

Zeitschrift:	Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber:	Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band:	129 (2003)
Heft:	12: Courants d'air
 Artikel:	L'EPFL s'engage dans un développement durable des biocarburants en Chine
Autor:	Gnansounou, Edgard
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-99216

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'EPFL s'engage dans un développement durable des biocarburants en Chine

La consommation mondiale d'énergie s'établit à près de 10 milliards de tonnes équivalents pétrole (tep) par an, soit en moyenne 1,6 tep par habitant (fig. 1). Les énergies d'origine fossile représentent plus des trois quarts de cette consommation, ce qui pose de nombreux problèmes, à savoir : le risque d'un changement climatique global, l'épuisement à terme de ressources de pétrole, de gaz naturel et de charbon constituées pendant des centaines de millions d'années, la concentration élevée de polluants dans l'air des grandes agglomérations urbaines, en particulier celles des pays en développement.

Pour ralentir le rythme d'épuisement des énergies fossiles, on peut améliorer les performances énergétiques des équipements et/ou favoriser la pénétration des énergies renouvelables. Face aux crises ponctuelles du pétrole, l'accent a également été mis sur les économies d'énergie. Couplées aux progrès techniques, les politiques volontaristes menées dans les pays de l'OCDE ont ainsi permis de réduire les intensités énergétiques du PIB.

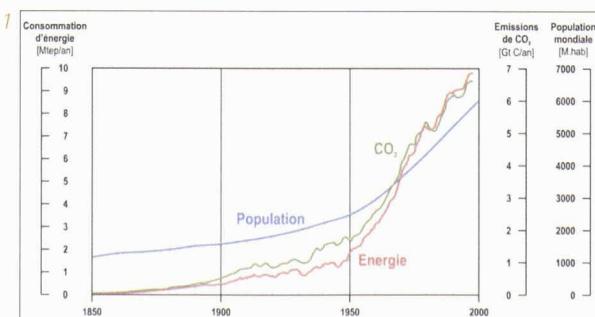
Energie et transports

Dans le cas particulier des transports toutefois, et malgré tous les efforts réalisés pour améliorer la consommation spécifique des véhicules, la demande de carburants ne cesse de croître de manière importante, ceux-ci représentant actuellement quelque 25% de la consommation annuelle d'énergie primaire. Par ailleurs, la structure de la consommation

d'énergie primaire dans ce secteur est presqu'exclusivement dominée par le pétrole, dont la part est passée de 92% en 1960 à 98% en l'an 2000.

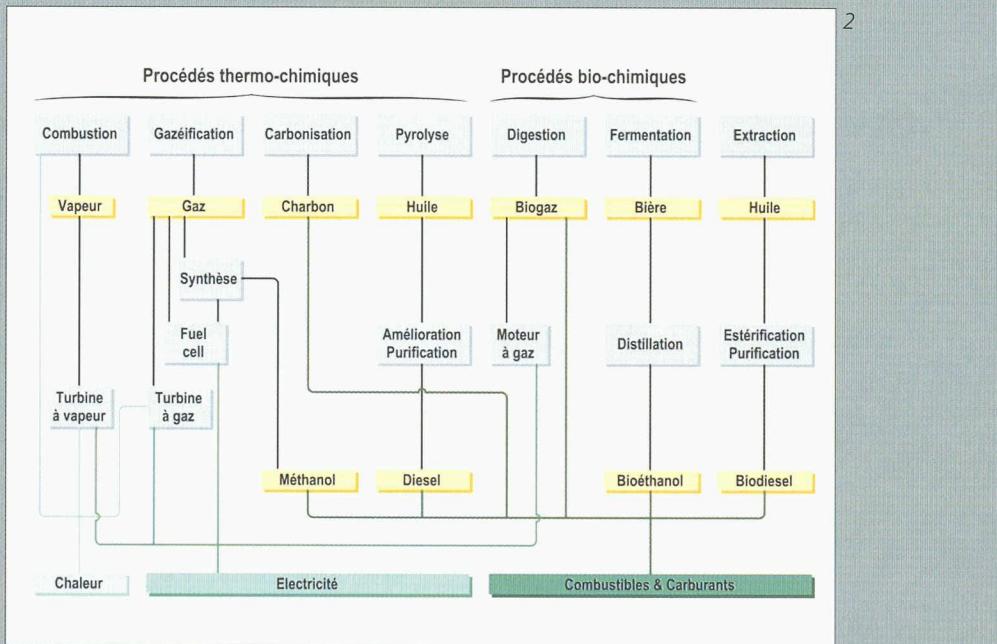
Le secteur des transports est donc particulièrement vulnérable en cas de crises pétrolières et, en raison de son poids économique, susceptible de répercuter son dysfonctionnement à l'ensemble de l'économie. La crainte généralisée d'un épuisement des ressources pétrolières à la fin des années 1970 avait du reste installé dans les esprits la rupture de l'approvisionnement en pétrole comme un risque majeur d'insécurité énergétique. Entretemps, la découverte de nouveaux gisements de pétrole et le recul de la part de marché des pays de l'OPEP, le ralentissement de la croissance économique dans les pays de l'OCDE, ainsi que la baisse de l'intensité de consommation en pétrole du PIB dans ces pays ont contribué à dissiper cette crainte, allant même jusqu'à favoriser un optimisme exagéré sur l'élimination des risques liés à l'approvisionnement en pétrole. C'est oublier que la consommation des ressources pétrolières continue à croître de manière rapide dans nombre de pays en développement et que, celles-ci demeurant limitées, les prix du pétrole évolueront invariablement à la hausse. A partir de quelle année une telle tendance s'amorcera-t-elle ? Il est difficile de répondre précisément à cette question, car beaucoup dépendra de la croissance économique mondiale et de sa structure, en particulier des modes de consommation énergétiques dans les pays en développement.

