# Le méthanol comme vecteur énergétique

Autor(en): **McCormick, Mark / Steiner, Beat**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **104 (2013)**

Heft (12)

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856571

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Le méthanol comme vecteur énergétique

## Le projet $CO_2$MeOH de la HES-SO évalue l'utilisation du méthanol pour le recyclage du $CO_2$

Le méthanol, un carburant écologique produit à partir d'hydrogène et des rejets de $CO_2$, présente d'importants atouts qui en font un candidat pour contribuer au remplacement d'une partie de l'énergie d'origine fossile ou nucléaire consommée actuellement. Le projet de recherche $CO_2$MeOH, actuellement en cours à la Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO), prépare la technologie de capture du $CO_2$ et de production et d'intégration du méthanol dans notre système de production et de consommation d'énergie.

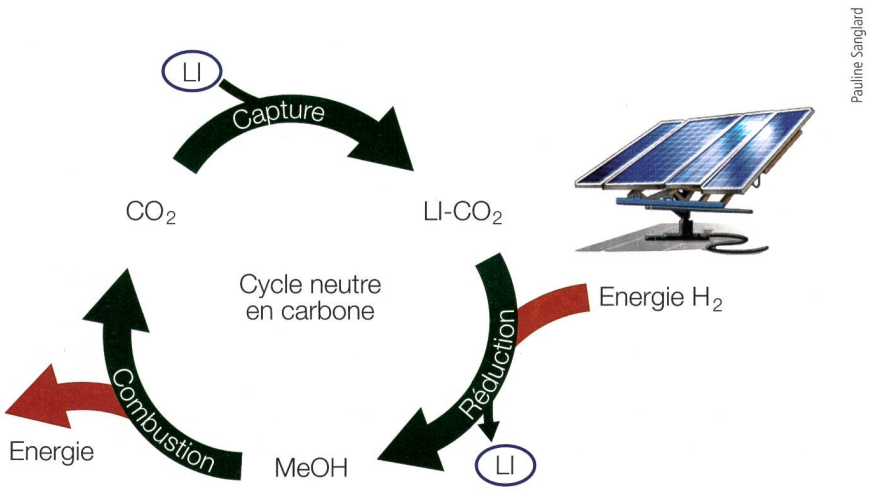
**Mark McCormick, Beat Steiner**

Notre société dépend des vecteurs énergétiques pour assurer son confort et sa productivité. Ce système de vecteurs énergétiques est constitué de boucles fermées pour les renouvelables comme l'hydraulique et la biomasse, ainsi que de boucles ouvertes pour les combustibles fossiles et nucléaires ou le solaire. Les boucles ouvertes sont problématiques lorsque la source est limitée ou lorsque les déchets génèrent des nuisances comme le changement climatique induit par les émissions de $CO_2$. S'impose donc la question de savoir s'il est possible d'apporter des modifications au système qui permettent de partiellement fermer les boucles des vecteurs énergétiques fossiles. L'approche présentée dans ce projet consiste à capter le $CO_2$ avant ou après émission pour le transformer en un combustible ou carburant et ainsi reconnecter les flux de déchets aux flux de source et boucler le cycle de carbone.

Par définition, un système d'énergie doit pouvoir extraire de l'énergie à partir de la ressource naturelle, la déplacer dans une forme convenable et finalement livrer de l'énergie ayant les caractéristiques nécessaires pour produire l'effet utile désiré [1]. Un vecteur énergétique permet de relier la source primaire au consommateur. Les vecteurs énergétiques résultent de plusieurs opérations sur l'énergie primaire, et ce, indépendamment de sa source: extraction, transformation en forme utile, transport et stockage. Les qualités d'un bon vecteur énergétique sont la facilité et l'efficience de sa production, son déplacement et son stockage efficaces sous une forme pratique pour finalement produire les effets désirés du point de vue du consommateur. Le vecteur énergétique doit aussi correspondre aux exigences économiques tout en respectant l'environnement et en minimisant l'externalisation sur la société des coûts de son utilisation. Des exemples de vecteurs énergétiques actuellement utilisés sont le courant électrique (réseau, piles non rechargeables), les combustibles (le mazout, le gaz naturel et les granulés de bois) et les carburants (essence, diesel, gaz non comprimé). Le potentiel d'amélioration de la performance énergétique et environnementale des vecteurs énergétiques est très grand.

