



**NOTE DE TRAVAIL**

**CONFÉRENCE SUR L'AVIATION ET LES CARBURANTS  
DE REMPLACEMENT**

**Rio de Janeiro (Brésil), 16 – 18 novembre 2009**

**Point 1 : Durabilité du point de vue environnemental et interdépendances**

**ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DURANT  
LE CYCLE DE VIE DES CARBURÉACTEURS DE REMPLACEMENT**

(Note présentée par les États-Unis)

**SOMMAIRE**

Les carburéacteurs de remplacement issus de sources renouvelables ont le potentiel de réduire les incidences de l'aviation sur les changements climatiques. Cependant, pour déterminer si les incidences de l'emploi d'un biocarburant, ou de tout autre carburant de remplacement, sont bénéfiques ou préjudiciables pour le climat, il faut comptabiliser toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) durant le cycle de vie, depuis le puits, la mine ou le champ d'où est tirée la matière première jusqu'au sillage de l'aéronef. La présente note de travail donne des renseignements généraux sur l'emploi de l'analyse du cycle de vie pour estimer les émissions de GES.

La suite à donner par la conférence figure aux paragraphes 7 (conclusions) et 8 (recommandations).

**1. INTRODUCTION**

1.1 S'ils sont issus de sources renouvelables, les carburants de remplacement interchangeables qu'il est possible de produire actuellement ont le potentiel de réduire les émissions de GES provenant de l'aviation. Cette réduction ne vient pas d'un changement dans la composition des carburants ni d'une plus grande efficacité des moteurs, mais plutôt d'une réduction des émissions de GES dans le processus d'extraction, de production et de combustion du carburant de remplacement. La comptabilisation des émissions de GES durant le cycle de vie, depuis le puits, la mine ou le champ d'où est tirée la matière première jusqu'au sillage de l'aéronef, permet de constater le changement dans les émissions de GES qui résulte de l'utilisation d'un carburant de remplacement.

1.2 Les carburants à base de kérosène paraffinique synthétique (SPK), qui peuvent être créés par le procédé de synthèse Fischer-Tropsch (F-T), et les carburéacteurs renouvelables hydrotraités (HRJ) obtenus par hydrotraitement d'huiles renouvelables ont une composition moléculaire semblable à celle

des carburéacteurs classiques. La combustion des carburants SPK produit environ 4 % moins d'émissions de CO<sub>2</sub> (par unité de masse de carburant) que les carburéacteurs classiques (1).

1.3 Selon la matière première employée pour la production du carburant et les particularités du processus d'extraction et de production, les émissions de GES durant le cycle de vie d'un carburant SPK peuvent varier de deux ordres de grandeur. Si on n'utilise que des déchets pour créer le carburant ou pour fournir l'énergie requise par le processus de production du carburant, les émissions produites pourraient ne représenter qu'un dixième des émissions provenant de la production des carburéacteurs classiques ; cependant, si l'extraction et la production du carburant exige la conversion de terres renfermant des stocks de carbone élevés, les émissions pourraient être huit fois supérieures à celles des carburéacteurs classiques (1). Ces différences pourraient être considérablement plus élevées que la différence de 4 % indiqué au § 1.2.

1.4 La présente note traite de questions clés concernant l'emploi de l'analyse du cycle de vie pour estimer les émissions de GES provenant des carburants de remplacement (2) et souligne les recherches réalisées actuellement aux États-Unis et en Europe pour estimer les émissions de GES durant le cycle de vie des carburants de remplacement.

## 2. ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GES DURANT LE CYCLE DE VIE DES CARBURANTS DE REMPLACEMENT

2.1 L'analyse du cycle de vie (ACV) est une compilation et une évaluation des entrants, des sortants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits durant tout son cycle de vie (3, 4). Une ACV des carburants de remplacement peut comprendre une évaluation des incidences environnementales de l'extraction des ressources ainsi que de la production et de la combustion du carburant sur la qualité de l'air et de l'eau et sur le changement du climat dans le monde, cependant il n'est ici question que de la création d'un inventaire des émissions de GES durant le cycle de vie des carburants, c'est-à-dire de l'extraction à la combustion.

2.2 Les émissions de GES durant le cycle de vie comprennent toutes les émissions depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la combustion du carburant par l'aéronef. Ce cycle peut être divisé en 5 étapes : 1) *acquisition des matières premières* ; 2) *transport des matières premières* ; 3) *production du carburant à partir des matières premières* ; 4) *transport du carburant et avitaillement de l'aéronef* ; et 5) *exploitation de l'aéronef*. Le Chapitre 2 de la réf. 2 donne plus de renseignements et d'exemples sur ces 5 étapes pour plusieurs filières de carburants F-T et HRJ.

