحداث وقود جديد لوسائط النقل بمعدل أسرع مما كان يعتقد منذ عقد من الزمن، على الرغم من انخفاض أسعار النفط. غير ذلك سيعتمد على مزيج من العوامل السياسية والتجارية والتقنية. وسيتم الاحتفاظ بالوقود السائل العالي النوعية للنقل البري والجوي وسيظل النفط مهيمنا حتى عام ٢٠٥٠ على الأقل.

٩٦ - وسيهيمن على الوقود الإحيائي السائل الإيثانول المستخرج من قصب السكر (البرازيل)، والذرة (الولايات المتحدة)، ومحاصيل متنوعة في الاتحاد الأوروبي، وهي مناطق الإنتاج الرئيسية الثلاث. وربما تدخل كثير من البلدان المنتجة لقصب السكر في سوق الإيثانول ولكن على نطاق أصغر. وإن استخدام الإيثانول لأغراض أخرى غير النقل ربما يشمل الصناعة الكيميائية، والطهي، وضخ المياه في المناطق الريفية. أما على المدى الأبعد، فإن إنتاج الإيثانول عن طريق الحلمأة الإنزيمية من المواد الأولية المحتوية على ضروب سليلوز الخشب يمكن أن يلقى رواجا كبيرا لأنه سيصبح بالإمكان إنتاج الإيثانول بأسعار قادرة على المنافسة.

٩٧ - ويمكن أن يؤدي الميثانول والهيدروجين دورا حوالي عام ٢٠١٠ عند استخدامهما في المركبات المتحركة بالخلايا الوقودية. وسيتم في الأصل إنتاج الميثانول والهيدروجين عن طريق إصلاح الغاز الطبيعي

بالبخار، وهي أرخص الطرق على المدى القصير. وعلى الرغم من أن الشوط ما زال طويلا فإن الميثانول والهيدروجين المستمدين من الكتلة الاحيائية يمكن أن يساهما مساهمة رئيسية في سد احتياجات وسائط النقل من الوقود على أساس قادر على المنافسة ويمكن أن يقدما فوائد اقتصادية كثيرة لا سيما عند إنتاجهما في المناطق الريفية في البلدان النامية.

٩٨ - وازداد الاهتمام بالديزل الإحيائي، غير أنه، باستثناء بلدان قليلة مثل البرازيل والاتحاد الأوروبي وربما الولايات المتحدة، ستظل سوقه صغيرة ومحدودة بسبب التكاليف العالية والطلب الكبير على زيوت الطعام. وفي المناطق الريفية النائية في بعض البلدان النامية حيث توجد إمكانية كبيرة للإنتاج، يمكن أن يقوم الديزل الإحيائي بدور في تلبية الاحتياجات المحلية. فمثلا في البرازيل، ومع وجود ٠٠٠ ٤٠ قرية ريفية صغيرة معزولة، من المنطقي إنتاج الديزل الإحيائي لتلبية الاحتياجات المحلية (الإضاءة وضخ المياه إلخ) ويمكن تبرير التكلفة الأعلى على أساس التكلفة العالية لوصل هذه القرى بشبكة الكهرباء الوطنية وتكلفة نقل الديزل. وعلى المدى القصير، ربما يقتصر استخدام الديزل الإحيائي على بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي التي تستطيع لأسباب بيئية وزراعية وغير ذلك من الأسباب أن تقدم إعانات مالية عالية.

جيم - أوجه القصور الرئيسية في مجال البحث

٩٩ - على الرغم مما لطاقة الكتل الأحيائية من أهمية هائلة في كثير من البلدان النامية، ليس هناك اهتمام كاف من جانب صانعي السياسات ومخططي الطاقة بالتخطيط من أجل ادارة إنتاج الكتلة الاحيائية وتوزيعها واستخدامها. والأحكام القليلة ذات الصلة التي ربما تكون متوفرة في مجال السياسة العامة تطبق في كثير من الأحيان على نحو غير فعال بسبب مجموعة من العوامل مثل القيود المفروضة على الميزانية، والنقص في اليد العاملة، والأولوية المنخفضة، ونقص البيانات الخ. فهناك حاجة مستمرة إلى كميات أكبر بكثير من البيانات المتعلقة بجميع جوانب إنتاج الكتلة الاحيائية واستخدامها، لا سيما إذا أريد وضع طاقة الكتلة الاحيائية على قدم المساواة في مجال البحث مع الأنواع الأخرى من الطاقة. ومن شأن عدم وجود بيانات أن يعيق تخطيط الطاقة لأغراض إنتاج طاقة الكتلة الأحيائية واستخدامها. ولا يتوفر سوى عدد قليل من الدراسات المفصلة على الصعيدين الوطني والإقليمي. فمثلا هناك تدفقات قليلة من طاقة الكتلة الأحيائية على الصعيد الوطني، بخلاف الولايات المتحدة وكينيا وزمبابوي كما لا يتوافر لغرض بيان هذه التدفقات إلا نذر يسير جدا من البيانات الموثوقة. ومع ذلك فإن تدفقات طاقة الكتلة الاحيائية طرائق مفيدة جدا لتمثيل البيانات ويمكن أن توفر لمحة جيدة للظروف والفرص الوطنية والإقليمية والمحلية لتوفير الطاقة والاقتصاد في استهلاكها.

