

# Méthode

## du modèle d'analyse du cycle de vie des combustibles

Janvier 2023



N° cat. : En4-418/1-2023E-PDF  
ISBN : 978-0-660-43853-5  
EC22081

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada  
Centre de renseignements à la population  
12<sup>e</sup> étage, édifice Fontaine  
200, boulevard Sacré-Cœur  
Gatineau (Québec) K1A 0H3  
Téléphone : 819-938-3860  
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)  
Courriel : [enviroinfo@ec.gc.ca](mailto:enviroinfo@ec.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2023

Also available in English

## Préface

Le *Modèle d'analyse du cycle de vie (ACV) des combustibles* du gouvernement du Canada est un outil qui permet aux utilisateurs de calculer l'intensité en carbone (IC) du cycle de vie des combustibles produits et utilisés au Canada. Le *Modèle ACV des combustibles* utilise une approche cycle de vie, qui tient compte des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées aux multiples étapes de production du combustible, de la production des charges d'alimentation jusqu'à sa combustion.

L'objectif du présent document intitulé *Méthode du modèle ACV des combustibles* est d'expliquer la méthode utilisée pour l'élaboration du *Modèle ACV des combustibles*. Ce document décrit les hypothèses générales, les sources de données et les méthodes de calcul associés au développement du *Modèle ACV des combustibles*.

Tout au long du développement du *Modèle ACV des combustibles*, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a procédé à un examen approfondi de l'assurance et du contrôle de la qualité (AQ/CQ). L'AQ/CQ comprenait un examen des méthodologies, des procédures de calcul, des données incluses et des sources documentaires utilisées pour générer une IC pour divers combustibles fossiles et combustibles à faible intensité en carbone (CFIC).

Une version provisoire du document *Méthode du modèle ACV des combustibles*, la *Base de données du modèle ACV des combustibles* et les rapports de fond ont fait l'objet d'une revue critique réalisée par un groupe d'experts indépendant du domaine de l'ACV.

En décembre 2020, la publication de la première version de la *Méthode du modèle ACV des combustibles* a été publiée pour une période de consultation de 75 jours. Aussi, ECCC a testé une version bêta du *Modèle* avec des intervenants externes pour évaluer les fonctionnalités d'utilisation et recevoir des commentaires.

Le résultat de la revue critique, l'AQ/CQ et les commentaires des intervenants ont été considérés dans l'élaboration du *Modèle ACV des combustibles*.

Les activités de développement continu et de maintenance seront priorisées selon la rétroaction du comité consultatif technique des intervenants (CCTI) les commentaires des intervenants et des autres ministères gouvernementaux ainsi que les enjeux identifiés par ECCC.

## Table des matières

<b>Préface</b> .....	<b>i</b>
<b>Définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>Acronymes</b> .....	<b>3</b>
<b>Chapitre 1: Introduction et principes généraux</b> .....	<b>4</b>
1.1. Présentation du <i>Modèle ACV des combustibles</i> .....	4
1.2. Objectif de la <i>Méthode du modèle ACV des combustibles</i> .....	4
1.3. Normes connexes .....	5
1.4. Principes généraux et fondamentaux des évaluations de gaz à effet de serre pour les filières de production des CFIC.....	5
1.4.1. Description du concept général de l'ACV.....	5
1.4.2. Principes et pertinence .....	6
1.4.3. Concepts de modélisation en ACV et définitions.....	7
<b>Chapitre 2: Définition de l'objectif et du champ de l'étude du <i>Modèle ACV des combustibles</i></b> .....	<b>7</b>
2.1. Objectif.....	7
2.2. Champ de l'étude .....	8
2.2.1. Unité fonctionnelle.....	8
2.2.2. Bibliothèque de données des processus agrégés .....	8
2.2.3. Filières de production de combustible et processus modifiables.....	9
2.2.4. Portée géographique .....	9
2.3. Frontières du système.....	10
2.3.1. Procédés exclus.....	11
2.3.2. Critère de coupure.....	12
2.4. Acquisition et qualité des données.....	12
2.4.1. Collecte de données pour les processus agrégés de la <i>Bibliothèque de données</i> .....	13
2.5. Incertitude relative aux données.....	14
2.6. Affectation des coproduits .....	15
2.6.1. Affectation énergétique.....	15
2.6.2. Affectation massique .....	16
2.6.3. Expansion des frontières du système .....	16
2.6.4. Approche « cut-off ».....	16
2.7. Gaz à effet de serre, carbone biogénique et changement d'affectation des terres .....	16
2.8. Méthode d'évaluation de l'impact du cycle de vie.....	17
2.9. Limites du <i>Modèle ACV des combustibles</i> .....	18
<b>Chapitre 3: Bibliothèque de données du <i>Modèle ACV des combustibles</i></b> .....	<b>19</b>

3.1. Intrants chimiques.....	19
3.1.1. Produits chimiques.....	19
3.1.2. Produits agrochimiques.....	20
3.1.3. Hydrogène.....	21
3.1.4. Mélanges chimiques prédéfinis.....	23
3.2. Facteurs d'émissions de combustion.....	27
3.3. Électricité.....	30
3.3.1. Portée de la modélisation de l'électricité.....	30
3.3.2. Approche de modélisation pour l'électricité.....	32
3.4. Autres sources d'énergie.....	36
3.4.1. Vapeur achetée.....	36
3.4.2. Combustion de déchets non biogéniques.....	36
3.4.3. Combustion de gaz combustible.....	36
3.5. Charges d'alimentation.....	36
3.5.1. Production de graisses animales.....	37
3.5.2. Cultures agricoles au Canada.....	38
3.5.3. Résidus de cultures agricoles.....	49
3.5.4. Autres déchets.....	51
3.5.5. Production de fibres ligneuses au Canada.....	52
3.5.6. Production de graisse jaune.....	56
3.6. Combustibles fossiles.....	57
3.6.1. Portée de la modélisation des combustibles fossiles.....	57
3.6.2. Approche de modélisation des combustibles fossiles.....	59
3.7. Combustibles renouvelables.....	63
3.7.1. Combustibles renouvelables brûlés.....	63
3.8. Transport.....	67
3.8.1. Transport général.....	67
3.8.2. Transport d'hydrogène.....	69
3.8.3. Scénarios de transport prédéfinis.....	70
3.8.4. Transport de gaz naturel renouvelable.....	74
3.8.5. Transport de propane renouvelable.....	75
<b>Chapitre 4: Filières de production de combustible.....</b>	<b>76</b>
4.1. Structure des filières de production.....	76
4.2. Processus modifiables.....	78
4.2.1. Approche de modélisation pour les processus modifiables de graisses animales.....	78

4.2.2. Approche de modélisation pour des processus modifiables de CSC.....	78
4.2.3. Approche de modélisation pour le processus modifiables d’huile de maïs.....	80
4.2.4. Approche de modélisation pour les processus modifiables de réseaux électriques .....	81
4.2.5. Approche de modélisation des processus modifiables d’huile des oléagineux .....	81
4.2.6. Approche de modélisation pour les processus modifiables de graisse jaune .....	83
<b>Annexe A : Facteurs d’impact des GES .....</b>	<b>84</b>
<b>Annexe B : Paramètres supplémentaires pour des conversions d’unités .....</b>	<b>89</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Les quatre phases d’une étude d’ACV. Adapté de la norme ISO 14040. ....	6
<b>Figure 2:</b> Représentation schématique du développement de la Bibliothèque de données du Modèle ACV des combustibles.....	9
<b>Figure 3:</b> Les cinq étapes du cycle de vie d’un CFIC dans le Modèle.....	11
<b>Figure 4 :</b> Principales étapes de traitement impliquées dans la production d’hydrogène par VFM .....	21
<b>Figure 5:</b> Principales étapes de la transformation des sous-produits animaux en graisses animales .....	37
<b>Figure 6 :</b> Vue d’ensemble de la culture des charges d’alimentation agricoles, qui représente l’étape du cycle de vie de la production des charges d’alimentation .....	39
<b>Figure 7 :</b> Les UR au Canada .....	41
<b>Figure 8 :</b> Vue d’ensemble du processus de collecte des résidus de culture .....	50
<b>Figure 9 :</b> Aperçu du procédé de récolte et de production des charges d’alimentation à partir des fibres ligneuses.....	53
<b>Figure 10 :</b> Principales étapes de traitement impliquées dans la production de graisse jaune à partir d’HCU .....	56
<b>Figure 11 :</b> Les étapes du cycle de vie des combustibles fossiles gazeux, liquides et solides incluses dans le Modèle.....	58
<b>Figure 12 :</b> Étapes du cycle de vie des combustibles renouvelables issus de fibres ligneuses incluses dans le Modèle.....	64
<b>Figure 13 :</b> Principales étapes du cycle de vie de la combustion des granules de résidus agricoles .....	66
<b>Figure 14:</b> En haut: les cinq principales étapes du cycle de vie. En bas : la structure générale des filières de production dans la base de données du Modèle. ....	77
<b>Figure 15:</b> En haut : Les six étapes du cycle de vie des CASEV. En bas : structure d’une filière de production dédiée aux CASEV dans la base de données du Modèle. ....	78
<b>Figure 16 :</b> Principales étapes de transformation pour la production d’huile de maïs au Canada et aux États-Unis.....	80
<b>Figure 17 :</b> Principales étapes de transformation intervenant dans l’extraction d’huile végétale à partir d’oléagineux.....	82

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Processus agrégés internationaux inclus dans la Bibliothèque de données du Modèle ACV des combustibles.....	10
<b>Tableau 2:</b> Les processus de la bibliothèque de données du Modèle qui ont été développés pour le contexte canadien, mais qui peuvent être appliquées à d'autres régions .....	10
<b>Tableau 3:</b> Définition du niveau de qualité des données considéré lors du processus de collecte des données.....	14
<b>Tableau 4.</b> Sélection des facteurs de caractérisation servant au calcul des IC en utilisant le PRP 100 du AR5 du GIEC .....	18
<b>Tableau 5 :</b> Produits chimiques disponibles dans la Bibliothèque de données du Modèle.....	19
<b>Tableau 6 :</b> Principale source de données pour la modélisation des produits agrochimiques dans le Modèle.....	20
<b>Tableau 7 :</b> Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des produits agrochimiques dans le Modèle .....	20
<b>Tableau 8 :</b> Liste des principales sources de données utilisées dans la modélisation de la conversion de l'hydrogène à partir du gaz naturel dans le Modèle .....	22
<b>Tableau 9 :</b> Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol conventionnel.....	23
<b>Tableau 10 :</b> Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol cellulosique.....	24
<b>Tableau 11:</b> Liste de charges d'alimentation de biodiesel, de processus de conversion et d'intrants chimiques utilisés pour modéliser le mélange chimique prédéfini de biodiesel.....	25
<b>Tableau 12:</b> Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de biodiesel .....	26
<b>Tableau 13:</b> Approches de modélisation et sources de données principales pour modéliser la combustion des combustibles indus dans le Modèle.....	28
<b>Tableau 14 :</b> Régions couvertes dans la bibliothèque de données pour les IC des réseaux .....	30
<b>Tableau 15 :</b> Technologies de production d'électricité sur site et hors site .....	32
<b>Tableau 16 :</b> Sources de données utilisées pour désagréger la liste des combustibles dans le RIN.....	33
<b>Tableau 17 :</b> Description de la méthodologie utilisée pour calculer les consommations spécifiques de chaleur.....	34
<b>Tableau 18 :</b> Liste des principales sources de données utilisées dans la modélisation de la production de suif de bœuf à partir de sous-produits animaux.....	38
<b>Tableau 19 :</b> Portée géographique pour l'orge, le maïs, le blé (dur et non dur) et les pois des champs inclus dans le Modèle .....	41
<b>Tableau 20 :</b> Liste des principales sources de données pour la modélisation des charges d'alimentation agricoles .....	43
<b>Tableau 21 :</b> Portée géographique des cultures agricoles à l'étranger.....	46