2.3 L'inventaire des émissions indique généralement les émissions ou l'incidence des émissions par rapport à une unité de productivité du carburant. Pour permettre une comparaison équitable entre les SPK et les carburéacteurs classiques, qui ont un contenu énergétique différent tant par unité de masse que par unité de volume, les émissions sont indiquées en fonction d'une unité d'énergie fournie au réservoir de carburant de l'aéronef. Pour permettre une comparaison équitable entre les émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres GES, tels que le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>, qui peuvent provenir de la production du carburant, on utilise généralement les potentiels de réchauffement global (PRG) pour additionner les émissions en unités d'équivalent dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>e). Comme telles, les émissions de GES durant le cycle de vie sont souvent exprimées en grammes d'équivalent CO<sub>2</sub> par mégajoule.

2.4 Les mesures utilisant les PRG comportent d'importantes limites pour l'analyse de l'impact des émissions de l'aviation autres que le CO<sub>2</sub> (5). Ces émissions devraient être estimées dans le cadre de l'inventaire des émissions de GES durant le cycle de vie, mais aucun moyen adéquat n'a encore

été défini pour combiner ces émissions à celles des étapes 1 à 4 du cycle de vie (de l'extraction au réservoir) et aux émissions de CO<sub>2</sub> durant l'étape 5 (du réservoir à la combustion).

2.5 Les trois domaines analysés dans les paragraphes qui suivent méritent une attention spéciale dans l'estimation de l'inventaire des émissions de GES durant le cycle de vie : 1) *définition des limites du système*, 2) *répartition des émissions entre les coproduits*, et 3) *qualité et incertitude des données*.

### 3. DÉFINITION DES LIMITES DU SYSTÈME

3.1 Conformément aux lignes directrices de l'ISO (2,3), un inventaire des émissions de GES durant le cycle de vie doit comprendre une comptabilisation complète des émissions de GES provenant de la création de toutes les matières, de l'énergie et des activités liées à la production du carburant, non seulement de celles qui font partie des processus des chaînes de production primaire mais aussi de celles qui apportent des éléments nécessaires à cette chaîne de production. Les limites du système doivent donc être définies de façon à y inclure tous les processus intervenant dans la création des carburateurs. Le Chapitre 3 de la réf. 2 examine les diverses méthodes de détermination des limites des systèmes.

3.2 Si des quantités suffisantes de produits agricoles destinés à la production d'aliments sont redirigées vers la production de biocarburants, il s'ensuivra des modifications indirectes de l'affectation des terres qui devront être prises en compte dans l'analyse du cycle de vie. Par exemple, l'utilisation de toute la production nationale d'un produit agricole existant comme matière brute pour l'élaboration de carburants aurait pour effet de réduire les exportations de ce produit et conduirait à une affectation compensatoire d'autres terres. Cette modification d'affectation des terres pourrait se traduire par des émissions considérables de GES, particulièrement si les sols convertis font partie de systèmes de séquestration élevée du carbone comme les forêts pluviales ou les tourbières. Par contre, l'emploi de terres agricoles nationales laissées en jachère ou produisant des cultures excédentaires ne causerait pas ces émissions de GES.

3.3 L'estimation exacte des émissions de GES provenant de modifications indirectes de l'affectation des terres exige l'emploi de modèles économiques évolués qui tiennent compte des secteurs agricole et énergétique de l'économie mondiale. Une estimation des GES durant le cycle de vie des HRJ à base de soja (1), qui donne les résultats d'une analyse économique de ce genre (6), indique que les émissions attribuables aux modifications indirectes de l'affectation des terres provenant d'une conversion à grande échelle de l'utilisation du soja pour la production de biocarburants au lieu de la production d'huile de soja pourrait en fait doubler les émissions de GES par rapport à la production de carburateurs classiques. Ce résultat est comparable aux émissions provenant de la liquéfaction du charbon par le procédé F-T s'il n'y a pas de piégeage ou de séquestration du carbone.

### 4. RÉPARTITION DES ÉMISSIONS ENTRE LES COPRODUITS

4.1 Certains processus de la filière de production des carburants mènent à plusieurs produits. On peut citer comme exemple une raffinerie, qui produit de l'essence et du diesel en plus du carburant d'aviation, ou encore, dans le cas de nombreux biocombustibles, la création de tourteaux en plus d'huiles renouvelables qui sont ensuite traitées pour obtenir des HRJ. Les émissions créées en amont de ces processus doivent être réparties entre les produits.

4.2 L'ISO recommande d'attribuer les émissions aux coproduits en utilisant les méthodes suivantes, dans l'ordre indiqué : 1) *désagrégation du processus*, c'est-à-dire division du processus en deux ou plusieurs sous-processus, 2) *élargissement du système*, c'est-à-dire extension des limites du système pour y inclure des fonctions additionnelles liées aux coproduits, 3) *répartition* en fonction des propriétés physiques (par ex., masse, volume, contenu énergétique) ou de la valeur marchande.<sup>4</sup> Le Chapitre 4 de la réf. 2 donne plus de renseignements sur ces méthodes.

4.3 Dans le cas de la production de biocombustibles, le spécialiste de l'analyse du cycle de vie devra peut-être répartir les émissions provenant de la création de biomasse sur la base de la masse relative, du contenu énergétique ou de la valeur marchande de l'huile et des tourteaux qui restent après l'extraction de l'huile, étant donné que le système ne peut pas être désagrégué davantage et que l'élargissement du système peut exiger un modèle pour l'ensemble de l'industrie agricole. Le choix de la stratégie de répartition peut avoir un impact considérable sur les émissions de GES d'un carburant, y compris la possibilité que les émissions attribuées soient irréalistes, ce qui montre bien l'importance de ce paramètre (voir Chapitre 4 des réf. 2 et 1).