Dans ce contexte, et outre ses avantages environnementaux, l'option biocarburant apparaît donc comme un élément important de promotion d'une croissance économique sans à-coups, nécessaire au développement pacifique des relations internationales. La géopolitique du pétrole est en effet une source permanente de luttes et de conflits, qui n'iront qu'en s'aggravant au fur et à mesure que l'or noir se fera rare. Or les coûts anticipés liés à la prévention de guerres programmées et à leur maîtrise pourraient bien dépasser les surcoûts occasionnés par une introduction massive de biocarburants et un financement accru de la recherche scientifique visant à rendre ceux-ci plus compétitifs.



Une diversité de filières

Il existe de nombreuses filières de biocarburants parmi lesquelles on peut retenir les deux principales que sont le bioéthanol et le biodiesel (fig. 2).



L'éthanol ou alcool éthylique

Il est obtenu par fermentation de sucres simples (essentiellement glucose) présents dans des plantes au jus sucré (canne à sucre, betterave sucrière, sorgho sucré, etc.), dans des plantes amylacées (maïs, blé, patate douce, manioc) ou dans des matières lignocellulosiques (herbe, résidus agro-forestiers, bois, etc.). Contrairement aux jus sucrés, l'amidon des biomasses amylacées, la cellulose et l'hémicellulose des biomasses lignocellulosiques doivent être hydrolysés pour être transformés en glucose. Si l'hydrolyse de l'amidon est techniquement bien maîtrisée, ce n'est en revanche pas le cas de l'hydrolyse - en particulier enzymatique - des matières lignocellulosiques. L'intérêt de cette dernière filière réside dans l'abondance et la diversité des ressources lignocellulosiques et la possibilité d'éviter la concurrence entre usages alimentaires et énergétiques de la biomasse.

Le biodiesel ou ester méthylique d'huile végétale

Il est obtenu par estérification de l'huile extraite de biomasses oléagineuses (colza, soja, etc.). Le biodiesel reste intimement lié à la filière alimentaire et des expériences sont notamment menées en Allemagne sur l'utilisation des huiles de récupération, dont l'huile usagée des friteuses par exemple.