### État actuel

Selon l'Office fédéral de l'énergie, environ 53 % de l'énergie consommée en Suisse arrive à son consommateur par le vecteur d'un produit pétrolier, 24 % par des lignes électriques et environ 13 % par une conduite de gaz naturel. Les sources primaires d'énergie sont le bois et les déchets solides (environ 8 %), le pétrole (environ 40 %), le nucléaire (environ 25 %), l'hydraulique (environ 10 %), le gaz naturel (environ 10 %) et les énergies renouvelables (<2 %, hormis l'hydraulique) [2]. Le rendement global du système de l'acheminement, stockage et transformation d'énergie primaire en énergie finale à l'intérieur de la Suisse est de 76 %. Ce calcul de rendement ne tient compte ni des rendements d'extraction, de transport et de transformation à l'extérieur de la Suisse ni du rendement de la machine consommatrice. Dans le cas d'une voiture à moteur à combustion interne, par exemple, le rendement de




Pauline Sanglard

**Figure 1** Le cycle neutre en carbone.

Pauline Sanglard

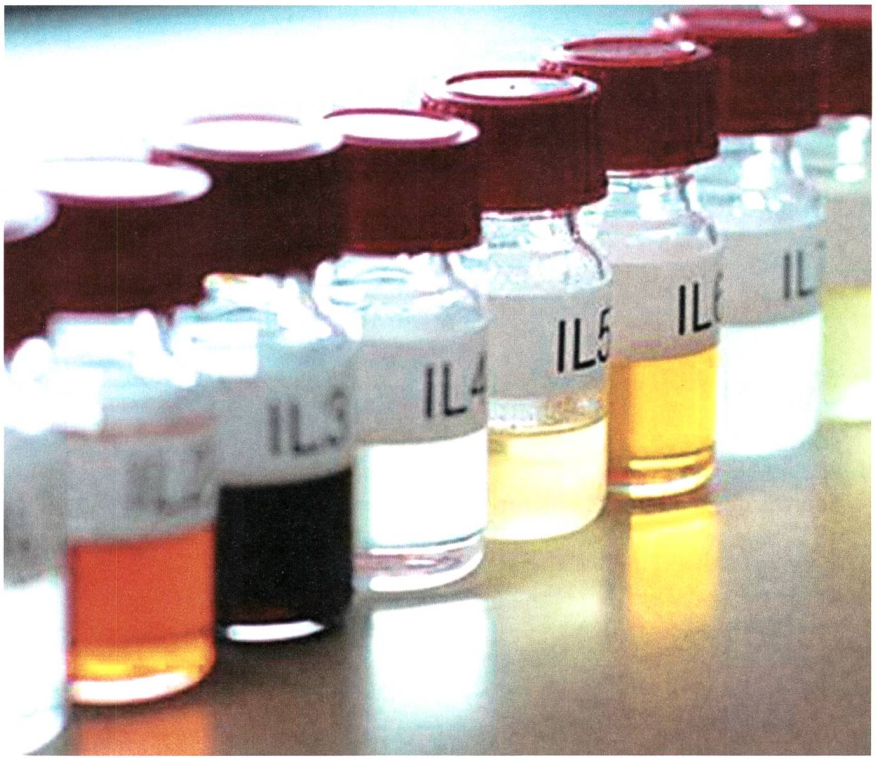



**Figure 2** Des liquides ioniques.

l'énergie transmise à la route sur l'énergie contenue dans le carburant dans le réservoir est compris entre 14 et 26 % [3].

### Production d'énergie utile

Evaluée dans sa totalité, l'industrie d'extraction et de production de produits pétroliers gaspille une quantité importante d'énergie et ne recycle que peu de matière. Par contre, la production de carburants à partir de biomasse est un vrai recyclage de carbone. Pourtant, l'adoption des technologies actuelles de valorisation de la biomasse impliquerait d'énormes difficultés de logistique d'approvisionnement de la matière première et un mauvais rendement énergétique de transformation.

Malgré la baisse importante du prix des capteurs photovoltaïques, la production d'énergie solaire reste plus coûteuse que la production dans une centrale à charbon ou à gaz. Dans certains cas, les éoliennes peuvent produire de l'électricité à un prix concurrentiel. Toutefois, le stockage et le renforcement des lignes de transport de l'électricité produite demeurent des défis non résolus. Bien que la production d'électricité par technologie nucléaire soit relativement bon marché, des problèmes de sécurité et d'élimination des déchets pourraient limiter l'adoption de cette technologie. Malgré les développements récents en matière de production de gaz de schiste, les énergies fossiles sont épuisables et leur extraction devient de plus en plus compliquée technologiquement et politiquement parlant. Si les réserves en sources fossiles peuvent encore être considérées comme nombreuses, le problème d'émission de $CO_2$ associé se pose en aval de leur combustion.