<b>Tableau 22</b> : Seuils des cellules de grille des cultures dans geoFootprint .....	47
<b>Tableau 23</b> : Paramètres et sources de données dans geoFootprint.....	48
<b>Tableau 24</b> : Liste de principales sources de données utilisées pour la modélisation des résidus de cultures.....	51
<b>Tableau 25</b> : Liste de principales sources de données utilisées pour la modélisation de la récolte et la production de fibres ligneuses.....	55
<b>Tableau 26</b> : Principale source de données utilisée pour la modélisation de la production de graisse jaune à partir d’HCU .....	57
<b>Tableau 27</b> : Type de combustible utilisé pour le transport et le stockage de gaz naturel .....	62
<b>Tableau 28</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation du transport par gazoduc.....	62
<b>Tableau 29</b> : Liste des charges d’alimentation et des procédés de conversion inclus dans le Modèle pour les combustibles renouvelables brûlés.....	64
<b>Tableau 30</b> : Teneur en eau et PCS (MJ/kg) des combustibles renouvelables solides.....	64
<b>Tableau 31</b> : Liste des principales sources de données pour la modélisation de la distribution et la combustion des combustibles renouvelables solides issus de fibres ligneuses .....	65
<b>Tableau 32</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la combustion des granules de résidus agricoles.....	67
<b>Tableau 33</b> : Processus élémentaires de transport dans le Modèle .....	67
<b>Tableau 34</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés de transport générique.....	68
<b>Tableau 35</b> : Types de processus de transport d’hydrogène disponible dans la bibliothèque de données	69
<b>Tableau 36</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés du transport d’hydrogène.....	69
<b>Tableau 37</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de processus agrégés de transport prédéfinis .....	73
<b>Tableau 38</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés de transport de GNR.....	75
<b>Tableau 39</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour modéliser les processus agrégés de transport du propane renouvelable .....	76
<b>Tableau 40</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de processus élémentaires de CSC.....	79
<b>Tableau 41</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la production d’huile de maïs.....	80
<b>Tableau 42</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la culture de caméline .....	81
<b>Tableau 43</b> : Portée géographique des oléagineux de caméline, du canola et du soja utilisés pour modéliser l’huile des processus modifiables d’oléagineux .....	82



<b>Tableau 44</b> : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de l'extraction d'huile à partir d'oléagineux.....	82
<b>Tableau 45</b> : PRP 100 ans des GES. Adapté depuis l'AR5 du GIEC. ....	84
<b>Tableau 46</b> : Valeurs de conversion de charges d'alimentation supplémentaires.....	89
<b>Tableau 47</b> : Paramètres supplémentaires pour des CFIC. Pour des CFIC gazeux, la PCS et la densité sont fournis à un volume à conditions standards .....	90
<b>Tableau 48</b> : Paramètres supplémentaires pour les coproduits de CFIC.....	92
<b>Tableau 49</b> : Paramètres supplémentaires d'intrants matériels.....	93
<b>Tableau 50</b> : Paramètres supplémentaires pour les autres combustibles.....	93

## Définitions

**Affectation** : Imputation des flux entrant ou sortant d'un processus ou d'un système de produits entre le système de produits étudié et un ou plusieurs autres systèmes de produits (ISO 14040).

**Analyse de Monte-Carlo** : Technique utilisée en simulation numérique qui sert à générer à répétition des résultats probabilistes pour un modèle et qui, pour chaque simulation, fournit une valeur choisie au hasard pour chaque variable selon la distribution de chacun des paramètres d'entrée.

**Analyse du cycle de vie (ACV)** : Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie (ISO 14040).

**Biocombustible** : Tout combustible liquide, gazeux ou solide produit à partir de la biomasse.

**Biogaz** : Mélange gazeux récupéré de la décomposition anaérobie de biomasse et composé principalement de méthane et de dioxyde de carbone, et qui contient d'autres composants qui le rendent impropre, selon les normes, à l'injection dans le plus proche pipeline de gaz naturel.

**Biomasse** : Comprend la partie biodégradable des produits issus de l'agriculture, de la sylviculture, de l'élevage, des déchets et des industries connexes. Il s'agit par exemple de résidus et de déchets ligneux, de plantes et de cultures, de sous-produits alimentaires et de la parties biodégradables des déchets municipaux.

**Combustibles à faible intensité en carbone (CFIC)** : Des combustibles, autres que les combustibles fossiles, qui ont une intensité en carbone inférieure aux combustibles fossiles. Cette définition inclut l'hydrogène.

**Charge d'alimentation** : Ressource qui est extraite, cultivée, collectée, récoltée et/ou transformée et livrée à l'usine de conversion à partir de laquelle un combustible est produit.

**Cycle de vie** : Les étapes consécutives et interdépendantes d'un système de produit, par exemple de l'acquisition des charges d'alimentation jusqu'à la combustion du combustible à faible intensité en carbone.

**Écosphère** : Comprend l'ensemble de l'environnement naturel. Par exemple, l'air, l'eau et les ressources naturelles.

**Étape du cycle de vie** : Ensemble de processus élémentaires reliés par un réseau de flux qui modélisent une étape principale du cycle de vie d'un combustible. Dans le *Modèle ACV des combustibles*, il y a 5 étapes du cycle de vie : la production de la charge d'alimentation, le transport de la charge d'alimentation, la production de combustible, la distribution de combustible et la combustion de combustible.

**Équivalent dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>e)** : Quantité de dioxyde de carbone qui serait nécessaire pour produire un effet de réchauffement équivalent sur une période donnée.

**Évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI)** : Phase de l'ACV destinée à comprendre et à évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels d'un système de produit sur l'environnement au cours de son cycle de vie. (ISO 14040).

**Facteur de caractérisation** : Facteur établi à partir d'un modèle de caractérisation qui est utilisé pour convertir les résultats de l'inventaire du cycle de vie en unité commune d'indicateur de catégorie (ISO 14040). Également nommé facteur d'impact.

**Filière de production de combustible** : Ensemble de processus élémentaires, de paramètres de modélisation et de données de base incluses dans le Modèle ACV des combustibles qui permet de déterminer l'intensité en carbone d'un combustible à partir d'une charge d'alimentation particulière.

**Flux** : Matière ou énergie qui entre ou qui sort d'un processus.

**Flux élémentaire** : Flux qui est échangé avec l'environnement. Par exemple, les gaz à effet de serre.

**Flux intermédiaire** : Flux qui est échangé au sein de la technosphère, c'est-à-dire contrôlé par l'humain. Dans le contexte du *Modèle ACV des combustibles*, n'importe quel flux qui n'est pas un flux élémentaire.

**Intensité en carbone (IC)** : Relativement au stock d'un type donné de combustible, quantité de CO<sub>2</sub>e rejetée pendant les activités menées au cours du cycle de vie de ce combustible — y compris les émissions liées à l'extraction ou à la culture de la charge d'alimentation utilisée pour produire le combustible, au traitement, au raffinage ou à la valorisation de cette charge d'alimentation pour produire le combustible, au transport et à la distribution de cette charge d'alimentation, des produits intermédiaires ou du combustible, ainsi qu'à la combustion du combustible — par rapport à l'énergie produite lors de sa combustion, exprimée en grammes de CO<sub>2</sub>e par mégajoule d'énergie produite.

**Inventaire du cycle de vie (ICV)** : Phase de l'ACV portant sur la compilation et la quantification des intrants et des extrants d'un produit durant son cycle de vie (ISO 14040).

**Processus agrégé** : processus comportant l'ICV d'un groupe de processus élémentaires.

**Processus élémentaire** : plus petite partie pour laquelle les données d'entrée et de sortie sont quantifiées (ISO 14040).

**Technosphère** : Comprend tous les développements anthropiques. Une fois que les matériaux de l'écosphère sont extraits et contrôlés par l'humain, ils font partie de la technosphère.

**Unité fonctionnelle** : Performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie (ISO 14040).

## Acronymes

ACV	Analyse du cycle de vie
ACVI	Évaluation de l'impact du cycle de vie
AR5	5 <sup>e</sup> rapport du GIEC
CAFÉ3	<i>Cadre analytique canadien pour l'évaluation environnementale de l'électricité</i>
CFIC	Combustible à faible intensité en carbone
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services
COS	Carbone organique du sol
CSC	Captage et stockage du carbone
DDS	Drêches de distillerie sèches
DDSS	Drêches de distillerie avec solubles sèches
DHD	Drêches humides de distillerie
DHDS	Drêches humides de distillerie avec solubles
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GNC	Gaz naturel comprimé
GNL	Gaz naturel liquéfié
GNR	Gaz naturel renouvelable
GREET	<i>Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies</i>
HCU	Huile de cuisson usée
IC	Intensité en carbone
ICV	Inventaire du cycle de vie
IEAGHG	International Energy Agency
IQD	Indicateurs de qualité des données
LGN	Liquides de gaz naturel
NETL	National Energy Technology Laboratory
OAIEM	Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines
ONE	Office national de l'énergie
OPGEE	Oil Production Greenhouse Gas Emissions Estimator
PCS	Pouvoir calorifique supérieur
PNUE	Programme des nations unies pour l'environnement
PRELIM	Petroleum Refinery Life-Cycle Inventory Model
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
RIN	Rapport d'inventaire national
TRCCD	Table ronde canadienne sur les cultures durables
UR	Unité de rapprochement
VFM	Vaporeformage du méthane

## Chapitre 1: Introduction et principes généraux

### 1.1. Présentation du *Modèle ACV des combustibles*

Le gouvernement du Canada a mis au point le *Modèle d'analyse du cycle de vie (ACV) des combustibles* (ci-après nommé le *Modèle*) pour calculer l'intensité en carbone (IC) des combustibles produits et utilisés au Canada. Le *Modèle* est accessible au public et est conçu pour informer et réduire l'IC des combustibles canadiens. Le *Modèle* est robuste, transparent, bilingue et basé sur le contexte canadien. Les utilisateurs du *Modèle* pourraient inclure l'industrie, le milieu académique, les praticiens d'ACV, les organisations gouvernementales, les organisations non-gouvernementales et d'autres organisations avec un intérêt dans le secteur d'énergie. Le *Modèle* peut aussi être utilisé dans le contexte de programmes spécifiques.