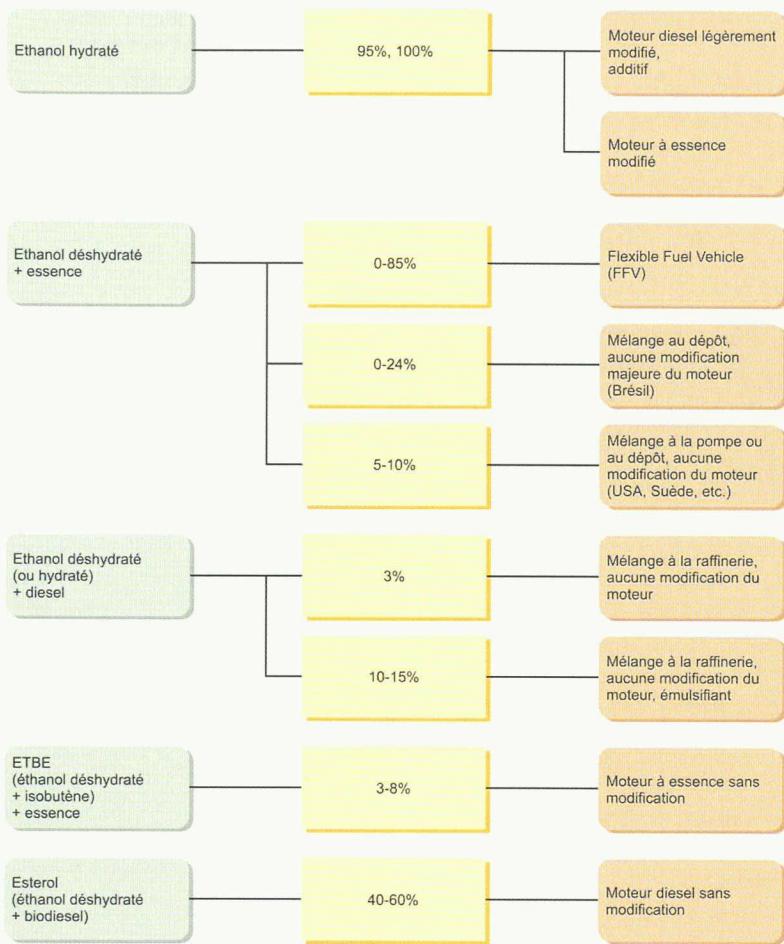
Autres biocarburants

Biogaz: fabriqué par méthanisation de déchets biodégradables, le biogaz est constitué essentiellement de méthane. Il peut être purifié et utilisé au même titre que le gaz naturel.

Biométhanol: obtenu par gazéification de matières lignocellulosiques suivie d'une synthèse catalytique. Le méthanol est un alcool qui présente des caractéristiques de combustion similaires à celles de l'éthanol, mais il est plus toxique.

ETBE (éthyl-tertio-butyl-éther): obtenu par synthèse de l'éthanol et de l'isobutène, un composé du pétrole.

MTBE (méthyl-tertio-butyl-éther): comparable à l'ETBE, à la différence près que le méthanol y remplace l'éthanol.



Actuellement, le bioéthanol est essentiellement exploité sous forme de mélange avec l'essence et dans une moindre mesure avec le diesel (fig. 3). Pour une proportion de bioéthanol dans l'essence allant jusqu'à 25% en volume, les moteurs classiques peuvent être utilisés sans aucune modification; au-delà de ce seuil, il faut des moteurs spécialement conçus. Dans la pratique - mis à part le Brésil qui utilise à grande échelle le bioéthanol carburant sous sa forme pure dans des moteurs spéciaux -, l'usage le plus répandu est le mélange à l'essence avec un taux d'incorporation de 10% au plus.

Reste que les biocarburants, et le bioéthanol en particulier, sont promis à un développement important dans les prochaines décennies (fig. 4).

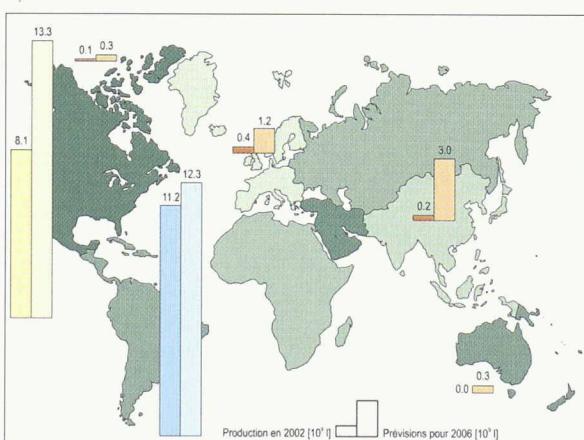
Les USA et l'Union européenne

Suite à l'interdiction du MTBE dans plusieurs Etats de l'Union, le marché du bioéthanol est appelé à y connaître une expansion qui fera des USA le premier producteur mondial en 2010, devant le Brésil. Il est prévu que la production triple par rapport au niveau actuel et, à côté de la filière « maïs » qui devrait continuer à jouer un rôle important, la filière lignocellulosique devrait se développer; la première installation commerciale de transformation en bioéthanol de résidus agricoles est prévue pour 2004/2005.