### Transport et consommation d'énergie

En règle générale, le transport d'énergie pénalise son efficacité. S'il est nécessaire de transporter de l'énergie, sa densité énergétique et les pertes lors du transport constituent des facteurs très importants à prendre en considération. Grâce à sa densité énergétique, sa facilité de transport et d'emploi avec des technologies bien rodées et une inertie politique favorable, l'essence est encore un vecteur énergétique valable pour la mobilité au moins d'un point de vue économique. Cher à produire et ayant une densité énergétique environ 25 fois inférieure à l'essence (36 MJ/litre), la batterie lithium-ion (1,5 MJ/litre) utilisée dans des voitures électriques présente des désavantages majeurs qui limitent son utilisation à grande échelle. La technologie et les réseaux de distribution existants font que le gaz naturel convient à certaines applications comme le chauffage et la production d'électricité dans les grandes centrales. Toutefois, le gaz convient moins bien pour des applications de mobilité comme la voiture, l'aviation ou le transport maritime. Dans le cas du transport par lignes électriques, les pertes en énergie sont estimées à 7% ou 14 TJ par année en Suisse - un chiffre péjoré par les transits internationaux d'énergie électrique. Par conséquent, toute technologie de production d'électricité est pénalisée par les pertes importantes d'énergie lors de son transport dans les lignes électriques et le stockage extrêmement limité en efficacité et en volume.

### Pertes d'énergie dans le système actuel

Le rendement énergétique désigne le rapport entre l'énergie utilisée et l'énergie primaire à sa source de production.

$\eta$ = Eutile / Esource

Où l'énergie utile est calculée par soustraction des pertes. [1)]

La perte d'énergie entre la source et l'utilisation finale est élevée. Dans le cas du pétrole, les pertes énergétiques sont comprises entre 6 et 20 % pour l'extraction, environ 1 % pour le transport et entre 7 et 16 % pour le raffinage [2] et [4]. Dans le cas de la voiture à moteur à combustion interne, avant de produire l'effet désiré, environ 80 % de l'énergie primaire est perdue et le rendement global du vecteur énergétique (puits-roue) est inférieur à 20 %.

Les principaux modes de consommation d'énergie sont le moteur à combustion interne, le brûleur et l'appareil électromécanique. Toutes ces technologies datent d'avant le 20e siècle. Le choix des vecteurs énergétiques utilisés aujourd'hui semble conditionné par l'inertie économique des réseaux de fourniture et par les appareils consommateurs. Charger la batterie d'une voiture électrique à domicile est simple car le consommateur bénéficie de toute l'infrastructure existante pour soutirer le courant d'une prise. Or, repenser le système d'approvisionnement amènerait peut-être à la conclusion que charger une batterie n'est pas le meilleur moyen de stocker de l'énergie pour les longs trajets.

## Le futur proche

Les vecteurs énergétiques du futur vont répondre aux demandes actuelles revenant à minimiser les pertes d'énergie et à recycler les matières. La meil-

leure approche consiste à développer de nouvelles technologies de production d'énergie qui présentent un meilleur taux de conversion en énergie utile et qui créent des cycles fermés de matière. En ce qui concerne cet objectif, on parle depuis des décennies de systèmes d'écologie industrielle où « la consommation de matière et d'énergie est optimisée et les effluents d'un processus servent de matière première à d'autres processus » [5]. Ce concept semble présenter un bon sens évident. Pourtant, il existe relativement peu d'exemples de sa mise en application. Pourquoi ? Une explication possible est la difficulté réelle d'accorder la forme et la quantité des vecteurs de matière et d'énergie échangés entre les processus. La philosophie de l'écologie industrielle est donc contraire à la tendance actuelle d'externaliser tout ce qui n'est pas directement lié à l'activité principale des entreprises et de réduire au minimum les interfaçages. Néanmoins, le développement de vecteurs d'énergie et de matière qui peuvent être intégrés dans les processus industriels constitue un sujet de grand intérêt. La décision d'adopter un vecteur énergétique durable pourrait reposer sur sa capacité de permettre la réalisation de gains économiques. L'utilité aux particuliers et l'absence d'effets secondaires nuisibles à l'environnement sont aussi des critères de sélection des vecteurs énergétiques du futur.

## Le méthanol permettant le recyclage du $CO_2$

Les molécules organiques en phase liquide à la température et la pression ambiante répondent bien aux caractéristiques d'un bon vecteur énergétique. Le choix de la molécule dépendra de la technique de sa production, de la densité énergétique, de la sécurité (explosion, toxicité), de la possibilité de recyclage et bien sûr des aspects économiques, tels que l'approvisionnement et la convenance aux consommateurs.