Il y a trois composantes principales au *Modèle* :

- 1) **Base de données du modèle ACV des combustibles** : Contient une bibliothèque de jeux de données d'IC et des filières de production de combustible élaborées afin de modéliser l'IC d'un combustible ou d'une source d'énergie en particulier.
- 2) **Méthode du modèle ACV des combustibles** : Décrit la méthodologie, les sources de données et les hypothèses utilisées afin d'élaborer le *Modèle*. Le document fournit les justifications sous-jacentes à l'approche méthodologique.
- 3) **Manuel d'utilisation du modèle ACV des combustibles** : Fournit des renseignements relatifs aux définitions générales et aux concepts reliés à l'ACV de la perspective du *Modèle*. Fournit également des conseils techniques par rapport aux manipulations de base qu'il est nécessaire d'effectuer afin de calculer des valeurs d'IC dans le logiciel openLCA.

### 1.2. Objectif de la *Méthode du modèle ACV des combustibles*

L'objectif de ce document est d'expliquer la méthodologie utilisée pour développer le *Modèle*. De manière générale, la *Méthode du modèle ACV des combustibles* décrit les hypothèses générales, les sources de données et les méthodes de calcul utilisées dans le développement du *Modèle*. Elle décrit également certains concepts généraux propres au domaine de l'ACV qui ont été utilisés pour développer la base de données.

Le document est divisé selon les chapitres suivants :

- Chapitre 1: Introduction et principes généraux: Présente le *Modèle* et certains concepts généraux utilisés dans le reste du document.
- Chapitre 2 : Définition de l'objectif et du champ de l'étude du *Modèle ACV des combustibles*: Fournit la définition des objectifs et du champ de l'étude du *Modèle*, de même que les hypothèses et les choix de modélisation qui s'appliquent à la base et données et au développement de celle-ci.
- Chapitre 3 : Bibliothèque de données du *Modèle ACV des combustibles* : Décrit l'approche de modélisation, les hypothèses de modélisation et les sources de données pour chaque catégorie de processus agrégés inclus dans la *Bibliothèque de données* du *Modèle*.

- Chapitre 4 : Filières de production de combustible: Décrit la structure des filières de production de combustible et l’approche de modélisation de processus modifiables inclus dans la *Base de données du modèle ACV des combustibles*.

Il est prévu que ce document soit mis à jour pour refléter les mises à jour du Modèle. Pour obtenir des instructions sur la comment configurer et utiliser le Modèle, veuillez-vous référer au *Manuel d'utilisation du modèle ACV des combustibles*.

### 1.3. Normes connexes

Le Modèle est conçu conformément à la norme *ISO 14040 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre* et *ISO 14044 : Gestion de l’environnement — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices*.

**ISO 14040:** Gestion environnementale  
– Analyse du cycle de vie – Principes  
et cadres

La norme ISO 14040 fourni de la terminologie reliée à l’ACV et la structure à suivre lors de la réalisation d’une ACV. La norme ISO 14044 fourni des exigences et des lignes directrices importantes lors de la réalisation d’une ACV et est utilisée en parallèle avec la norme ISO 14040.

**ISO 14044:** Gestion  
environnementale — Analyse du  
cycle de vie — Exigences et lignes  
directrices

### 1.4. Principes généraux et fondamentaux des évaluations de gaz à effet de serre pour les filières de production des CFIC

#### 1.4.1. Description du concept général de l’ACV

Les études d’ACV sont réalisées de manière structurée avec certains principes guidant leur élaboration. Comme le décrit la norme ISO 14040, les études d’ACV comportent les quatre phases suivantes : la phase de définition de l’objectif et du champ de l’étude, la phase d’inventaire, la phase d’évaluation de l’impact du cycle de vie et la phase d’interprétation, qui sont décrites ci-dessous.

- **La définition des objectifs et du champ de l’étude** : définit la profondeur et l’ampleur de l’étude de l’ACV en fonction des objectifs de l’ACV particulière.
- **L’inventaire** : inventaire des données d’entrée et de sortie rapporté au système étudié. Implique la collecte de données.
- **L’évaluation de l’impact** : fourni des informations complémentaires pour permettre d’évaluer les résultats de l’inventaire du cycle de vie (ICV) d’un système de produits afin de mieux comprendre leur portée environnementale.
- **L’interprétation** : les résultats sont résumés et discutés pour dégager des conclusions, des recommandations et aboutir à une prise de décision conforme à la définition des objectifs et du champ de l’étude.

La **Figure 1** décrit les relations entre les quatre phases. L’ACV est un procédé itératif où les résultats d’une phase peuvent affecter le résultat des phases précédentes et subséquentes. La combinaison des quatre phases du processus d’ACV avec l’approche du cycle de vie permet d’obtenir une image plus complète lors de l’évaluation des impacts environnementaux d’un procédé donné.

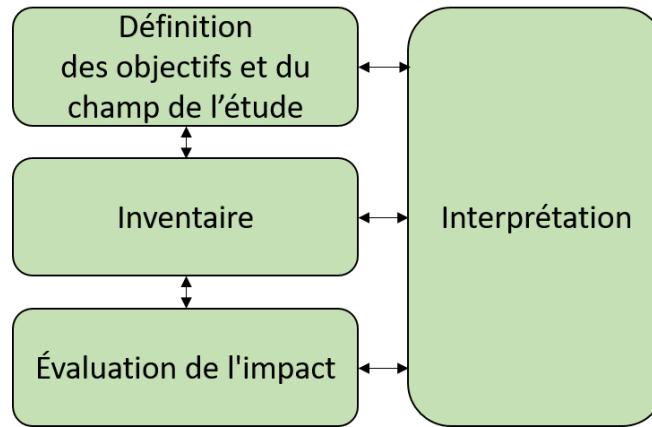


Figure 1: Les quatre phases d'une étude d'ACV. Adapté de la norme ISO 14040.

### 1.4.2. Principes et pertinence

Comme le Modèle est conçu conformément à la norme ISO 14040, il repose sur plusieurs des mêmes principes. Certains des principes pertinents au Modèle sont décrits ci-dessous.

#### Perspective du cycle de vie

Le Modèle et le calcul des IC des CFIC sont basés sur l'approche cycle de vie. Cette approche, qui considère les activités à partir de l'extraction/l'acquisition des matières premières jusqu'à leur utilisation/élimination finale, permet de prendre en compte les impacts sur l'environnement d'un procédé complet et de cerner les domaines dans lesquels les charges environnementales existent et peuvent être traitées ou évitées.

#### Accent sur les gaz à effet de serre

Le Modèle ne prend en considération que les gaz à effet de serre (GES). De plus, tel que stipulé dans la norme ISO 14040, l'ACV n'évalue que les impacts environnementaux d'un procédé. Le Modèle ne tient pas compte des facteurs économiques et sociaux lors de la détermination des IC des CFIC.

#### Transparence

La transparence est une exigence importante de l'ACV en raison de sa nature complexe. Afin d'assurer la transparence, le Modèle inclut une documentation complète ainsi qu'une explication claire de la méthodologie utilisée et des procédures de calcul au niveau des processus élémentaires (voir la prochaine section pour la définition d'un processus élémentaire). La documentation des jeux de données est conforme aux *Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases* (PNUE, 2011)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sonnemann, G., et Vigon, B. (2011). *Global guidance principles for life cycle assessment LCA databases*. Paris : Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

### 1.4.3. Concepts de modélisation en ACV et définitions

Le Modèle s'appuie sur une série de concepts utilisés en ACV pour organiser l'information. Les concepts suivants sont mentionnés dans le Modèle :

- Filière de production de combustible : Ensemble de processus élémentaires (défini ci-dessous), de paramètres de modélisation et de données de base incluses dans le Modèle qui permet de déterminer l'IC d'un combustible à partir d'une charge d'alimentation particulière.
- *Bibliothèque de données* : Ensemble de processus agrégés qui sont utilisés pour soutenir et modéliser les processus élémentaires dans les filières de production des combustibles.
- Étape du cycle de vie : Ensemble de processus élémentaires qui modélisent une partie spécifique d'un cycle de vie.
- Processus élémentaire : Plus petit processus divisible d'un cycle de vie pour lequel les données d'entrée et de sortie sont quantifiées. En utilisant des flux, il transforme les intrants en extrants.
- Processus agrégé : Agrégation de processus élémentaires qui modélisent l'ICV d'une certaine activité.
- Flux : matières ou énergie qui entre ou qui sort d'un processus élémentaire ou d'un processus agrégé.
  - Flux élémentaire : flux qui est échangé avec l'environnement (écosphère), par exemple les GES.
  - Flux intermédiaire : flux qui est échangé entre les processus élémentaires.

Le chapitre 6 du *Manuel d'utilisation du modèle ACV des combustibles* fournit des informations détaillées sur les concepts de l'ACV et leurs définitions. Le manuel d'utilisation décrit également les concepts qui font partie du chapitre suivant de la *Méthode du modèle ACV des combustibles*, tels que l'unité fonctionnelle, les règles d'affectation et la méthode d'évaluation de l'impact du cycle de vie.

## Chapitre 2: Définition de l'objectif et du champ de l'étude du *Modèle ACV des combustibles*

Ce chapitre présente l'objectif et le champ d'étude du Modèle, ainsi que la méthodologie qui est commune à tous les processus inclus dans la base de données. Ceci inclut les méthodes de collecte des données, les indicateurs de qualité des données, les méthodes d'ICV et les limites de la méthodologie de l'ACV.

### 2.1. Objectif

L'objectif du Modèle est de permettre le calcul de l'IC des combustibles et des sources d'énergie utilisés et produits au Canada. Le Modèle fourni aux utilisateurs trois composantes pour calculer les IC : la *Base de données du modèle ACV des combustibles*, la *Méthode du modèle ACV des combustibles* et le *Manuel d'utilisation du modèle ACV des combustibles*.

La *Base de données du modèle ACV des combustibles* est composé d'une bibliothèque de données de valeurs de base d'IC pour des filières de production des CFIC et des combustibles ainsi que des processus élémentaires modifiables. Bien que les processus de la bibliothèque de données ont été développés pour modéliser le cycle de vie de combustibles produits au Canada, le Modèle contient également des



processus qui modélisent des activités qui ont lieu à l'extérieur du Canada et qui sont nécessaires pour modéliser des combustibles et des sources d'énergie produits et utilisés au Canada.

Le Modèle a été développé en conformité avec les exigences des normes ISO 14040 et ISO 14044. Tel qu'indiqué par la norme ISO 14040, les résultats de l'IC calculés par le Modèle sont basés sur une approche relative, ce qui signifie qu'ils représentent des émissions GES potentielles et non des émissions GES actuelles. Par conséquent, les résultats du Modèle ne doivent pas être utilisés pour faire des affirmations comparatives directes concernant des valeurs d'IC ou d'impact environnemental en dehors de la portée d'un programme particulier ou sans respecter les exigences des normes ISO 14040 et ISO 14044. Les programmes qui permettent ou exigent l'utilisation du Modèle pourraient avoir de la documentation spécifique à propos de comment utiliser le Modèle en vertu du programme.