En Europe, les biocarburants représentaient quelque 0,3% de la consommation de diesel et d'essence des Quinze en l'an 2000, mais seuls six pays avaient contribué à cette pénétration du marché: France, Allemagne, Italie, Espagne, Suède, Autriche. En octobre 2001, la Commission Européenne a donc proposé un plan d'action visant à promouvoir les « biocarburants et d'autres carburants de substitution dans les transports routiers », avec l'objectif ambitieux de porter la part des biocarburants à 8% en 2020 et, de manière générale, à remplacer à cette échéance 20% des carburants traditionnels par des carburants de substitution dans le secteur des transports routiers.

La Suisse

Environ deux millions de litres de biodiesel sont produits chaque année en Suisse à partir de l'huile de colza et la filière est activement subventionnée. Quant au bioéthanol, il n'est actuellement utilisé en Suisse comme carburant que de manière très marginale. Reste que la société Alcosuisse, principal fournisseur d'alcool industriel dans le pays, est désireuse de développer le marché du bioéthanol carburant dans le cadre de sa stratégie de diversification; malheureusement, les conditions qui ont permis le développement du bioéthanol ailleurs dans le monde ne sont guère réalisées en Suisse.



Production et utilisation actuelles, perspectives des biocarburants

Parmi les biocarburants, c'est le bioéthanol qui fait l'objet de la production la plus importante à l'échelle mondiale. Le Brésil en est le principal producteur avec 11,2 milliards de litres en 2002, suivi des USA (8,1 milliards de litres en 2002). Viennent ensuite le Canada (150 millions de litres en 2001) et la France (116 millions de litres en 2002). Au Brésil, le bioéthanol est fabriqué à partir du jus de la canne à sucre alors qu'aux USA, la principale matière première est le maïs, suivi du blé. Quant à la France, elle fait principalement appel à la betterave sucrière.

Fig. 3 : Utilisations de l'éthanol carburant (en mélange avec l'essence); part d'éthanol, en volume, dans le mélange

Fig. 4 : Production actuelle (2002) et prévisions (2006) de la production de bioéthanol carburant

Politique volontariste

Contrairement aux cas des USA et de l'Union européenne, il n'existe pas encore en Suisse de volonté affichée de soutenir les filières des biocarburants. Cela s'explique en grande partie par la cherté de l'activité agricole autochtone et, en l'état, par la nécessité d'accroître les subventions allouées à l'agriculture non alimentaire qui déclouerait d'une option de développement des biocarburants.

La niche du MTBE

En Suisse, la consommation de MTBE concerne essentiellement l'essence avec un indice d'octane de 98; or la part marginale et en décroissance de ce type de carburant sur le marché n'en fait pas un créneau susceptible d'impulser une dynamique en faveur du développement du bioéthanol en Suisse.

Objectifs liés au protocole de Kyoto

Contrairement à l'Union européenne, qui inclut le développement des biocarburants comme un moyen pour atteindre les engagements pris à Kyoto, la Suisse mise essentiellement sur l'efficacité énergétique par le biais de son programme de politique énergétique et climatique (SuisseEnergie). Dans le secteur des transports routiers, le programme SuisseEnergie a ainsi mis la priorité sur les engagements volontaires des importateurs de véhicules en vue de réduire les émissions de CO₂ des nouveaux véhicules.

Avenir des biocarburants en Suisse

Il n'est pas à exclure qu'à l'instar de l'Union européenne, les pouvoirs publics suisses n'engagent finalement une politique plus volontariste de soutien aux filières de biocarburants. Cela pourrait avant tout découler du constat que la seule amélioration des performances des véhicules ne suffira pas à atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ du secteur des transports. Dans une telle perspective, et compte tenu de la cherté de l'agriculture suisse, un saut qualitatif pourrait être obtenu si les pouvoirs publics appuyaient les filières avancées basées sur les produits non alimentaires, en particulier la biomasse lignocellulosique. Une autre raison de soutenir ce type de filière en Suisse est le développement de technologies de pointe. Aussi bien dans l'hydrolyse enzymatique, que dans la production de cellulases bon marché, en passant par la co-fermentation des pentoses et des hexoses, l'extraction en continu de l'éthanol lors de la fermentation et l'intégration des processus, de nombreux défis doivent être relevés par la recherche scientifique avec, au bout du chemin, un marché potentiel d'exportation de technologies à moyen

et long terme qui englobera aussi bien des pays industrialisés que les régions à économie émergente.