Le méthanol est un vecteur énergétique qui est déjà exploité à petite échelle. La production mondiale en 2012 était de 51 millions de tonnes [6]. Cette molécule organique ($CH_3OH$) présente plusieurs propriétés qui remplissent les critères d'évaluation d'un bon vecteur énergétique :

- Densité énergétique élevée (15,8 MJ/litre).
- Liquide à température et à pression ambiante (densité : 792 g/l, température d'ébullition : 64,7 °C).
- Biodégradable.
- S'intègre dans le cycle naturel du carbone (se décompose en $CO_2$ et $H_2O$ lors de sa combustion).
- Il existe déjà des normes de sécurité pour son utilisation.
- La technologie pour sa production, son transport, son stockage et sa consommation existe déjà.
- Déjà utilisé comme additif à l'essence.
- Déjà utilisé dans des piles à combustible commercialisées.
- Prix actuel comparable au prix de l'essence (essence : CHF 22,1/GJ, $CH_3OH$ : CHF 24,4/GJ, basé sur 390 €/t [6]).

### Sources des matières premières

À l'heure actuelle, la production industrielle de méthanol se fait principalement par reformage catalytique à partir de méthane. Etant donné l'objectif de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, tel que le $CO_2$, la synthèse du méthanol à partir d'un gaz à effet de serre est un sujet de recherche actif. La concentration des sources potentielles de $CO_2$ va de 0,04 % de volume dans l'air à des concentrations très élevées des flux industriels où la concentration de $CO_2$ est de 100% de volume dans le cas de la production d'ammoniaque. Le prix d'achat du $CO_2$ industriel est inférieur à 5 CHF/t. Le $CO_2$ contenu dans les fumées est en principe gratuit. Il est possible d'obtenir des crédits-carbone pour les processus qui consomment du $CO_2$. D'autres sources potentielles de $CO_2$ sont les fumées de centrale de charbon ou de gaz naturel (environ 12 % de volume de $CO_2$) et le biogaz (environ 35 % de volume de $CO_2$).

## Un processus de production de méthanol

Le méthanol peut être synthétisé à partir de $CO_2$ et d'hydrogène selon la réaction suivante :

$$CO_2 + 3\ H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$$

Le bilan de l'enthalpie de formation des composants de cette réaction est négatif ($\Delta Hr \approx -100$ kJ/mol, $\Delta Tad \approx 50°C$ [8]). Alors, le processus de synthèse ne requiert pas d'apport net d'énergie externe. Pour qu'il ait lieu, il faut amener les réactifs à des conditions de concentration, de température et de pression qui permettent d'atteindre l'énergie d'activation. Pour qu'elle ait un intérêt industriel, il faut faire en sorte que le rendement des produits désirés soit économiquement intéressant et que le processus n'externalise pas ses coûts environnementaux. Fournir les réactifs et atteindre les conditions de la réaction a un coût. Par conséquent, les axes de recherche comprennent le développement de méthodes de concentration du $CO_2$, de production d'hydrogène, l'emploi de catalyseurs, ainsi que l'étude et l'optimisation des bilans énergétiques et environnementaux du processus et finalement le positionnement du processus dans l'économie du point de vue du prix et des produits.

### Les liquides ioniques

Les liquides ioniques sont des sels (composés d'un anion et d'un cation) en état liquide à température et pression ambiante. Leurs propriétés physico-chimiques de faible pression de vapeur et d'affinité pour le $CO_2$ font que certains liquides ioniques peuvent être employés pour extraire du $CO_2$ à faible concentration d'un mélange de gaz. Pendant le projet $CO_2$MeOH en cours, le laboratoire de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg (EIA-FR) a préparé et évalué des liquides ioniques qui conviendraient à un processus de synthèse du méthanol à partir de différents flux de $CO_2$ tels que l'air et les fumées d'une centrale à charbon. Le processus comprend un cycle fermé de liquide ionique avec des étapes d'absorption et désorption du $CO_2$. L'extraction préalable du $CO_2$ avec des liquides ioniques permet de diminuer de manière très importante l'énergie nécessaire pour amener le $CO_2$ à la pression de la réaction de synthèse du méthanol.