## 2.2. Champ de l'étude

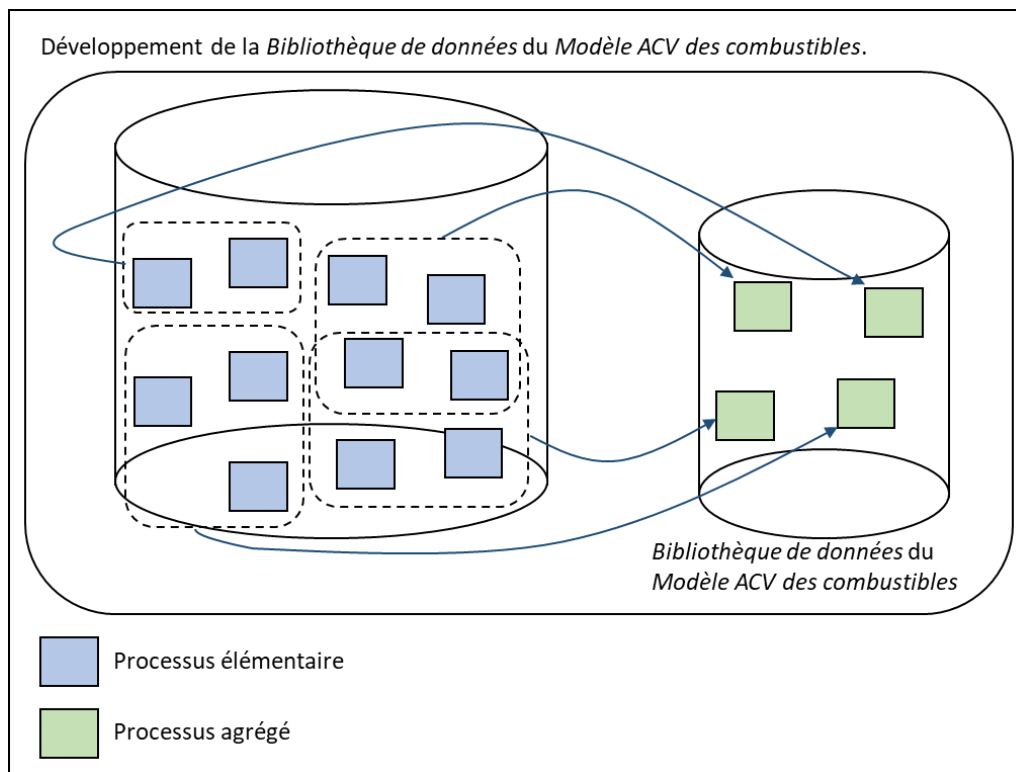
### 2.2.1. Unité fonctionnelle

Une **unité fonctionnelle** est définie comme la performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une ACV. Cela facilite la détermination des flux de référence pour les systèmes étudiés. L'unité fonctionnelle pour les combustibles est de 1 MJ de contenu énergétique basé sur le pouvoir calorifique supérieur (PCS) livré à l'utilisateur final pour son contenu énergétique. L'unité fonctionnelle de 1 MJ du combustible final exclut le contenu énergétique des dénaturants d'origine fossile qui sont ajoutés aux combustibles.

Les valeurs d'IC sont exprimées en grammes d'équivalents de dioxyde de carbone ( $\text{g CO}_2\text{e}$ ) par unité d'énergie produite par la combustion du combustible en mégajoules (MJ), d'après le PCS. Le Modèle ne tient pas compte de l'efficacité de l'appareil de combustion. Ainsi, un seul facteur d'émission de combustion par combustible est appliqué pour calculer l'IC.

### 2.2.2. Bibliothèque de données des processus agrégés

La *Base de données du modèle ACV des combustibles* comprend une bibliothèque de données qui contient plusieurs centaines de processus agrégés qui peuvent être utilisés lors de la modélisation des IC. Ces processus agrégés ont été produits à partir de l'ICV des multiples processus élémentaires qui ont été créés dans le cadre du développement du Modèle. Les processus agrégés permettent l'agrégation et la simplification de multiples processus élémentaires et augmentent l'accessibilité du Modèle. Une représentation du développement de la bibliothèque de données est montré dans la **Figure 2**.



**Figure 2:** Représentation schématique du développement de la *Bibliothèque de données* du *Modèle ACV des combustibles*

### 2.2.3. Filières de production de combustible et processus modifiables

Le Modèle contient également des processus élémentaires qui sont structurés pour modéliser diverses filières de production de CFIC. Ces filières permettent aux utilisateurs d'entrer des données et, à l'aide des processus agrégés de la bibliothèque de données, de générer une IC adapté à leurs besoins de modélisation.

Le Modèle contient également des processus modifiables qui modélisent certaines activités. Ces processus élémentaires sont modélisés partiellement et permettent à l'utilisateur de remplacer certains flux avec d'autres flux représentant sa situation.

### 2.2.4. Portée géographique

Le Modèle a été élaboré pour modéliser le contexte canadien. Toutefois, il contient également certains processus internationaux liés aux charges d'alimentation et à l'électricité afin de mieux représenter le système de production de combustible complexe au Canada. Les choix de modélisations et la documentation de données pour chaque type de processus international sont indiqués dans les sections particulières de ce document. Les processus internationaux inclus dans la *Bibliothèque de données* sont énumérés dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1:** Processus agrégés internationaux indus dans la *Bibliothèque de données du Modèle ACV des combustibles*

Type de processus	Portée géographique	Documentation des données
Charges d'alimentation de grain (canne à sucre)	États brésiliens	Chapitre 3.5.2
Réseau électrique	États américains	Chapitre 3.3.2
Réseau électrique	Moyenne nationale brésilienne	Chapitre 3.3.2

De plus, certains des processus canadiens ont été développés de telle sorte qu'ils peuvent être utilisés comme variables de substitution pour des processus similaires dans d'autres régions. Par exemple, la production de gaz naturel a été modélisée en utilisant des données canadienne et le sorgho a été modélisé en utilisant des données américaines, mais les deux processus peuvent être utilisés peu importe l'emplacement géographique. Les processus agrégés qui sont applicables au-delà du contexte canadien sont identifiés comme tels dans la bibliothèque de données et sont énumérés dans le **Tableau 2**.

**Tableau 2:** Les processus de la bibliothèque de données du Modèle qui ont été développés pour le contexte canadien, mais qui peuvent être appliqués à d'autres régions

Type de processus	Documentation des données
Intrants chimiques	Chapitre 3.1
Facteurs d'émission de combustion	Chapitre 3.2
Autres sources d'énergie	Chapitre 3.4
Cultures (à l'exception de canne à sucre)	Chapitre 3.5.2
Résidus	Chapitre 3.5.3
Autre déchets	Chapitre 3.5.4
Électricité spécifique à une technologie	Chapitre 3.3.2 (voir la section Approche de modélisation des technologies de production d'électricité)
Combustibles fossiles	Chapitre 3.6
Combustibles renouvelables	Chapitre 3.7
Transport	Chapitre 3.8

### 2.3. Frontières du système

Les frontières du système sont établies en ACV afin d'inclure les étapes importantes du cycle de vie, les processus élémentaires et les flux élémentaires dans l'analyse. Les frontières générales du système pour le Modèle sont définies par les cinq principales étapes du cycle de vie présentées à la **Figure 3**.

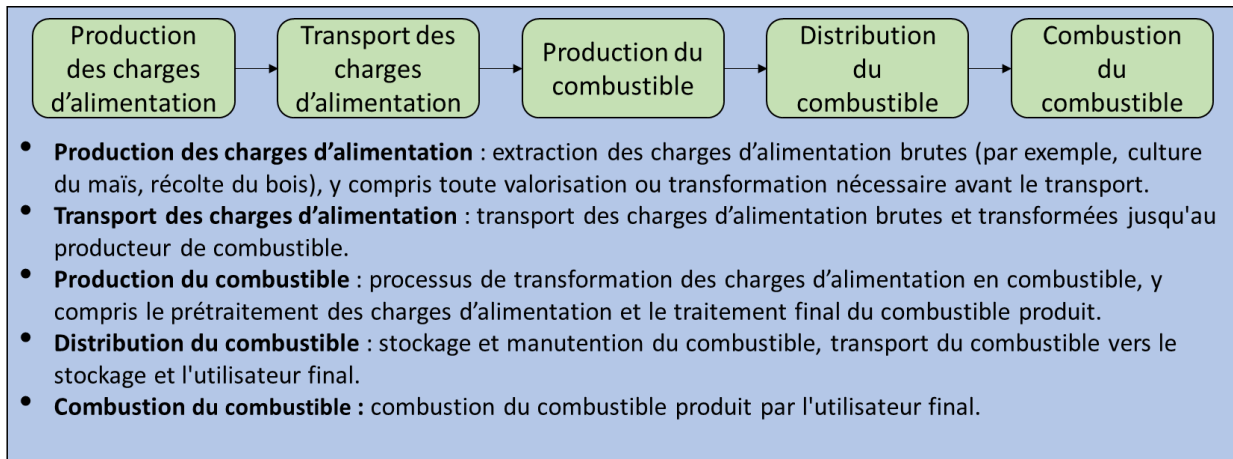


Figure 3: Les cinq étapes du cycle de vie d'un CFIC dans le Modèle

Les frontières de chaque étape du cycle de vie comprennent les émissions de GES du cycle de vie associées à l'utilisation des charges d'alimentations, des intrants d'électricité (à la fois le réseau et la production sur site), des intrants de combustibles, des intrants de matériaux (ex. : les produits chimiques), des processus de transport, des émissions de procédés (ex. : la mise à l'air et le torchage) et d'autres émissions directes. Les procédés exclus et les critères de coupure sont présentés dans les sous-sections suivantes.

### 2.3.1. Procédés exclus

Dans l'ICV du Modèle, la priorité est donnée aux intrants énergétiques et matériels qui font partie du cycle de vie d'un combustible, y compris les émissions associées à la production et à l'utilisation de ses intrants. Parmi ces intrants et ces émissions, seuls les contributeurs significatifs à l'IC du combustible sont pris en compte.

Les procédés suivants sont exclus de la base de données du modèle soit à cause de leurs contributions négligeables ou de leurs limitations tel qu'un manque de données ou de méthodes, ou à cause d'une incertitude élevée.

- La construction et la mise hors de service de l'équipement et des installations;
- La fabrication d'infrastructures de transport des combustibles (c'est-à-dire gazoducs, camions, navires, routes);
- La fabrication d'infrastructures de combustion de combustible (c'est-à-dire véhicules, chaudières);
- Les centres de gestion des déchets solides et de traitement des eaux usées;
- Les activités de recherche et de développement;
- Les activités indirectes liées à la production de combustible, comme la commercialisation, la comptabilité, les déplacements domicile-travail et les activités juridiques;
- Le changement indirect d'affectation des terres.

Ces exclusions ont été appliquées de manière cohérente dans l'ensemble du modèle, ce qui limite le risque de biais et d'incohérence entre les différentes filières.