## 5. QUALITÉ ET INCERTITUDE DES DONNÉES

5.1 La qualité et l'incertitude des données dépendent du cadre temporel et de l'échelle. Il est ainsi plus facile d'obtenir des données de haute qualité d'un produit existant (carburéacteur classique tiré du pétrole brut) que d'une industrie naissante ou inexistante (HRJ provenant d'algues). Il faut avoir des données de haute qualité pour dresser des inventaires de GES durant le cycle de vie qui peuvent être utilisés pour éclairer les décisions sur les carburants de remplacement pour l'aviation. Le Chapitre 5 de la réf. 2 traite de la qualité et de l'incertitude des données.

5.2 Des analyses par scénarios, permettant d'isoler certaines émissions des filières de carburants, ont été employées comme moyen d'évaluer l'incertitude (1). Les données et les hypothèses sous-jacentes ont servi de base à trois scénarios à partir desquels il a été possible d'établir une moyenne et de prévoir une gamme de valeurs.

## 6. TRAVAUX ACTUELS SUR L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

6.1 De nombreux travaux de recherche sont en cours aux États-Unis et en Europe pour estimer les émissions de GES durant le cycle de vie des carburéacteurs classiques et des carburéacteurs de remplacement. Ils s'ajoutent aux travaux considérables réalisés pour estimer les émissions de GES durant le cycle de vie des carburants des transports terrestres.

6.2 Aux États-Unis, le National Energy Technology Laboratory a examiné les émissions de GES provenant des carburants de transport aux États-Unis, y compris les carburéacteurs, issus de produits pétroliers classiques (7), et PARTNER (Partnership for AiR Transportation Noise and Emissions Research) a examiné un grand nombre de filières de production de carburéacteurs de remplacement (1). Boeing parraine des recherches sur les carburants à base de jatropha à l'université Yale, et sur les carburants à base d'algues à l'université de Washington et à l'université d'État de Washington.

6.3 En Europe, l'université de Cambridge (Royaume-Uni) a examiné les carburéacteurs à base d'algues dans le cadre du consortium OMEGA, et ONERA, en France, dirige actuellement une évaluation d'une grande variété d'options de carburants dans le cadre de l'étude SWAFEA (Sustainable Way for Alternative Fuel and Energy in Aviation).

## 7. **CONCLUSIONS**

7.1 La Conférence est invitée à :

- a) conclure que la capacité de comparer les émissions de GES durant le cycle de vie des carburants de remplacement pour l'aviation est un élément essentiel de l'évaluation globale des émissions de GES provenant de l'aviation internationale ;
- b) reconnaître que la production de carburéacteurs de remplacement peut engendrer des émissions de GES liées aux modifications directes ou indirectes de l'affectation des terres ;
- c) reconnaître que de nombreux travaux de recherche sont en cours aux États-Unis, en Europe et dans d'autres États en vue d'estimer les émissions de GES durant le cycle de vie des carburéacteurs classiques et des carburéacteurs de remplacement, ainsi que des carburants des transports terrestres ;
- d) reconnaître la nécessité d'avoir une méthode cohérente, vérifiée par des pairs, d'estimation des émissions de GES durant le cycle de vie qui s'applique à tous les secteurs.

## 8. **RECOMMANDATIONS**

8.1 La Conférence est invitée à :

- a) recommander l'emploi de l'analyse du cycle de vie comme moyen approprié de comparer les émissions relatives de GES des carburéacteurs de remplacement à celles des carburéacteurs classiques.

-----

## APPENDIX

### REFERENCES

1. Stratton, R.W., Wong, H.M., and Hileman, J.I., "Life Cycle GHG Emissions from Alternative Jet Fuels," PARTNER-COE Report, in preparation, to be posted at <http://web.mit.edu/aeroastro/partner/projects/project28.html>.
2. Additional information on estimating life cycle GHG emissions from alternative jet fuels can be found in the report, "Framework and Guidance for Estimating Greenhouse Gas Footprints of Aviation Fuels," from the Aviation Fuel Life Cycle Assessment Working Group, a group convened by the U.S. Air Force. The report is to be published in Autumn 2009.
3. ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principals and framework. 2006.
4. ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. 2006.
5. Wuebbles, D.J., Huiguang Y., and Redina H., "Climate Metrics and Aviation: Analysis of Current Understanding and Uncertainties." U.S. Federal Aviation Administration, 2008.
6. Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., and Yu, T.-H., "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change," *Science*, Vol. 319. no. 5867, 2008, pp. 1238-1240. DOI:10.1126/science.1151861.
7. Skone, T.J., and Gerdes. K., "Development of Baseline Data and Analysis of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Petroleum-Based Fuels." U.S. Dept. of Energy, National Energy Technology Laboratory. 2008.

— END —