### Production d'hydrogène

La voie de production de méthanol requiert une source de $H_2$. À l'heure actuelle, la production industrielle du $H_2$ se fait à partir de gaz naturel en émettant du $CO_2$. Il faut donc un procédé alternatif de production de $H_2$ à partir de sources renouvelables sans émission de $CO_2$. Une production d'hydrogène renouvelable par électrolyse est possible si l'électricité est d'origine renouvelable, ce qui est le cas pour l'hydraulique et le photovoltaïque par exemple. La production d'hydrogène par électrolyse est pratiquée à petite échelle et aussi à grande échelle sur certains sites où il existe une surcapacité de production d'électricité (barrages). Toutefois, dans la plupart des

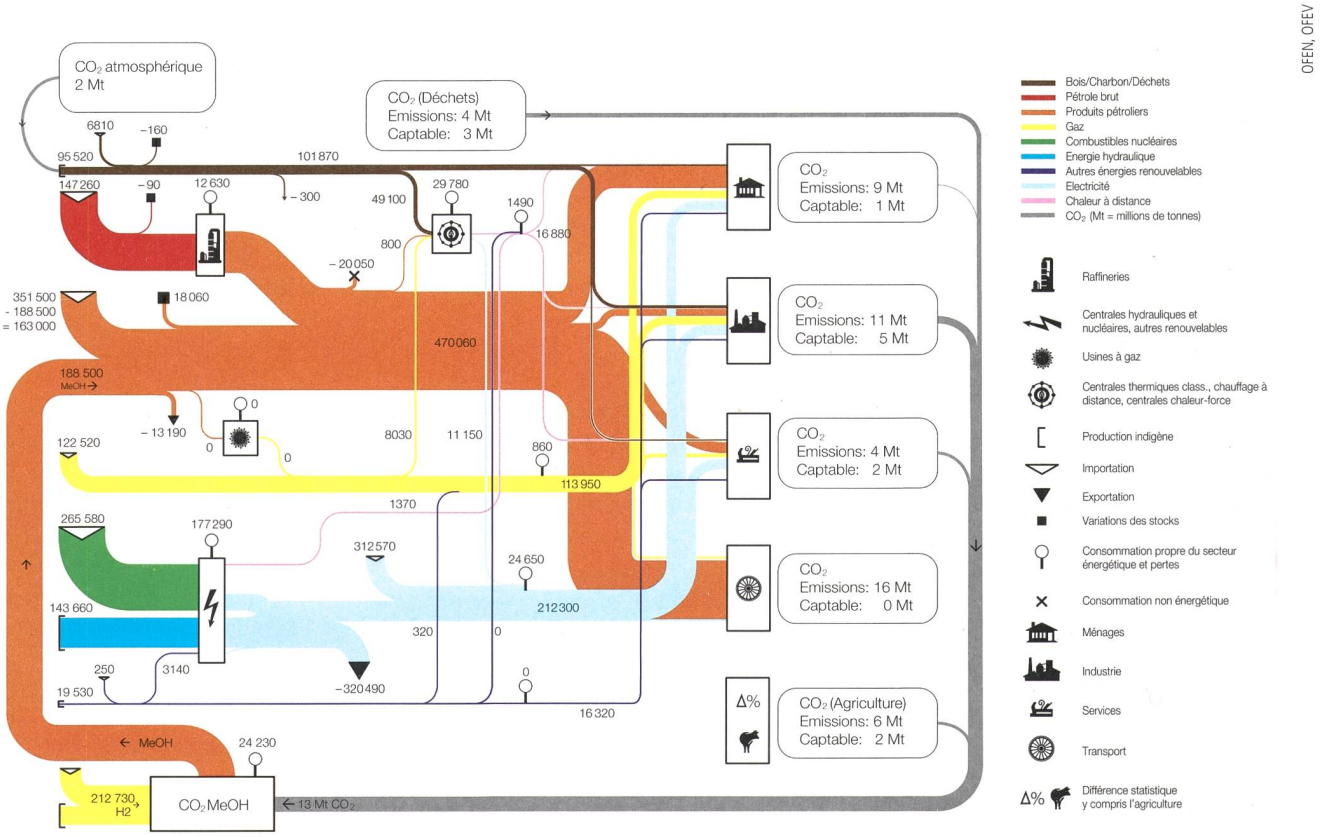



**Figure 3** Flux énergétique futur avec production de méthanol à partir de $CO_2$.

contextes, la demande d'électricité pour l'électrolyse rend le processus non viable économiquement. Pour que le processus soit rentable, il faut que la valeur économique de l'hydrogène produit soit plus grande que la valeur de l'électricité consommée. La production photocatalytique d'hydrogène et la production d'hydrogène en bioréacteurs sont deux technologies de synthèse directe d'hydrogène, sans passer par la production d'électricité. Ces deux voies de production d'hydrogène sont actuellement au stade de développement au laboratoire. Le processus de photocatalyse utilise l'énergie du soleil pour hydrolyser de l'eau à température et pression ambiante. Le rendement théorique de production d'hydrogène à partir de l'énergie solaire incidente est supérieur à 70 %, ce qui est bien au-dessus du rendement actuel d'environ 15 % par technologie photovoltaïque couplée avec électrolyse conventionnelle.