Le projet ASIATIC : un tremplin pour la recherche sur le bioéthanol à l'EPFL

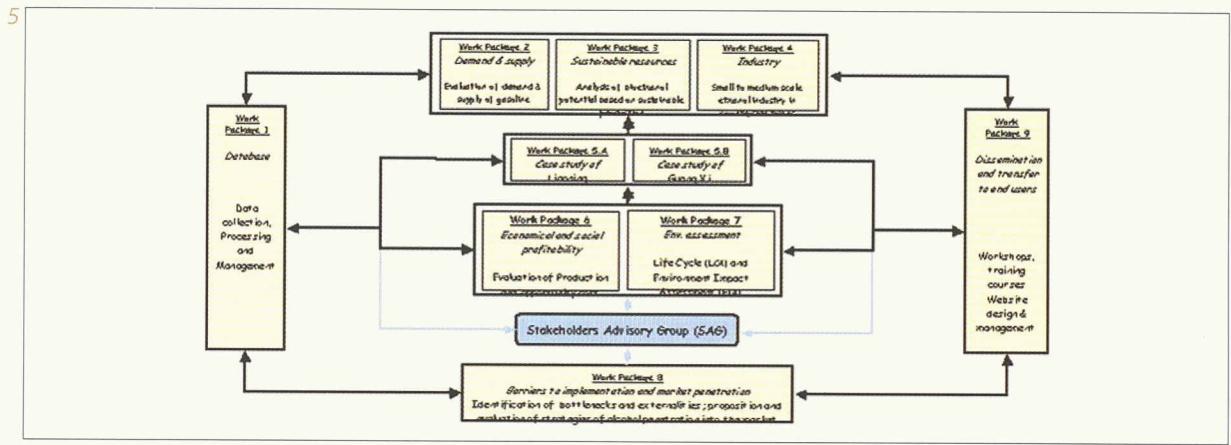
Le Laboratoire de systèmes énergétiques (LASEN) ainsi que d'autres unités de recherche de l'EPFL sont actifs depuis plusieurs années dans la recherche sur le bioéthanol. Avec huit autres partenaires, dont deux en Europe et six en Chine, le LASEN étudie les conditions d'une introduction massive du bioéthanol carburant en Chine. Démarré en septembre 2002, le projet ASIATIC (Agricultural and Small to Medium Scale Industries in Peri-Urban Areas Through Ethanol Production for Transport In China) est co-financé par la Commission européenne et l'Office fédéral pour l'Education et la Science.

Le contexte chinois

L'introduction du bioéthanol comme carburant en Chine intervient dans un contexte caractérisé par deux facteurs principaux : d'une part, le passage à l'essence sans plomb en l'an 2000 a fourni une niche pour le bioéthanol comme additif, d'autre part la surproduction de maïs et la nécessité de protéger les revenus des agriculteurs ont poussé les pouvoirs publics chinois à expérimenter la production et l'utilisation du bioéthanol dans quelques provinces. Dans un tel contexte, le projet ASIATIC cherche à proposer des stratégies pour une pénétration durable de ce biocarburant dans le système énergétique chinois. Des caractéristiques particulières à ce pays confèrent au projet ASIATIC une spécificité propre, sans pour autant faire obstacle au développement de connaissances transposables à d'autres pays et régions du monde.

Peuplée de 1,3 milliard d'habitants, la Chine enregistre en effet une croissance rapide de sa consommation d'essence, due à la fois au dynamisme de son économie et à la libéralisation du marché de l'automobile. La vente annuelle de véhicules automobiles est estimée à quatre millions et le marché est appelé à poursuivre sa tendance à la hausse durant une longue période en raison du faible taux actuel de motorisation des ménages chinois. Or face à l'impact attendu d'une telle perspective sur les importations de pétrole et les émissions de CO₂ en Chine, le bioéthanol constitue une option intéressante pour en limiter les retombées, mais à certaines conditions.

Pour un pays comme la Chine, la sécurité alimentaire constitue une priorité absolue. D'un point de vue éthique, il n'est donc pas acceptable de concevoir une filière bioéthanol à long terme sur la base exclusive de produits agricoles destinés à l'alimentation. L'autre écueil à éviter est la compéti-



tion avec l'agriculture au travers d'une utilisation accrue de ressources naturelles, en particulier du sol et de l'eau. Le projet ASIATIC permettra donc d'étudier soigneusement les conditions de développement durable de cette filière en Chine et ce, en étroite coopération avec les acteurs du secteur et les décideurs chinois.