١٠٠ - وتتركز الأبحاث في مجال بيانات طاقة الكتلة الأحيائية عادة على البيانات المتعلقة بامدادات الطاقة واستهلاكها وعلى عمليات التحويل، ولا يخصص ما يكفي من الاهتمام والموارد لإجراء أبحاث أساسية عن الإنتاج والحصاد وعمليات التحويل المتكاملة. وبالإضافة إلى ذلك، أجريت أبحاث قليلة لدراسة

تدفقات السوق، والجانب الاقتصادي، ودور مباشري الأعمال الحرة في جعل الطاقة الأحيائية متاحة للاستخدامات النهائية، وما إذا كانت هذه الخدمات تقدم بطريقة مستدامة.

سابعا - الاستنتاجات

١٠١ - يشمل الاهتمام المتزايد بالطاقة الاحيائية مجموعة واسعة النطاق من المسائل - المشاغل البيئية والايكولوجية ومشاغل الاستدامة؛ والاسهام الممكن لطاقة الكتلة الاحيائية في شكليها الحديث والتقليدي على حد سواء؛ وقابلية هذه الكتلة للاستخدامات المتعددة وتوافر الطاقة الاحيائية على النطاق العالمي؛ والمنافع المحلية والنظرية السائدة في البلدان الصناعية بتنمية محاصيل الطاقة على الأراضي المتروكة جانبا؛ والتطورات التكنولوجية التي تحسن الصلاحية الاقتصادية. ولأول مرة يتم الاعتراف بالطاقة الاحيائية بوصفها مكونا هاما في العديد من تصورات الطاقة في المستقبل، يتراوح بين حوالي ١٠ في المائة وأكثر من ٣٠ في المائة من إمدادات الطاقة بحلول عام ٢٠٥٠ تقريبا. فيتنبأ تصور الطاقة العالمية المكثفة للمصادر المتجددة، مثلا، أنه بحلول عام ٢٠٥٠، سيكون بالإمكان توليد ١٧ في المائة من الطاقة الكهربائية في العالم من الكتلة الاحيائية الحديثة. وفي ضوء طبيعة الطاقة الأحيائية، التي ذكرت وتم تقييمها على نحو غير كاف في كثير من الاحصاءات الرسمية، لا يمكن القيام على نحو معقول بعرض صورة أدق. فالكتلة الأحيائية كانت لزمن طويل المصدر الرئيسي للطاقة في كثير من البلدان الفقيرة، ومكونا هاما من مكوناتها في كثير من البلدان الصناعية، ويمكن أن يكون للطاقة الاحيائية دور بازر في المستقبل بوصفها مصدرا حديثا للطاقة. غير أنها قد تكون، في أشكالها التقليدية، ذات مساهمة أقل أهمية نسبيا (ولكن ليس بالقيمة المطلقة).