### Synthèse du méthanol

Un rendement de production de méthanol à partir du $CO_2$ supérieur à 30 % a été obtenu par la méthode de synthèse en cours de développement pendant le projet $CO_2$MeOH. La réaction se fait à l'aide de catalyseurs et à une pression et à une température qu'il est aisé d'atteindre. Les pertes matérielles de la réaction sont principalement constituées par l'hydrogène et le $CO_2$ qui sont recyclables dans le processus. Avec le rendement actuel de 30 % et sans compter l'énergie nécessaire pour produire l'hydrogène, la demande d'énergie du processus de production est inférieure à 20 % de la valeur énergétique du produit méthanol.

## Utilisation du méthanol renouvelable comme vecteur énergétique

En Suisse, les sources de $CO_2$ exploitables sont les chaudières et les centrales à gaz de production d'électricité. Un carburant liquide composé d'un mélange de méthanol et d'essence fera l'objet d'une commercialisation. Le graphique ci-dessus montre le potentiel de production d'énergie sous forme de méthanol à partir des quantités de $CO_2$ émises par la production actuelle d'énergie (calculé à partir des données de l'OFEV [9]). On suppose des taux de récupération du $CO_2$ entre 10 et 75 % dans les secteurs de l'habitat, de l'industrie et des services. Au total, il est estimé qu'environ 13 millions de tonnes de $CO_2$ pourraient être captées chaque année. Sans pertes de $CO_2$ ultérieures, il serait théoriquement possible de produire 12 milliards de litres de méthanol ayant une valeur énergétique de 188 500 TJ et une valeur économique de 3 milliards de CHF. La production de méthanol à partir de $CO_2$ permettrait de remplacer environ la moitié des 351 500 TJ [2] de produits pétroliers importés par un hydrocarbure liquide renouvelable et de production domestique. Ceci allège le bilan du commerce extérieur en remplaçant un produit importé par un produit local. Ce scénario de bouclage d'une partie du flux de carbone est présenté dans la **figure 3**. On remarque que la valeur énergétique du méthanol local et recyclable est supérieure à la valeur énergétique du pétrole brut importé actuellement. Il est à noter également que la valeur énergétique de l'hydrogène nécessaire à la synthèse du méthanol est supérieure à la valeur énergétique du méthanol produit. Alors, pourquoi ne pas utiliser l'hydrogène directement ? La réponse se trouve dans la comparaison des propriétés d'hydrogène et de méthanol comme

vecteurs énergétiques. L'utilisation de l'hydrogène à grande échelle présente des défis technologiques majeurs de transport, de stockage, de sécurité et de développement de consommateurs sans parler des aspects économiques de leur mise en application.

Un objectif plus réaliste serait la production de méthanol avec un rendement de 50 % obtenu uniquement à partir des centrales à gaz. Dans ce cas futur, la production locale de méthanol serait d'environ 45 000 TJ et permettrait de satisfaire environ 15 % de la demande actuelle en carburants pour les véhicules en Suisse. L'hydrogène nécessaire à la production de méthanol pourrait être importé ou produit en Suisse.

Dans le cas de construction d'une nouvelle centrale électrique à gaz naturel de puissance thermique de 400 MW, de rendement électrique de 58,5 % [10] ayant des émissions de 340 g $CO_2$/kWh électrique et un rendement de synthèse de méthanol à partir de $CO_2$ de 50 %, la capacité de production de méthanol est estimée à plus de 5000 TJ/an, chiffre qui équivaut à plus de 150 millions de litres par an d'essence. La production de l'oxygène comme sous-produit de la production d'hydrogène créera une opportunité de synergie avec d'autres activités industrielles.

### Consommation du méthanol dans le secteur du transport

Dans le domaine du transport, le méthanol est déjà vendu pour mélange avec de l'essence. La demande pour cette utilisation augmente régulièrement, spécialement en Chine où la limite est de 6 % de méthanol dans l'essence. En Europe, la directive européenne 98/70/CE relative à la qualité de l'essence fixe la limite à 3 % de méthanol. La limite aux États-Unis est de 2,75 %. Des tests d'utilisation de mélanges de 15 % (M15) ou de 70 % (M70) de méthanol démontrent que l'adoption du méthanol comme vecteur énergétique nécessitera des changements mineurs relatifs à l'actuel système de distribution et de consommation, principalement le remplacement des élastomères des joints et des composants en aluminium corrodés par le méthanol [7]. La demande potentielle de méthanol pour fournir un mélange de 3 % de méthanol à la flotte de voitures existante en Suisse est supérieure à 250 millions de litres par an.