La méthodologie

S'agissant d'un projet qui doit combiner des aspects technologiques, socio-économiques, environnementaux et des

facteurs de nature décisionnelle, il paraît normal qu'une approche holistique soit privilégiée. La figure 5 illustre celle qui a été adoptée dans le projet ASIATIC.

Après avoir analysé l'évolution à long terme de la demande d'essence, on évalue le marché potentiel de bioéthanol carburant en fonction de différentes stratégies d'utilisation. L'infrastructure actuelle d'approvisionnement en essence est également étudiée afin de rechercher les adaptations nécessaires pour faire face à l'introduction du bioéthanol sur le marché. Les ressources de biomasse pour produire les quan-

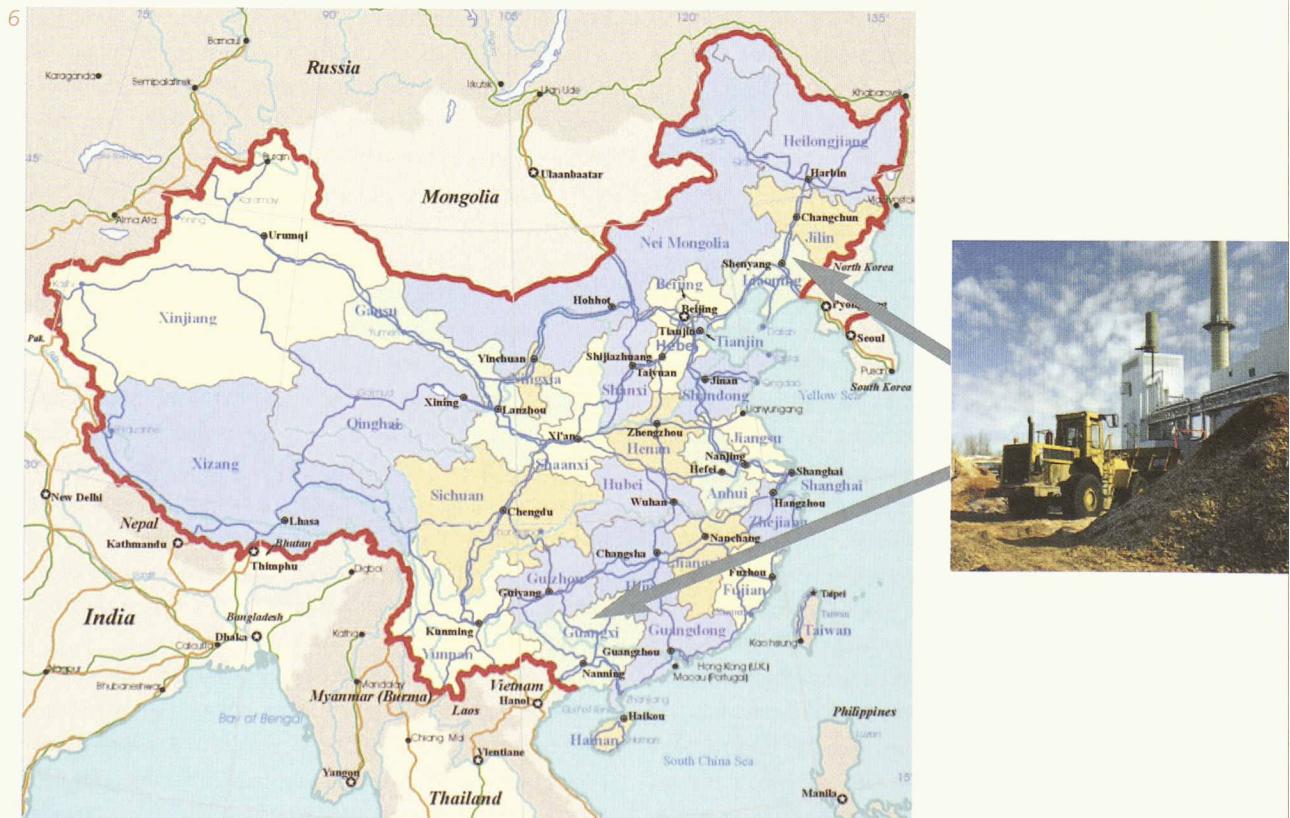


Fig. 5 : Méthodologie adoptée dans le projet ASIATIC

Fig. 6 : Deux études de cas dans les provinces chinoises de Liaoning et de Guang Xi
(Carte 1993 Magellan Geographix SM Santa Barbara, CA (800) 929-4627)

Fig. 7 : Exemples de biomasses : a) sorgho sucré, b) copeaux de bois, c) manioc

tités requises de bioéthanol sont ensuite estimées, et les conditions durables de leur disponibilité établies. Cela suppose le choix simultané de la technologie de conversion (mode de conversion et taille de l'installation).