١٠٢ - ومن المشاكل الرئيسية المتصلة بالأشكال التقليدية للطاقة الاحيائية، أنها تستخدم غالبا دونما كفاءة وينتج عنها قدر ضئيل جدا من الطاقة المفيدة. ويمكن التوفير بإنتاج قدر من طاقة الكتلة الاحيائية أكبر بكثير مما يجري إنتاجه حاليا بحيث يمكن إحداث زيادة كبيرة في إمكانية إنتاج الطاقة من الكتلة الاحيائية. والحقيقة إن قلّة الكفاءة في استخدام الطاقة، لا سيما في المناطق الريفية للبلدان النامية، لم تعالج على نحو كاف كما لم تحظ بالأولوية. وعندما تستعمل الطاقة الاحيائية على نحو لا يتسم بالكفاءة يمكن أن تكون ضارة من الناحية البيئية. غير أن للطاقة الاحيائية، لو تنتج بكفاءة وبطريقة قابلة للاستدامة، فوائد بيئية واجتماعية عديدة بالمقارنة مع أنواع الوقود الأحفوري. وتتراوح هذه الفوائد من التنمية الاجتماعية الاقتصادية والحد من النفايات والتخلص منها وإعادة تدوير المواد الغذائية، إلى إيجاد العمالة، والتخفيف من ثاني أكسيد الكربون، وتحسين إدارة الأراضي، وكل ذلك يتوقف على الطبيعة والتكنولوجيا المعنيتين. ومن بين مختلف الاستراتيجيات قيد النظر للتخفيف من إنتاج غازات الدفيئة، هناك خيار يحظى بالقبول هو الاستعاضة عن أنواع الوقود الأحفوري بالطاقة الاحيائية، لأن ذلك يبدو أنه استراتيجية فعالة من الناحيتين الاقتصادية والبيئية، لا سيما بالنسبة لموازنة ثاني أكسيد الكربون. واحتمال إنقاص ثاني أكسيد الكربون يتراوح من ١ غيغاطن إلى ٣,٥ غيغاأطنان في السنة.

١٠٣ - ومن دواعي القلق الرئيسية التي ربما أسيء فهمها، الأثر البيئي والايكولوجي الطويل الأجل للمزارع الكبيرة الأحادية الطاقة. وقد دلت التجارب والأبحاث الحديثة أنه يمكن تجنب معظم الآثار السلبية والتأكيد على الصفات الإيجابية باتباع الممارسات الإدارية اليقظة، والتخطيط لاستخدام الأراضي، والانتقاء المناسب للأنواع والجينات.

١٠٤ - وتوافر الأراضي وإنتاج الطاقة الاحيائية مترابطان ترابطا جوهريا. وقد أجريت عدة دراسات لتحديد كيف تتاح هذه الأراضي على نطاق عالمي للأغراض غير الزراعية. وتتراوح مساحة هذه الأراضي من ١٥٠ مليون هكتار إلى ٢٠٠ ١ مليون هكتار مما يدل على الافتقار إلى معايير كافية لتصنيف الأراضي المتردية والمهملة. وتبين هذه الدراسة وغيرها على ما يبدو أن المعوقات المتصورة بصدد الأراضي لا تقوم على أسس صحيحة، على الرغم من الأولويات المحلية لاستخدام الأراضي. ومما لا شك فيه أن هناك مساحات كبيرة من الأراضي في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة لا تستخدم للإنتاج في حين توجد في البلدان النامية المدارية مساحات كبيرة من الأراضي التي أزيلت أحراجها والأراضي المتردية، التي لا تصلح للأغراض الزراعية، والتي يمكن تعزيز قيمتها بإنشاء مزارع الطاقة الاحيائية.

١٠٥ - ومن دواعي القلق الأخرى الجديرة بالذكر التنافس بين الطاقة الاحيائية وانتاج الأغذية. ومن المسائل التي يلزم التحقيق فيها قبل القيام بتحليل مناسب لمشكلة "الغذاء أم الوقود" ما يلي: إنتاج الأغذية واستهلاكها، وأنماط التوزيع، والجوع، والافتقار إلى القوة الشرائية، وانعدام المساواة، والأراضي والحبوب المستخدمة للمواشي، والاستغلال الناقص للأراضي الزراعية، وعدم كفاية الاستثمارات، وتصدير المحاصيل، وملكية الأراضي، والحروب، والتدخل السياسي.

١٠٦ - ولقد برهن المزارعون أنهم يستطيعون إنتاج قدر أكبر من الأغذية إذا وجد الدعم المناسب (البحث والتطوير، والهياكل الأساسية، والدعم المالي، وما الى ذلك). وإذا أريد إتاحة مزيد من الأغذية لأولئك الذين لا يحصلون في الوقت الحاضر على قدر كاف منها، ينبغي إدخال التغييرات اللازمة على النظام الحالي لانتاج الأغذية وتوزيعها. ومن المهم أيضا أن نتذكر أن الأغذية والطاقة ذات علاقة متبادلة ويكمل بعضها البعض الآخر. فبرامج الطاقة الأحيائية التي ترافقها الحراجة الزراعية والزراعة المتكاملة يمكن أن تحسن من إنتاج الأغذية بتوفير الطاقة والدخل حيث يلزمان.