### Consommation du méthanol dans des piles à combustible

En employant des membranes à échanges de protons, du courant électrique est produit à partir du méthanol selon la réaction suivante :

$$CH_3OH + 3/2\ O_2 \dashrightarrow 2\ H_2O + CO_2$$

Des piles à combustible à méthanol sont déjà commercialisées. À l'heure actuelle, le rendement des piles à combustible est largement inférieur au rendement d'une pile à combustible à hydrogène. Pourtant, l'avantage des piles à combustible à méthanol par rapport à l'hydrogène est le suivant : l'utilisation d'un carburant de haute densité énergétique qui puisse être stocké à température et à pression ambiante dans un simple réservoir en acier ou en plastique. Par contre, l'utilisation de l'hydrogène demande le développement des systèmes de stockage et de transport fonctionnant à haute pression ou des matériaux coûteux pour l'absorption de l'hydrogène.

### Suite des recherches

Les travaux réalisés en laboratoire depuis 2012 ont abouti à l'identification et à la synthèse de liquides ioniques adaptés à la purification du $CO_2$ et le développement de méthodes de synthèse de méthanol à partir de $CO_2$ et d'hydrogène avec des rendements intéressants d'un point de vue commercial. Les chercheurs et chercheuses travaillant sur le projet $CO_2$MeOH préparent actuellement les prochaines étapes de démonstration et d'industrialisation. La production d'hydrogène de façon économique reste un défi majeur. Étant donné la surcapacité de production d'électricité hydraulique au fil de l'eau pendant la nuit, la production d'hydrogène par électrolyse pendant la nuit semble être une voie intéressante. L'état de l'art de la production d'hydrogène par voie biologique est suffisamment avancé pour être inclus dans un projet de démonstration.

## Conclusions

Le choix des sources d'énergie et de ses vecteurs énergétiques futurs est loin d'être fait. Le méthanol a la particularité de pouvoir s'intégrer dans les systèmes de production et de consommation des énergies fossiles et les énergies futures. Parmi les systèmes énergétiques futurs où le méthanol pourra être employé, on compte l'hydrogène (méthanol pour le stockage), la pile à combustible et la bioraffinerie (valorisation du sous-produit $CO_2$). La technologie de production de méthanol à partir de $CO_2$ résiduel en cours de développement pendant le projet $CO_2$MeOH est adaptée à l'utilisation de méthanol à plusieurs échelles. La construction de petites et de grandes installations de valorisation de $CO_2$ dans l'air en milieu urbain et des installations de capture de $CO_2$ des chaudières de moyenne taille et l'extraction de $CO_2$ des centrales à gaz et du biogaz sera étudiée. Un des vecteurs énergétiques permettant de réaliser les futurs cycles de carbone fermés a été identifié : le méthanol. La technologie qui permet son exploitation reste à développer.

### Remerciements

- Les auteurs remercient la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) pour le soutien financier ayant permis de mener le projet Call Ra&D HES-SO 2011 Smart City $CO_2$MeOH

**Zusammenfassung** **Methanol als Energieträger**

**Das Projekt $CO_2$MeOH der HES-SO erforscht $CO_2$-Recycling mit Methanol**

Energieträger erlauben uns, Primärenergiequellen zu fassen, in Sekundärenergie umzuwandeln, sie zu speichern und zu transportieren, um sie schlussendlich als Endenergie zu nutzen. Die Wahl der Energieträger folgt sozialen, wirtschaftlichen, ökologischen und technischen Kriterien. Gelingt es, $CO_2$ abzuscheiden und in Methanol umzuwandeln, steht uns ein neuer Energieträger mit vielen Vorteilen zur Verfügung, welcher einen Teil der fossilen Energie ersetzen kann. Somit ist es möglich, die $CO_2$-Kreisläufe teilweise zu schliessen. Zur Herstellung von Methanol sind jedoch grosse Mengen Wasserstoff nötig, welche zu diesem Zweck $CO_2$-frei produziert werden müssen. Gelingt uns dies in der Schweiz, können wir die Aussenhandelsbilanz wesentlich entlasten. Der Vorteil von Methanol gegenüber dem Wasserstoff sind einfache Lagerung und Transport. Das Projekt $CO_2$MeOH, welches an der Fachhochschule Westschweiz (HES-SO) durchgeführt wird, bereitet den Weg für eine $CO_2$-Abscheidung sowie die Produktion von Methanol und dessen Integration in unsere Energielandschaft. Das Projekt wird unter der Leitung der HTA Fribourg in Zusammenarbeit mit der HEIG-VD, der HEPIA und der HES-SO/Wallis durchgeführt.