### 2.3.2. Critère de coupure

Tandis que les procédés exclus représentent des activités explicites qui sont hors de la portée du Modèle, les critères de coupure sont appliqués en ACV à la sélection des procédés ou des flux qui sont inclus dans l'étude. Les procédés ou flux qui se trouvent sous un certain seuil peuvent être exclus du Modèle. Différents types de critères sont utilisés en ACV pour décider quels intrants et extrants doivent être pris en compte dans l'ACV, dont la masse, l'énergie et la portée environnementale. Les définitions des critères de coupure mentionnées dans la norme ISO 14044 comprennent :

- Masse : inclusion de tous les intrants qui, cumulativement, participent davantage qu'un pourcentage défini des intrants matériels du système de produits.
- Énergie : inclusion de tous les intrants qui, cumulativement, participent davantage qu'un pourcentage défini des intrants énergétiques du système de produits.
- Portée environnementale : inclusion d'intrants spécialement sélectionnés en raison de leur pertinence environnementale, bien qu'ils puissent être inférieurs à d'autres critères de coupure (par exemple, la masse).

Tel qu'indiqué dans la norme ISO 14044, l'identification initiale des intrants et des extrants sur la base de la seule contribution de masse peut entraîner l'omission d'intrants ou d'extrants importants dans l'analyse. En tant que telle, la portée énergétique et environnementale a également été utilisée comme critère d'exclusion.

Dans le Modèle, des efforts ont été déployés pour inclure l'ensemble des flux pertinents associés à chaque processus, à l'exception des procédés exclus énumérés au **chapitre 2.3.1**. Lors des contrôles de complétude et de sensibilité, un critère de coupure de 1% a été appliqué sur la portée environnementale, tel que calculée par la méthode d'évaluation de l'impact. Les critères de coupure ont été appliqués au niveau des processus élémentaires individuels.

Selon le critère de coupure, les procédés additionnels suivants sont exclus de la base de données du Modèle :

- Les matériaux secondaires (par exemple, lubrifiants, produits de nettoyage, emballages, etc.)
- L'eau potable provenant des réseaux municipaux ou extrait directement de sources de surface ou souterraines.

### 2.4. Acquisition et qualité des données

Cette section présente un ensemble de préférences en matière de qualité des données établies pour le Modèle et qui ont été appliquées lors de la modélisation de la bibliothèque des données.

La collecte de données visant l'élaboration de l'ICV s'est appuyée sur l'examen et la compilation de données provenant d'un large éventail de sources, incluant des publications et des statistiques gouvernementales, des publications et des statistiques industrielles, d'autres outils ACV de modélisation des combustibles et des données bibliographiques sur des systèmes de CFIC dont la production actuelle au Canada est faible ou nulle. Pour la production d'éthanol et de biodiesel, plusieurs années de données primaires opérationnelles étaient disponibles pour un large segment des producteurs canadiens d'éthanol et de biodiesel. Celles-ci ont été agrégées afin de protéger leur confidentialité.

Les données de l'ICV utilisées dans la modélisation des CFIC sont un mélange de données qui sont des données spécifiques aux systèmes canadiens et des données provenant d'autres juridictions qui sont jugées suffisamment représentatives du Canada. Lorsque pertinent, les jeux de données provenant d'autres juridictions ont été adaptés au contexte Canadien (par exemple, remplacer un intrant d'électricité avec le processus de réseau électrique canadien).

En raison de la variabilité régionale d'un certain nombre d'aspects de la production canadienne de combustibles, le Modèle tient compte de la variation régionale en fournissant certains processus agrégés définis au niveau régional (est ou ouest du Canada) ou provincial. Les facteurs régionaux suivants, qui pourraient influencer l'IC des CFIC, ont été utilisés dans le Modèle, dans les limites des données disponibles :

- Différences de consommation de combustible dans l'exploitation forestière, le sciage et les autres activités de transformation;
- Les systèmes énergétiques d'arrière-plan, comme les différents réseaux électriques qui fournissent de l'énergie aux procédés de production des combustibles;

Les sous-sections suivantes présentent les pratiques de collecte de données utilisées dans le développement du Modèle.

#### 2.4.1. Collecte de données pour les processus agrégés de la *Bibliothèque de données*

Le Modèle contient plusieurs sources de données différentes pour modéliser les centaines de processus agrégés qu'il contient. Le **Tableau 3** présente les différents niveaux de qualité des données considérés lors de la collecte des données. Du temps et des efforts ont été investis pour obtenir des données correspondant au niveau « haute qualité ». Lorsque ces types de données n'étaient pas disponibles, les données correspondant aux niveaux de « qualité acceptables » et de « la plus basse qualité acceptable » ont été considérés. Les sources de données qui ne pouvaient pas atteindre le niveau de « la plus basse qualité acceptable » n'ont pas été incluses dans le Modèle.

**Tableau 3:** Définition du niveau de qualité des données considéré lors du processus de collecte des données

<b>Niveau de qualité des données</b>	<b>Définition</b>
Haute qualité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Données régionales spécifiques et récentes (recueillies il y a moins de 5 ans).</li><li>• Basées sur des mesures et publiées par des sources officielles et vérifiées (par exemple, les statistiques gouvernementales)</li><li>• Recueillies dans plus de 50 % des sites de la région étudiée.</li></ul>
Qualité acceptable	<ul style="list-style-type: none"><li>• Données moyennes d'une région plus grande, y compris de la région étudiée (recueillies il y a moins de 10 ans).</li><li>• Données fondées sur des mesures et publiées dans des publications scientifiques ou par des organisations industrielles.</li><li>• Recueillies dans un échantillon de sites</li></ul>
La plus basse qualité acceptable	<ul style="list-style-type: none"><li>• Données ou ICV extraits d'outils et d'initiatives reconnus (par exemple, GREET)</li><li>• Données d'une région différente, mais représentatives de la région étudiée (recueillies il y a moins de 15 ans).</li><li>• Mesures à partir d'un seul site ou estimation d'expert fait par une personne qualifiée.</li></ul>

### 2.5. Incertitude relative aux données

La mesure de l'incertitude des données a été utilisée lors du développement du Modèle pour évaluer la qualité des données qui ont servi à modéliser les processus agrégés de la bibliothèque de données. Bien que l'incertitude des données ait été évaluée pendant le développement du Modèle, ses résultats ne sont pas disponibles dans la bibliothèque de données du Modèle.

Pour quantifier l'incertitude sur les données, des indicateurs de qualité des données (IQD) ont été utilisés pour évaluer chaque flux à l'aide d'une approche matricielle. Les scores obtenus ont été utilisés pour évaluer les incertitudes sur les données, puis pour évaluer l'incertitude du Modèle et des résultats avec une analyse de Monte Carlo.

Lorsque des informations quantitatives au sujet de l'incertitude étaient disponibles (par exemple, un échantillon de données ou un écart-type), l'incertitude était appliquée en spécifiant les paramètres de dispersion du type de dispersion (comme la distribution uniforme, log-normale ou triangulaire).

Dans les cas où des informations quantitatives sur l'incertitude n'étaient pas directement disponibles, la matrice « pedigree » fournie par Weidema et coll. (2013)<sup>2</sup> a été utilisée. Elle contient cinq types d'IQD, chacun d'entre eux se voyant attribuer une note de 1 à 5 pour les paramètres suivants :

1. Fiabilité;
2. Exhaustivité;
3. Corrélation temporelle;
4. Corrélation géographique;
5. Corrélation technologique supplémentaire.

Basé sur ces critères, des scores sont attribués aux données et aux filières correspondantes. Ces scores sont ensuite jumelés à des facteurs d'incertitude de base pour élaborer des écarts types géométriques mis au carré qui seront utilisés dans le cadre de l'analyse de Monte-Carlo afin de déterminer l'influence de la qualité des données sur la fiabilité des résultats de l'étude.

## 2.6. Affectation des coproduits

Dans les cas où le système étudié est un procédé multifonctionnel qui génère plus d'un produit commercialisable, la charge environnementale liée à ce procédé peut être répartie entre les différents produits du système (produit principal et coproduits) à l'aide d'une règle d'affectation. Selon la norme ISO 14044, l'approche fondée sur l'affectation doit être évitée en subdivisant davantage le système pour isoler les coproduits, ou en utilisant l'approche d'élargissement des frontières du système. Si l'affectation ne peut être évitée, il convient d'utiliser une règle d'affectation par relations physique (par exemple, la masse ou le contenu énergétique) ou d'autres relations mutuelles (par exemple, la valeur économique).

La nécessité de répartir les charges environnementales entre les produits et les coproduits se manifeste à plusieurs endroits dans le cycle de vie de nombreuses filières de combustibles, notamment :

- Tourteau de canola et de soja produits lors de l'extraction d'huile végétale;
- Production de chaleur et d'électricité de même que la production de nourriture pour animaux lors de la production d'éthanol;
- Résidus agricoles et forestiers issus de la culture et de la récolte primaire qui sont utilisés pour produire des biocombustibles;
- Extraction et transformation de combustibles fossiles liquides et gazeux.

Le Modèle applique différentes approches d'affectation, qui sont définies dans les sections suivantes.

### 2.6.1. Affectation énergétique

Dans le Modèle, l'affectation par contenu énergétique est l'approche d'affectation par défaut. Dans les systèmes de production de combustible, le contenu énergétique, également désigné PCS, est généralement reconnu comme la mesure la plus appropriée.

---

<sup>2</sup>Weidema B P, Bauer C, Hirschier R, Mutel C, Nemecek T, Reinhard J, Vadenbo CO, Wernet G., 2013. *Centre suisse pour les inventaires du cycle de vie Aperçu et méthodologie* (final) (v3) 3, 1 (v3).



### 2.6.2. Affectation massique

Le Modèle utilise l'affectation massique pour les processus de charges d'alimentations issues de fibres ligneuses et de graisses animales, ainsi que le processus modifiable pour l'huile d'oléagineux.

### 2.6.3. Expansion des frontières du système

L'approche d'expansion des frontières du système implique la prise en compte des charges environnementales associées au produit substitué d'un coproduit produit à l'installation de production de combustible. Les charges environnementales associées avec ce produit substitué sont soustraites de l'IC du système de produit étudié. Par exemple, une installation de production de combustible peut générer de l'électricité excédentaire comme coproduit qui peut ensuite être utilisé sur place ou exporté au réseau. Avec l'approche d'expansion des frontières du système, on suppose que l'électricité excédentaire « déplacera » les charges environnementales associées avec l'électricité du réseau (qui représente le produit substitué).

L'expansion des frontières du système est utilisée pour l'électricité et la vapeur excédentaires produites dans les installations de production de combustible. Dans le cas d'électricité excédentaire, le Modèle inclut une liste de processus pour l'électricité excédentaire représentant différents réseaux régionaux et un processus pour la vapeur excédentaire.

L'expansion des frontières du système peut également être appliquée lorsque des déchets sont utilisés comme charge d'alimentation pour la production de CFIC, ce qui entraîne de réelles réductions des émissions de méthane. Dans ce cas, les frontières du système autour des déchets destinés à la production de combustible devraient être élargies pour inclure le différentiel d'émissions entre l'utilisation des déchets pour la production de combustible et un scénario de référence qui se serait produit si les déchets n'avaient pas été utilisés pour la production de combustible.