١٠٧ - ومن بين المنافع الاجتماعية العديدة للطاقة الأحيائية، يعتبر خلق العمالة من أهمها. فالطاقة الأحيائية التقليدية كثيفة من حيث اليد العاملة وتستخدم أعدادا كبيرة من الناس، غير المسجلين في غالب الأحيان. فإنتاج الفحم النباتي، مثلا، في البلدان الأفريقية الواقعة جنوب الصحراء الكبرى هو نشاط في مجال الطاقة والاقتصاد رئيسي، تبلغ قيمته حوالي بليوني دولار ويعمل فيه مئات الآلاف من الناس، ومع ذلك فإنه لا يحظى باهتمام الحكومات ووكالات تقديم المعونة. أما إنتاج الطاقة الحيوية الحديث فهو أقل كثافة من حيث اليد العاملة، لكنه يولّد مزيدا من الوظائف يفوق ما تولّده الأنشطة الصناعية المماثلة.

١٠٨ - ويؤدي عدد من التطورات التكنولوجية الى فتح فرص جديدة للطاقة الأحيائية كانت لعدة سنوات خلت من بين الآمال الطويلة الأجل. وقد أحرز تقدم ملحوظ في تكنولوجيات التحويل الى غاز وفي تكنولوجيات أخرى تؤدي فيها أوروبا والولايات المتحدة دور الرائد، مثل (المغوزات المتكاملة للكتلة الحيوية) و (التربين الغازي المتنوع الدورات) والحرق المشترك، والمواد الأولية الأحيائية، وما الى ذلك، كما أصبحت البرازيل والهند من الجهات الهامة في هذا المضمار. وفي مجال أنواع الوقود الإحيائي، تسيطر البرازيل والولايات المتحدة على سوق الإيثانول وتسيطر الدانمرك والصين والهند على سوق الغاز الإحيائي. والميثانول والهيدروجين المستمدان من الكتلة الأحيائية واحتمال استخدامهما في وقود المركبات الخلوية مصدران واعدان. ومعظم تكنولوجيات استخراج الطاقة من الكتلة الأحيائية لم تصل بعد الى مرحلة تستطيع قوى السوق لوحدها أن تجعل اعتماد هذه التكنولوجيات ممكنا. ويستثنى من ذلك استخدام الفضلات الزراعية والحراجية عندما تتاح بسهولة لتوليد الحرارة والكهرباء والغاز الإحيائي التي يمكن بيعها بأسعار تنافسية. ومن بين العوائق الرئيسية لدخول جميع تكنولوجيات الطاقة المتجددة الى السوق التجارية أن أسواق الطاقة الحالية تتجاهل في معظم الأحيان التكاليف والمخاطر الاجتماعية والبيئية المرتبطة بالاستخدام التقليدي للوقود، والإعانات الخفية، والتكاليف الطويلة الأجل لنضوب الموارد المحدودة، والتكاليف المرتبطة بتأمين إمدادات يعول عليها من مصادر أجنبية.

١٠٩ - وتزايد الضغوط البيئية والإيكولوجية، إلى جانب التطورات التكنولوجية، والزيادات في الكفاءة والانتاجية، تجعل مواد التلقيم المستخرجة من الكتلة الحيوية جذابة من الناحية الاقتصادية في كثير من أنحاء العالم. والآمال التجارية القريبة التحقق تقع في التوليد المشترك للحرارة والكهرباء الذي تروده صناعات العجينة الورقية والخشب باستعمال النفايات الخشبية، وتفل قصب السكر المتخلف عن صناعة السكر، وغير ذلك من الفضلات الزراعية الصالحة للاستعمال في الصناعات الزراعية.

١١٠ - وإذا أريد النجاح للطاقة الأحيائية، ولا سيما في أشكالها الحديثة، لا بد من وضعها على قدم المساواة مع أنواع الوقود الأحفوري الراسخة منذ أمد طويل ومن الضروري للقيام بذلك توفير بعض الحوافز الأولية (في شكل إعانات، أو حوافز مالية، أو ضرائب مفروضة على الكربون، أو غير ذلك). وتبين ذلك بوضوح تجربة البلدان التي لها إسهام حديث كبير في ميدان الطاقة الأحيائية. وفي الأجل الأطول لا بد من السماح لقوى السوق بأداء دورها.