Cr

## Liens

- www.heig-vd.ch
- www.hefr.ch

## Références

[1] F. Orecchini: The era of energy vectors, International Journal of Hydrogen Energy 31/2006, 1951 – 1954.
[2] Statistique globale suisse de l'énergie 2012-tableaux. Office fédéral de l'énergie. Le document peut être téléchargé gratuitement à www.bfe.admin.ch.
[3] Fuel Economy: Where the Energy Goes. Departement of Energy, USA. Disponible gratuitement à www.fueleconomy.gov/FEG/atv.shtml.
[4] T.H. Glanfield, Jr: Energy Required to Produce Petroleum Products from Oil Sand Verses Other Petroleum Sources, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
[5] R. Frosch & N. Gallopoulos (1989): dans Symbioses industrielles 1, Cours de master de Guillaume Massard, Université de Lausanne, 07/12/06.
[6] Methanex annual report 2012. Methanex Corporation. La publication peut être téléchargée gratuitement à www.methanex.com.
[7] Methanol Fuel Blending Characterization and Materials Compatibility - Final Report, Methanol Institute 2010. La publication peut être téléchargée gratuitement à www.methanol.org.
[8] T. Ikariya & R. Noyori. Chemical Reviews 95(2)/1995, 259-272.
[9] Emissionen nach CO2-Gesetz und Kyoto-Protokoll. Office fédéral de l'environnement OFEV, Département de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, 03/07/2013. La publication peut être téléchargée gratuitement à www.bafu.admin.ch
[10] Projet de Chavalon. Centrale Thermique de Vouvry SA. Disponible gratuitement sur www.chavalon.ch.

## Informations sur les auteurs

**Mark McCormick** est ingénieur en environnement, M.Sc. de Pennsylvania State University (E.U.). Depuis 2011, il est collaborateur scientifique à la Haute Ecole d'ingénierie et de Gestion du canton de Vaud au sein du département de Génie Thermique, laboratoire des Systèmes industriels de Bioénergies.

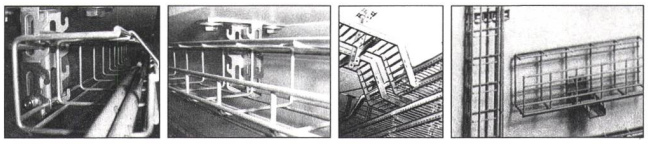
**HEIG-VD, 1401 Yverdon-les-Bains**
**mark.mccormick@heig-vd.ch**

**Beat Steiner**, ingénieur dipl. EPF en génie électrique, était actif dans l'informatique durant 12 années, a ensuite travaillé deux années comme consultant pour gestionnaires de réseaux de distribution et effectue depuis 2010 des recherches sur les réseaux intelligents à l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg.

**EIA-FR, 1705 Fribourg**
**beat.steiner@hefr.ch**

1) Eutile = Esource – Epertes d'extraction – Epertes de transformation – Epertes de stockage – Epertes de transmission – Epertes du consommateur

Anzeige



**G-Kanäle™ Weitspann-Multibahnen**

**1. geprüft auf Erdbebensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)**
**2. geprüft auf Schockwiderstand 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)**
**3. geprüft auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Min. (Erwitte)**

**3-fach geprüft gibt Sicherheit in schwierig zu evakuierenden Gebäuden, in Anlagen mit grossem Personenverkehr, in Wohn-, Hotel- und Bürohochhäusern.**

**Preis günstig. Qualität top. Lieferung klappt: LANZ nehmen.**

•3xG8

**lanz oensingen ag**
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com

VSE AES electrosuisse

Nous sommes votre fournisseur de solutions complètes pour la distribution d'énergie et la connectique pour câbles dans les domaines de la moyenne et de la basse tension. Du conseil à la maintenance, vous bénéficiez du vaste savoir-faire de nos spécialistes et de notre service 24 h/24, synonyme d'énergie illimitée. Partout. Aujourd'hui. Et demain.

**Cellpack Power Systems AG**
Schützenhausstrasse 2
5612 Villmergen
tél. 056 618 18 18
power.systems@cellpack.com

CELLPACK
Power Systems