### 2.6.4. Approche « cut-off »

Certains des processus des charges d'alimentation de la bibliothèque de données représentent des déchets provenant d'autres industries telles que l'huile de cuisson usée (transformée en graisse jaune) provenant de restaurants et les graisses animales provenant d'abattoirs. Ce sont des cas de recyclage des déchets. Le Modèle applique l'approche « cut-off » au recyclage des déchets. Dans l'approche « cut-off », si un déchet (première vie) est utilisé à une autre fin (deuxième vie) au lieu d'être éliminé, le producteur du déchet ne se voit pas attribuer de charges pour l'élimination, et l'utilisateur du déchet ne se voit pas attribuer de charges environnementales pour la production et la manipulation des matières en amont. Par conséquent, les déchets utilisés comme charges d'alimentation sont représentés dans le Modèle par des processus élémentaires vides (valeur d'IC nulle).

## 2.7. Gaz à effet de serre, carbone biogénique et changement d'affectation des terres

Conformément au champ d'étude du *Rapport d'inventaire national* (RIN), l'ICV du Modèle inclut le CO<sub>2</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), les halocarbones et les composants connexes, mais exclut les facteurs de forçage climatique à court terme (par exemple, le CO, le NO<sub>x</sub>, les COV, le carbone noir) et les autres facteurs de forçage climatique (par exemple, l'effet de l'albédo). Les émissions de CO<sub>2</sub> biogénique associées à la combustion de CFIC sont considérées nulles dans l'ICV du Modèle. Conformément au

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), on suppose que les émissions de CO<sub>2</sub> biogénique sont compensées par l'absorption de carbone avant la récolte.<sup>3</sup>

Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de changements à deux pratiques de gestion des terres sont prises en compte dans la modélisation de toutes les cultures : modifications aux pratiques de travail du sol et de jachère d'été. Les émissions de carbone suite à des modifications aux proportions des cultures annuelles et vivaces ne sont pas considérées; les changements indirects d'affectation des terres sont exclus du Modèle.

Enfin, il est généralement admis que l'approvisionnement des charges d'alimentation agricoles et de biomasse ligneuse se fait dans les limites des capacités de production commerciale existantes et des régions de récolte et ne nécessite pas la conversion de terres à d'autres fins (autres que celles mentionnées ci-dessus).

## 2.8. Méthode d'évaluation de l'impact du cycle de vie

Les méthodes d'évaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI) sont utilisées dans l'ACV pour convertir les données de l'ICV (émissions environnementales et extractions des charges d'alimentation) en un ensemble d'impacts environnementaux en utilisant des facteurs d'impact.

Dans le Modèle, les facteurs d'impacts utilisés sont le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du cinquième rapport d'évaluation (AR5) du GIEC pour un horizon de 100 ans.<sup>4</sup> L'horizon temporel de 100 ans est le facteur d'impact le plus largement utilisé dans les études d'IC, ce qui facilite la comparaison avec les résultats d'autres études. Le forçage climatique à court terme et les rétroactions du cycle climat-carbone ne sont pas pris en compte dans la méthode ACVI afin d'être cohérents avec le RIN et avec d'autres initiatives de comptabilisation des GES au Canada. Les valeurs d'IC résultant de la méthode ACVI sont exprimés en grammes d'équivalents de CO<sub>2</sub> par MJ de contenu énergétique basé sur le PCS de chaque combustible. Le **Tableau 4** fourni un résumé des PRP pour les principaux GES. Une liste complète des GES, avec leur PRP et leur incertitude associé, figure à l'**Annexe A** : Facteurs d'impact des GES.

En restant cohérent avec la politique du gouvernement du Canada sur le carbone biogénique, comme le montre le RIN du Canada (2018), le PRP pour l'absorption du carbone pendant la culture de la biomasse et les émissions de carbone biogénique provenant de la combustion des CFIC sont supposés nuls. L'hypothèse est que les émissions de CO<sub>2</sub> biogénique associées à la combustion des CFIC sont compensées par l'absorption de carbone avant la récolte. Le Modèle considère que les émissions de CO<sub>2</sub> ou l'absorption de CO<sub>2</sub> atmosphérique résultant de changements en carbone organique du sol (COS) à

---

<sup>3</sup>Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Préparé par le Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, (éd.). Kanagawa (JP) : Kanagawa (JP), Institut des stratégies environnementales mondiales. Disponible en ligne : [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html).

<sup>4</sup> Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura et H. Zhang, 2013 : Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Dans : *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (éditeurs.)]. Cambridge University Press, Cambridge, (Royaume-Unis) et New York (NY), États-Unis.

cause des pratiques de gestion de terres ont le même PRP que le CO<sub>2</sub> fossile. On considère que ces émissions ou absorptions ont un effet durable sur la concentration de GES dans l'atmosphère.

En outre, le Modèle ne prend pas en considération le profil temporel de l'absorption et des émissions de carbone biogénique (aussi appelés dette en carbone). En d'autres termes, l'absorption du carbone pendant la croissance de la biomasse forestière compensera entièrement les émissions de carbone provenant de la combustion de la biomasse, indépendamment du délai entre ces deux événements. L'aspect temporel n'est pas inclus par souci de cohérence avec les règles de comptabilité des GES des autres programmes et initiatives gouvernementaux.

**Tableau 4.** Sélection des facteurs de caractérisation servant au calcul des IC en utilisant le PRP 100 du AR5 du GIEC

<b>Gaz à effet de serre</b>	<b>PRP de 100 ans</b>
CO <sub>2</sub>	1
CO <sub>2</sub> (biogénique)	0
CO <sub>2</sub> (modification de l'affectation des terres)	1
CH <sub>4</sub> (fossile)	30
CH <sub>4</sub> (biogénique)	28
N <sub>2</sub> O	265
Hexafluorure de soufre (SF <sub>6</sub> )	23 500

### 2.9. Limites du *Modèle ACV des combustibles*

Le Modèle est basé sur des données et des informations récentes concernant les systèmes de production canadiens et certains systèmes étrangers. À ce titre, le Modèle n'inclut pas d'informations concernant les technologies futures ou l'incidence des politiques sur le secteur énergétique canadien.

Étant donné que le champ d'étude du Modèle est limité au calcul d'IC, les autres indicateurs environnementaux ne sont pas couverts.

Puisque le Modèle est principalement basé sur des données publiques, les processus inclus représentent des pratiques génériques ou moyennes. Cette limitation est partiellement atténuée par l'inclusion des filières de production de combustible, qui permettent aux utilisateurs de saisir des données primaires spécifiques à leur installation.

## Chapitre 3: Bibliothèque de données du *Modèle ACV des combustibles*

Tel que mentionné, la base de données du Modèle est composée de plusieurs « blocs de construction » qui peuvent être utilisés pour modéliser les cycles de vie des CFIC canadiens et ainsi calculer les IC. Ce chapitre présente l'approche de modélisation, l'unité fonctionnelle, les hypothèses de modélisation et les sources de données utilisées pour modéliser les processus agrégés de la bibliothèque de données.

### 3.1. Intrants chimiques

#### 3.1.1. Produits chimiques

##### Approche de modélisation pour les produits chimiques

Les produits chimiques utilisés dans les procédés de production des filières des CFIC comprennent notamment les enzymes, les acides et les catalyseurs. L'IC pour chacun de ces produits chimiques est basée sur les facteurs d'émission du cycle de vie du modèle *Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies* (GREET) de 2018. Dans le cas spécifique du méthylate de sodium, en raison d'un manque de données dans le modèle GREET de 2018, les valeurs d'émission ont été déterminées en utilisant celles du méthanol (provenant du gaz naturel) et la stœchiométrie de la réaction de production du méthylate de sodium à partir du méthanol. Les produits chimiques suivants sont inclus dans le Modèle (**Tableau 5**). L'hydrogène est également inclus comme intrant chimique et est documenté au **chapitre 3.1.3**. L'unité fonctionnelle pour chaque produit chimique est de 1 kg.

**Tableau 5** : Produits chimiques disponibles dans la Bibliothèque de données du Modèle

Produits chimiques inclus dans la bibliothèque de données du Modèle		
Acide acétique	Alpha-amylase	Ammoniac
Sulfate d'ammonium	CaO (chaux)	Carbonate de calcium
Protéine de cellulose	Cellulose	Acide citrique
Eau de macération du maïs	Phosphate diammonique	Gluco-amylase
Glucose	Hexane (n-hexane)	Acide chlorhydrique
Méthanol	Azote gazeux	Acide phosphorique
Hydroxyde de potassium	Hydroxyde de sodium	Méthylate de sodium
Acide sulfurique	Urée	Extrait de levure
Levure		

##### Portée géographique des produits chimiques

Compte tenu du manque de données d'ICV spécifiques au Canada pour ces produits chimiques, des données étrangères ont été utilisées. On suppose que les procédés ne varient pas entre les régions. Les processus peuvent être utilisés quelle que soit la localisation géographique.

##### Affectation des produits chimiques

Aucune affectation n'a été effectuée pour la modélisation des produits chimiques.

##### Sources de données pour les produits chimiques

Les facteurs d'émission des produits chimiques ont été tirés du modèle GREET de 2018 (**Tableau 6**).

**Tableau 6** : Principale source de données pour la modélisation des produits agrochimiques dans le Modèle

Type de données	Source de données
Autres produits chimiques, valeurs d'émission	Argonne National Lab. (2018). GREET.

### 3.1.2. Produits agrochimiques

#### Approche de modélisation des produits agrochimiques

Les valeurs d'IC pour les engrais synthétiques ont été déterminées à l'aide de deux méthodes différentes en fonction des types de nutriments des engrais, soit l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le soufre (S). Les ICV pour les engrais N, P et K sont basés sur les valeurs moyennes des IC canadiennes calculées avec le PRP du AR5 et publiées dans l'étude de 2016 de Cheminfo Services Inc. qui est en référence dans le rapport d'empreinte carbone de la Table ronde canadienne sur les cultures durable (TRCCD) (Cheminfo, 2016), en tenant compte de la stœchiométrie des produits et des nutriments. L'IC pour l'engrais à base de soufre est considérée comme étant nulle parce que le sulfate d'ammonium, soit l'engrais à base de soufre le plus communément utilisé au Canada constitue un sous-produit (déchet) des activités minières et de fonderie. Par conséquent, aucune émission n'est associée à la production de soufre.

Compte tenu du manque de données canadiennes détaillées sur les parts de chaque type de pesticide utilisé au Canada sur une culture donnée, l'IC moyenne pour les pesticides a été calculée à partir de la moyenne des facteurs d'émission du modèle GREET de 2018 pour cinq pesticides primaires largement utilisés au Canada (atrazine, métolachlore, acétolachlore, cyanazine et insecticides) pour les cultures concernées.

#### Portée géographique des produits agrochimiques

Compte tenu du manque de données d'ICV spécifique au Canada pour ces produits agrochimiques, des données étrangères ont été utilisées. On suppose que les procédés ne varient pas entre les régions. Les processus peuvent être utilisés quelle que soit la localisation géographique.

#### Affectation des produits agrochimiques

Aucune affectation n'a été effectuée pour la modélisation des produits agrochimiques.