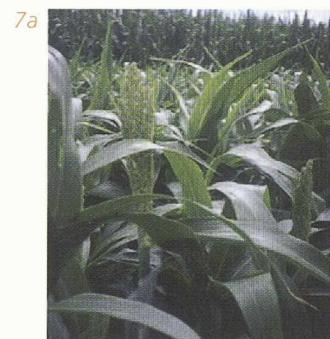
Une fois formulées avec les acteurs, les stratégies de production et d'utilisation du bioéthanol sont évaluées du point de vue technique, socio-économique et environnemental. Les données de base et les diverses informations nourrissent ensuite un processus d'interactions impliquant l'équipe de recherche, les décideurs et l'ensemble des acteurs représentés dans un groupe d'accompagnement du projet.

Un projet complexe et stimulant

La complexité du projet réside dans l'approche intégrée et holistique adoptée qui implique de traiter la question du bioéthanol carburant en Chine de manière globale, contrairement à une démarche classique d'évaluation de projet. Un facteur de complexité supplémentaire réside dans l'indispensable dialogue à instaurer entre chercheurs issus d'universités européennes et scientifiques chinois, chacun venant de disciplines différentes.

Le projet se développe autour de deux études de cas : la province du Liaoning au Nord et celle de Guang Xi au Sud (fig. 6). Dans la première, les biomasses visées sont le sorgho sucré (fig. 7a) et les résidus agricoles (fig. 7b), tandis que dans la seconde - où de nombreuses terres sont peu propices à la production agroalimentaire - , le manioc (fig. 7c) est envisagé comme un des produits de base pour la production du bioéthanol.

Les groupes d'accompagnement ont été mis en place en février 2003 dans ces deux provinces, à l'issue d'un processus de dialogue entre l'équipe de recherche et les décideurs. Les ateliers organisés à cette occasion ont permis de recueillir les opinions, préoccupations et suggestions des acteurs par rapport à l'introduction du bioéthanol en Chine en général et dans ces deux provinces en particulier. Ces éléments viennent nourrir les travaux de l'équipe de recherche et les résultats issus des modèles de simulation nourrissent à leur tour le dialogue avec et entre les acteurs. Le LASEN est directement impliqué dans l'analyse de la demande de carburant, celle des effets macro-économiques et l'évaluation intégrée de la conversion de la biomasse en éthanol. Sur ce dernier point, nos travaux concernent en particulier l'influence de la taille des installations sur le coût de production du bioéthanol. Reste la tâche, qui n'est pas des moindres, de concevoir une méthodologie appropriée pour interagir avec les acteurs, un domaine dans lequel notre laboratoire est fortement impliqué dans le cadre de ce projet. Les résultats attendus sont la



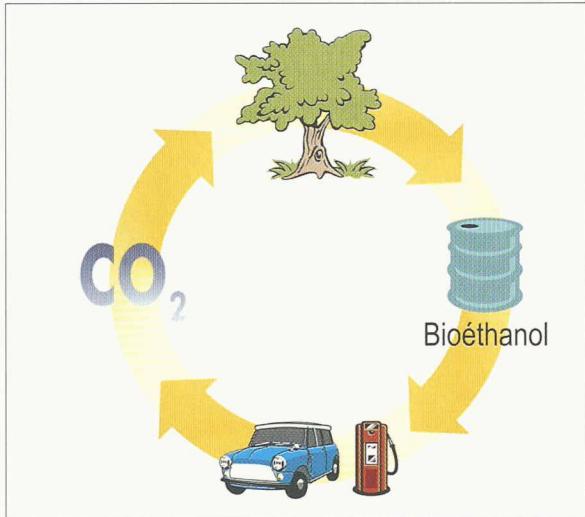
mise en place de stratégies ambitieuses de production et d'utilisation durable du bioéthanol carburant en Chine. Parallèlement à ce travail de nature stratégique, des projets connexes sont en cours visant à construire des installations pilotes et d'autres équipements de taille commerciale en particulier dans la province de Guang Xi.