١١١ - ومن الصعب للغاية التنبؤ بالاتجاهات بخصوص الطاقة. فقد تكون إمدادات الطاقة في المستقبل أكثر لا مركزية وقد تؤدي أنواع الطاقة المتجددة دورا متزايدا. فتزايد الكفاءة في استخدام الطاقة جنبا الى جنب مع التطورات التكنولوجية قد يحد من الزيادات في الطلب على الطاقة. وستظل أنواع الوقود الأحفوري تسيطر الى أمد طويل في القرن القادم، في حين أن الطاقة الأحيائية في مختلف أشكالها سوف يزداد قسطها في السوق. وسيظل النفط يهيمن على نظام النقل لكن أنواع الوقود السائل المستند الى الكتلة الأحيائية سيزداد قسطها. كما سيزداد قسط زيت الديزل المستمد من الطاقة الأحيائية في بلدان

منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي لكنه سيظل محلي الاستخدام في بعض البلدان النامية. أما الميثانول والهيدروجين المستخرجان من الكتلة الأحيائية فقد يكونا مصدرين للطاقة في الأمد الأطول.

١١٢ - وينبغي أن تعالج الثغرات الكبيرة في البحث والتطوير لا سيما عندما تتعلق بالانتاج والاستخدام المستدامين بطريقة مقبولة بيئيا. ومن المشاكل الرئيسية بالنسبة للطاقة الحيوية أنها أعطيت حتى عهد قريب أولوية منخفضة في توزيع الموارد على البحث والتطوير، والتخطيط، والتنفيذ، ولا بد من مرور زمن لعكس اتجاه هذا الإهمال.

ثامنا - التوصيات

١١٣ - ليس من الممكن ولا من المستصوب اقتراح مجموعة موحدة وشاملة من التوصيات في ضوء طبيعة الطاقة الأحيائية. إلا أنه لتسهيل العمل بالطاقة الأحيائية، يوصى بالمبادئ التوجيهية العامة التالية:

(أ) وضع سياسات واضحة تعزز وضع الطاقة الأحيائية على قدم المساواة مع مصادر الطاقة التقليدية من خلال التسعير الرشيد للطاقة؛

(ب) تقديم حوافز مالية للطاقة الأحيائية وخصوصا للمرافق والمقاولين المحليين والسماح ببيع الطاقة الكهربائية والحرارية والغازية التي تستخرجها المولدات الخصوصية من الطاقة الأحيائية؛ وتقديم رأس المال والائتمان لتشجيع الأنشطة التجارية؛

(ج) توجيه البحث والتطوير في مجالات الكتلة الأحيائية الواعدة أكثر من غيرها لزيادة إمدادات الطاقة وتحسين القاعدة التكنولوجية؛

(د) دراسة حالات النجاح والإخفاق الماضية عن كثب لمساعدة واضعي السياسات بتوصيات واعية، لا سيما فيما يتعلق بالمقبولية البيئية والاستدامة على الصعيدين المحلي والإقليمي؛

(هـ) تدخيل جميع التكاليف والمنافع الخارجية للطاقة الأحيائية؛ وتطوير المنهجيات للقيام بذلك؛

(و) وضع نظم لتوزيع الطاقة الأحيائية تسهل الاستهلاك والاستخدام؛

(ز) دراسة الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية المترابطة للطاقة الأحيائية؛

(ح) توجيه مزيد من الاهتمام الى الانتاج والاستخدام المستدامين للمواد الأولية المستخرجة من طاقة الكتلة الأحيائية، والى منهجيات التحويل، وتدفقات الطاقة التي تتسم بالكفاءة؛

(ط) تخصيص مزيد من البحث والتطوير للتخفيف من التلوث (لا سيما على الصعيد المحلي)، والى كفاءة استخدام الطاقة، وتطوير نظم أحدث للتحويل؛

(ي) تحسين بناء القدرات في مجال مهارات إدارة الطاقة الأحيائية مع الاستفادة الى الحد الأقصى من المعرفة المحلية المتاحة، وتشجيع النهج المتعددة التخصصات؛

(ك) تشجيع التنمية المستدامة لمزارع الطاقة الأحيائية ذات النطاق الواسع بغرض تخفيض التكاليف وتحقيق المقبولية البيئية؛

(ل) تحسين فرص السوق وظروفها بالنسبة للموردين المحتملين؛ وتحسين الإمدادات للأسواق المحتملة.

الحواشي

(١) الوثائق الرسمية للمجلس الاقتصادي والاجتماعي، ١٩٩٤، الملحق رقم ٥ (E/1994/25).

(٢) الوثائق الرسمية للمجلس الاقتصادي والاجتماعي، ١٩٩٥، الملحق رقم ٥ (E/1995/25)، الفصل الأول.

(٣) Hall, D. O., Rosillo-Calle, F., Scrase "Biomass: an environmentally acceptable and sustainable energy source for the future".

- - - - -