#### Sources de données pour les produits agrochimiques

Les facteurs d'émission pour les pesticides ont été tirés du modèle GREET de 2018. Les engrais synthétiques ont été modélisés à partir de l'étude de 2016 de Cheminfo Services Inc. qui est en référence dans le rapport d'empreinte carbone de la Table ronde canadienne sur les cultures durable (TRCCD) de 2017. Les sources de données sont résumées au **Tableau 7**.

**Tableau 7** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des produits agrochimiques dans le Modèle

Type de données	Source de données
Engrais, IC des produits	Cheminfo. (2016). <i>Carbon Footprints for Canadian Crops: Canadian Fertilizer Production Data Final Report</i> . Cheminfo Services.
Pesticides, IC des ingrédients actifs	Argonne National Lab. (2018). GREET.

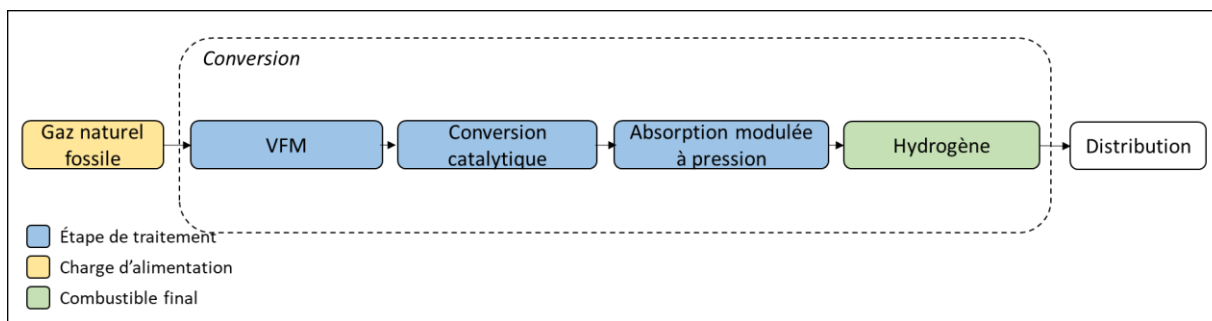
### 3.1.3. Hydrogène

Le Modèle comprend un processus agrégé qui modélise la production d'hydrogène à partir du vaporeformage du méthane (VFM) lorsque l'hydrogène est utilisé comme intrant de matériel ou d'énergie. Bien que la bibliothèque de données ne comprend que l'hydrogène provenant du VFM, les utilisateurs peuvent utiliser les processus agrégés existants dans la bibliothèque de données pour modéliser la production d'hydrogène à partir d'autres sources et méthodes de production avec une filière de combustible (**Chapitre 4**). La modélisation de la production d'hydrogène par VFM dans le Modèle est basée sur une analyse techno-économique complétée par l'*International Energy Agency* (IEAGHG 2017). Les intrants et extrants requis pour modéliser la production d'hydrogène par VFM sont basés sur cette analyse (par exemple, les quantités de gaz naturel requis comme charge d'alimentation et combustible, ainsi que les quantités d'hydrogène et d'électricité excédentaires produites. Les exigences d'énergie pour le stockage géologique de l'hydrogène produit sont modélisées en fonction d'une étude par Ramsden (Ramsden et coll. 2013).

#### Approche de modélisation d'hydrogène

Dans le procédé de VFM, le  $\text{CH}_4$  provenant du gaz naturel fossile réagit avec la vapeur en présence d'un catalyseur pour produire de l'hydrogène, du monoxyde de carbone (CO) et du  $\text{CO}_2$ . À l'étape suivante, le CO et la vapeur d'eau réagissent à l'aide d'un catalyseur pour produire du  $\text{CO}_2$  et davantage d'hydrogène, puis une adsorption à pression variable est effectuée, au cours de laquelle le  $\text{CO}_2$  et d'autres impuretés sont éliminés pour produire de l'hydrogène pur.

Le processus commence par la production et le transport du gaz naturel vers l'usine de production d'hydrogène par gazoduc. Il se termine par la production de 1 MJ d'hydrogène à la sortie de l'usine, y compris le stockage géologique. Le procédé comprend également les émissions du procédé (par exemple,  $\text{CO}_2$ ), tandis que les émissions  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$  du procédé d'hydrogène par VFM sont considérées négligeables. Les fuites d'hydrogène pendant la production sont également présumées être négligeables et sont donc exclues du processus. La production d'hydrogène inclut l'électricité exportée vers le réseau qui est générée dans une usine de cogénération à partir du surplus de vapeur. La **Figure 4** présente les principales étapes de la transformation du gaz naturel en hydrogène. La modélisation pour l'extraction du gaz naturel est décrite au **chapitre 3.6.2**. Le procédé de conversion produit une unité fonctionnelle de 1 MJ de PCS d'hydrogène.



**Figure 4 :** Principales étapes de traitement impliquées dans la production d'hydrogène par VFM

### Portée géographique de l'hydrogène

Le procédé de conversion par VFM a été modélisé d'après une usine théorique de VFM produisant 100 000 Nm<sup>3</sup>/h d'hydrogène à partir de gaz naturel comme charge d'alimentation et intrant énergétique, tel qu'évalué par l'étude de l'IEAGHG (2017). Il est supposé que l'usine n'est pas intégrée à d'autres complexes industriels et est opérée de façon autonome. Cette usine d'hydrogène théorique est utilisée comme variable de substitution pour modéliser la conversion de l'hydrogène canadien par VFM. Cela suppose que les procédés de production d'hydrogène ne varient pas d'une région à l'autre; le procédé peut donc être utilisé quelle que soit la localisation géographique.

### Affectation pour l'hydrogène

L'électricité excédentaire est traitée avec une approche d'expansion des frontières du système. L'électricité excédentaire est présumée être exportée au réseau et un crédit correspondant à l'IC du réseau moyen canadien est attribué au système de production d'hydrogène. Le **chapitre 3.3.2** fournit des renseignements additionnels au sujet de l'approche de modélisation pour l'électricité excédentaire exportée au réseau.

### Sources de données pour l'hydrogène

La conversion du gaz naturel fossile en hydrogène par VFM a été modélisée à l'aide de données compilées par l'IEAGHG, particulièrement les quantités de consommation de gaz naturel et de l'électricité excédentaire exportée prévue d'une usine d'hydrogène de 100 000 Nm<sup>3</sup>/h. Comme il y a peu d'installations opérationnelles à grande échelle qui produisent de l'hydrogène, les données de l'IEAGHG reposent sur un scénario de production d'un cas théorique de base. Le **Tableau 8** répertorie les principales sources de données utilisées dans la modélisation de la conversion de l'hydrogène à partir du gaz naturel.

**Tableau 8** : Liste des principales sources de données utilisées dans la modélisation de la conversion de l'hydrogène à partir du gaz naturel dans le Modèle

Type de données	Source de données
Conversion du gaz naturel	<p>IEAGHG. (2017). <i>Techno-Economic Evaluation of SMR Based Standalone (Merchant) Plant with CCS</i>. 2017/02, Février. 2017. Récupéré de : <a href="https://ieaghg.org/component/content/article/49-publications/technical-reports/784-2017-02-smr-based-h2-plant-with-ccs">https://ieaghg.org/component/content/article/49-publications/technical-reports/784-2017-02-smr-based-h2-plant-with-ccs</a>.</p> <p>Ramsden T., Ruth M., Diakov V., M. Laffen et T. A. Timbario (2013). <i>Hydrogen Pathways: Updated Cost, Well-to-Wheels Energy Use, and Emissions for the Current Technology Status of Ten Hydrogen Production, Delivery, and Distribution Scenarios</i>. Récupéré sur <a href="https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60528.pdf">https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60528.pdf</a></p> <p>Sun P., Young B., Elgowainy A., Lu Z., Wang M., Morelli B., and Hawkins T. (2019). <i>Criteria Air Pollutants and Greenhouse Gas Emissions from Hydrogen Production in U.S. Steam Methane Reforming Facilities</i>. <i>Environmental Science &amp; Technology</i> 2019 53 (12), 7103-7113. DOI: 10.1021/acs.est.8b06197.</p>

### 3.1.4. Mélanges chimiques prédéfinis

Le Modèle comprend trois types de mélanges chimiques prédéfinis afin de représenter les produits chimiques utilisés dans la production de trois types de combustibles : bioéthanol conventionnel, éthanol cellulosique et biodiesel. Chaque mélange chimique prédéfini a été modélisé à partir des émissions liées à la production de combustible et en identifiant les contributions spécifiques des intrants chimiques à ces émissions. L'unité fonctionnelle pour chaque mélange chimique correspond à la quantité de produits chimiques nécessaire pour produire 1 MJ (basé sur le PCS) du CFIC spécifié.

#### Approche de modélisation pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol conventionnel

Le mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol conventionnel a été modélisé en utilisant des données de production canadiennes des *Rapports complémentaires sur la performance environnementale* (RCPE). Ces rapports ont été compilés par Ressources naturelles Canada (RNCAN) dans le cadre du programme écoÉNERGIE pour les biocarburants. Du bioéthanol issu du maïs a été utilisé pour la base de la modélisation de l'utilisation de produits chimiques, et a inclus de la modélisation pour l'extraction, liquéfaction et saccharification, fermentation, et distillation et séchage de l'amidon. Les produits chimiques considérés comprenaient le gluco-amylase, l'ammoniac, l'urée, l'hydroxyde de sodium, l'alpha-amylase, l'acide sulfurique et les levures. La modélisation de ces intrants chimiques est décrite au **chapitre 3.1.1**. Les résultats ICV ont ensuite été utilisés pour créer le mélange prédéfini de produits chimiques pour le bioéthanol conventionnel.

#### Portée géographique pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol conventionnel

Les données des RCPE ont été compilées pour modéliser un processus pour l'utilisation de produits chimiques pour la production de bioéthanol. Ceci suppose que le procédé de production est le même à travers les provinces; le processus peut donc être utilisé quelle que soit la localisation géographique.

#### Affectation pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol conventionnel

L'affectation de l'ICV de la production du bioéthanol et des coproduits est basée sur le contenu énergétique.

#### Sources de données pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol conventionnel

Des données d'ICV détaillées provinciales et dépersonnalisées pour le bioéthanol issu de grain canadien ont été compilées par RNCAN dans le cadre du programme écoÉNERGIE pour les biocarburants. Les données sont agrégées à partir de l'information fournie dans les RCPE des années de production de 2012 à 2015. Un aperçu des principales sources de données utilisées pour modéliser la conversion du bioéthanol est présenté dans le **Tableau 9**.