Conclusions

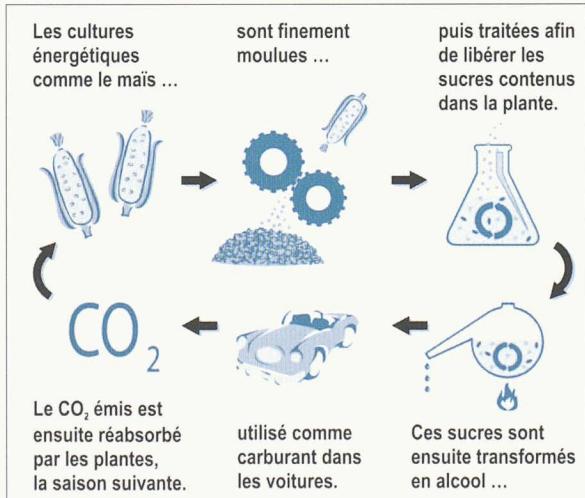
La dépendance excessive du secteur des transports routiers par rapport au pétrole est un important facteur de vulnérabilité des économies, aussi bien au sein de l'OCDE que dans les pays peu industrialisés. Dans le cas particulier des pays de l'Union européenne (Europe des Quinze), la dépendance des approvisionnements extérieurs atteindra 90% avant l'année 2030 pour le pétrole. Mais au-delà des considérations de dépendance énergétique, l'enjeu principal est d'éviter de fortes variations des prix du pétrole, qui risquent d'obérer la croissance économique, en particulier dans les pays importateurs en voie de développement. De ce point de vue, mais également du point de vue des avantages au niveau des impacts environnementaux, les biocarburants présentent un potentiel important, qui mériterait d'être valorisé au travers d'une politique volontariste.

Fig. 8a et 8b : Neutralité du cycle du CO₂ dans la filière éthanol
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur)

8a



8b



Selon les évaluations de l'Union européenne, avec un prix du pétrole à 25 euros le baril, les biocarburants ne sont pas actuellement compétitifs sans subvention. Les coûts de production s'établissent à 0,50 euros/litre pour un biocarburant (bioéthanol ou biodiesel) et à 0,2-0,25 euros/litre pour le diesel d'origine fossile. Et en Suisse, le bioéthanol carburant coûterait entre 0,75 et 0,90 euros/litre à la production. Cela étant, les biocarburants n'en offrent pas moins de nombreux avantages :

- en comparaison des carburants fossiles, les biocarburants permettent une réduction des émissions nettes de CO₂ de deux tiers par litre, réduction qui dépend toutefois des énergies utilisées tout au long de la filière du biocarburant et qui peut changer de manière significative d'une technologie à l'autre (fig. 8a et 8b) ;
- dans les pays de l'Union européenne, le surcoût à consentir pour remplacer 2% des carburants fossiles par des biocarburants se trouverait annulé si cette mesure entraînait une baisse de 1% des cours mondiaux du pétrole ;
- dans l'Europe des Quinze, une part de marché de 1% de biocarburants dans la consommation totale de carburants créerait ou maintiendrait entre 45 000 et 75 000 emplois en grande partie dans des zones rurales.

Toutes ces économies externes justifient la mise en place de mesures d'incitations fiscales et autres pour rendre compétitives les filières des biocarburants. Parallèlement, il faudra cependant veiller à encourager la recherche de manière significative afin de parvenir à une baisse sensible des coûts de production des biocarburants dans un avenir proche. Dans cette optique, l'importance que le 6^e Programme cadre européen de recherche et développement accorde aux biocarburants constitue un signe positif et il faut espérer que la Suisse adopte la même voie rapidement. Du fait de la nature globale des émissions de CO₂, l'introduction du bioéthanol en Chine ou dans tout autre pays nous concerne tous et cela justifie l'implication de l'EPFL dans le projet ASIATIC. Outre les retombées en matière de recherche méthodologique, c'est aussi une chance pour la Suisse de se profiler sur un marché promis à un brillant avenir. Mais pour y parvenir, il convient là aussi de soutenir de manière active la recherche scientifique et technologique sur les biocarburants menée dans les grandes écoles suisses, travaux qui portent sur chaque maillon de la chaîne de conversion de la biomasse en éthanol, ainsi que sur l'utilisation de ce carburant d'avenir.

Edgard Gnansounou, dr. ing. civil
Laboratoire de systèmes énergétiques - LASEN
ICARE/ENAC/EPFL
Ecublens, CH - 1015 Lausanne