**Tableau 9** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol conventionnel

Type de données	Source de données
Volumes de cultures produites et utilisées au niveau national	Littlejohns, J., Rehmann, L., Murdy, R., Oo, A., & Neill, S. (2018, 2018). Current state and future prospects for liquid biofuels in Canada. <i>Biofuel Research Journal</i> , 5(1), 759-779.
Production de bioéthanol régional	Ressources naturelles Canada. (2019). Programme écoÉNERGIE pour les biocarburants. Récupéré de <a href="https://www.nrcan.gc.ca/energy/alternative-fuels/biofuels/12358">https://www.nrcan.gc.ca/energy/alternative-fuels/biofuels/12358</a>



### Approche de modélisation pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol cellulosique

Le mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol cellulosique a été déterminé en modélisant la production de bioéthanol cellulosique issu de paille de blé et de canne de maïs. Les procédés de production modélisés incluent le prétraitement enzymatique, la fermentation de sucre C5/C6 et la distillation. Les intrants chimiques qui ont été considérés dans le procédé de production de bioéthanol comprennent les suivants : eau de macération du maïs, cellulose, carbonate de sodium, hydroxyde de sodium, phosphate diammonique, levure, ammoniac et acide sulfurique. La modélisation pour ces intrants chimiques est disponible au **chapitre 3.1.1**. Les résultats ICV ont ensuite été utilisés pour créer le mélange prédéfini de produits chimiques pour le bioéthanol cellulosique.

#### Portée géographique pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol cellulosique

Le procédé de conversion de bioéthanol cellulosique a été modélisé basé sur une révision de littérature des États-Unis d'Amérique (É.-U.). Les données ont été compilées afin de modéliser une approche de moyenne nationale singulière pour la conversion d'éthanol à partir de canne de maïs. Ceci suppose que le procédé de conversion est le même dans toutes les provinces. Le processus peut être utilisé quelle que soit la localisation géographique.

#### Affectation pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol cellulosique

L'affectation des charges des produits chimiques et des autres intrants pour le procédé de production de bioéthanol cellulosique est basée sur le contenu énergétique.

#### Sources de données pour le mélange chimique prédéfini de bioéthanol cellulosique

Les données utilisées pour modéliser la production de bioéthanol cellulosique ont été recueillies d'une étude de 2011 du *National Renewable Energy Laboratory* (Humbird, et coll., 2011). À l'exception des charges d'alimentation, des données pour les intrants à chaque étape du procédé de production ont été obtenues à partir du modèle GREET (Lee, Han, et Wang, 2016) et des *Environmental Resource Letters* de Wang, Han, Dunn, Cai, et Elgowainy, 2012. Il est supposé que la conversion de maïs et de blé en bioéthanol a la même efficacité, mais la canne de maïs a été modélisée avec un rendement en sucre plus élevé que celui de la paille de blé. Le **Tableau 10** répertorie les principales sources de données utilisées dans la modélisation des procédés de conversion de bioéthanol cellulosique.

**Tableau 10** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de bioéthanol cellulosique

Type de données	Source de données
Étapes de traitement de paille de blé	Humbird, D., Davis, R., Tao, L., Hsu, D., Aden, A., Schoen, P., ... Duedgeon, D. (2011). <i>Process design and economics for biochemical conversion of lignocellulosic biomass to ethanol: dilute-acid pretreatment and enzymatic hydrolysis</i> . Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.

	Lee, U., Han, J., & Wang, M. (2016, October). <i>Argonne National Laboratories</i> . Récupéré de Well-to-Wheels Analysis of Compressed Natural Gas and Ethanol from Municipal Solid Waste: <a href="https://greet.es.anl.gov/publication-wte-2016">https://greet.es.anl.gov/publication-wte-2016</a>
	Wang, M., Han, J., Dunn, J., Cai, H., & Elgowainy, A. (2012). Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. <i>Environmental Resource Letters</i> , 7(4), 13.
Étapes de traitement de canne de maïs	Humbird, D., Davis, R., Tao, L., Hsu, D., Aden, A., Schoen, P., ... Duedgeon, D. (2011). <i>Process design and economics for biochemical conversion of lignocellulosic biomass to ethanol: dilute-acid pretreatment and enzymatic hydrolysis</i> . Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
	Lee, U., Han, J., & Wang, M. (2016, Octobre). <i>Argonne National Laboratories</i> . Récupéré de Well-to-Wheels Analysis of Compressed Natural Gas and Ethanol from Municipal Solid Waste: <a href="https://greet.es.anl.gov/publication-wte-2016">https://greet.es.anl.gov/publication-wte-2016</a>
	Wang, M., Han, J., Dunn, J., Cai, H., & Elgowainy, A. (2012). Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. <i>Environmental Resource Letters</i> , 7(4), 13.

#### Approche de modélisation pour le mélange chimique prédéfini de production de biodiesel

Le mélange chimique prédéfini pour la production de biodiesel a été déterminé avec la production de biodiesel issu de trois différentes charges d'alimentations et procédés de production, qui sont résumées au **Tableau 11**.

**Tableau 11:** Liste de charges d'alimentation de biodiesel, de processus de conversion et d'intrants chimiques utilisés pour modéliser le mélange chimique prédéfini de biodiesel

Charge d'alimentation	Processus de conversion	Intrants chimiques modélisés
Huile de canola	Extraction d'huile, transestérification, raffinage	Hydroïde de potassium, méthylate de sodium, acide sulfurique
Graisses animales	Équarrissage/purification, conversion d'acides gras libres, transestérification/raffinage	Acide chlorhydrique, azote, méthylate de sodium, hydroxyde de potassium, acide citrique, acide phosphorique, hydroxyde de sodium, acide sulfurique
Huile de cuisson usée (HCU)	Purification, conversion d'acides gras libres, transestérification/raffinage	Acide chlorhydrique, méthylate de sodium, azote, acide phosphorique, hydroxyde de sodium, acide sulfurique

L'approche de modélisation pour l'extraction d'huile est décrite au **chapitre 4.2.5**. L'approche de modélisation pour la production des graisses animales est décrite au **chapitre 3.5.1**. L'approche de modélisation pour l'HCU (graisse jaune) est décrite au **chapitre 3.5.6**. Pour la production de biodiesel issu de l'huile de canola, le procédé de conversion et la modélisation des intrants chimiques sont modélisés à partir des données moyennes de production canadienne recueillies de 2011 à 2015 tirées des RCPE. Le facteur d'émission pour le mélange chimique prédéfini a été déterminé en calculant les impacts des produits chimiques mentionnés dans le tableau ci-haut et en créant une moyenne basée sur les trois méthodes de production. Le méthanol n'a pas été inclus dans le mélange chimique prédéfini pour qu'il puisse être modélisé par l'utilisateur.

#### *Portée géographique pour le mélange chimique prédéfini de biodiesel*

Le procédé de production de biodiesel issu de l'huile de canola a été basé sur des données de production canadiennes des RCPE qui ont été compilés par RNCAN dans le cadre du programme écoÉNERGIE pour les biocarburants. Les données des RCPE ont été compilées pour modéliser une moyenne nationale pour la conversion de biodiesel à partir d'oléagineux.

Le procédé de production de biodiesel issu de suif de bœuf a été modélisé basé sur des données des É.-U. du modèle GREET et sur un sondage effectué par le *American National Biodiesel Board*. Les données ont été compilées pour modéliser une moyenne nationale pour la conversion de suif de bœuf.

Le procédé de production de biodiesel issu de HCU a été modélisé basé sur des données canadiennes et des É.-U. des modèles GHGenius et GREET, ainsi qu'un sondage effectué par le *American National Biodiesel Board*. Les données ont été compilées pour modéliser une approche de moyenne nationale pour la conversion de HCU au biodiesel.

Dans les trois filières de production modélisées, il est présumé que le procédé de conversion est le même dans toutes les provinces. Le mélange chimique résultant peut être utilisé quelle que soit la localisation géographique.

#### *Affectation pour le mélange chimique prédéfini de biodiesel*

L'affectation des charges des produits chimiques et des autres intrants pour le procédé de production de biodiesel est basée sur le contenu énergétique du produit et des coproduits.

#### *Sources de données pour le mélange chimique prédéfini de biodiesel*

Les sources de données utilisées pour la modélisation de production de biodiesel des trois méthodes de production sont répertoriées dans le **Tableau 12**.

**Tableau 12:** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de mélange chimique prédéfini pour la production de biodiesel

Type de données	Source de données
Biodiesel issu de l'huile de canola	Miller, P., & Kumar, A. (2013). Development of emission parameters and net energy ratio for renewable diesel from Canola and Camelina. <i>Energy</i> , 58, 426-437. Littlejohns, J., Rehmann, L., Murdy, R., Oo, A., & Neill, S. (2018, 2018). Current state and future prospects for liquid biofuels in Canada. <i>Biofuel Research Journal</i> , 5(1), 759-779. Ressources naturelles Canada. (2019). <i>Données confidentielles de production de biodiesel des Rapports complémentaires sur la performance environnementale d'écoÉNERGIE pour les biocarburants</i> . Ressources naturelles Canada. (2019). <i>Programme écoÉNERGIE pour les biocarburants</i> . Récupéré de <a href="https://www.nrcan.gc.ca/energy/alternative-fuels/biofuels/12358">https://www.nrcan.gc.ca/energy/alternative-fuels/biofuels/12358</a>
Biodiesel issu des graisses animales	Chen, R., Qui, Z., Canter, C., Cai, H., Han, J., & Wang, M. (2017, October 9). Updates on the energy consumption of the beef tallow rendering process and the ration of synthetic fertilizer nitrogen supplementing removed crop residue nitrogen in GREET.

---

Biodiesel issu de l'HCU	(S&T) <sup>2</sup> Consultants Inc. (2013). GHGenius Model 4.03 Volume 2 Data and Data Sources. Ottawa, ON: Natural Resources Canada. California Environmental Protection Agency. (2009). Detailed California-GREET Pathway for Biodiesel Produced in California from Used Cooking Oil Chen, R., Qin, Z., Han, J., Wang, M., Taheripour, F., Tyner, W., Duffield, J. (2018). Life cycle energy and greenhouse gas emission effects of biodiesel in the United States with induced land use change impacts
-------------------------	---

---

### 3.2. Facteurs d'émissions de combustion

La bibliothèque de données du Modèle comprend plusieurs processus qui modélisent uniquement la combustion de combustible ; ces processus n'incluent pas les émissions du cycle de vie liées à la production de chaque combustible. La bibliothèque de données contient deux dossiers : combustion issu de la biomasse et combustion non issu de la biomasse.

#### Approche de modélisation pour la combustion par type de combustible

Le **Tableau 13** présente l'approche de modélisation adoptée pour la combustion de chaque combustible dans le Modèle, ainsi que les principales sources de données. Puisque la combustion d'hydrogène ne dégage pas de GES, aucune émission n'est incluse dans la modélisation de sa combustion.

Pour la majorité des combustibles renouvelables inclus dans le **Tableau 13**, les facteurs d'émissions provenant de la combustion d'un combustible à base fossile équivalent ont été utilisés comme variables de substitut. En conséquent, l'approche expliquée au **chapitre 3.6.2** pour calculer les facteurs d'émission de combustion pour les combustibles fossiles s'applique également à ces combustibles.

Les mêmes facteurs d'émission ont été utilisés pour les CFIC produits à partir des charges d'alimentation issus de la biomasse et non issu de la biomasse. Toutefois, les facteurs d'émission de carbone (c'est-à-dire le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub>) provenant de la combustion du combustible produits à partir des charges d'alimentation issu de biomasse sont considérés comme des émissions biogéniques. Conformément à la politique du gouvernement du Canada sur le carbone biogénique, les émissions de CO<sub>2</sub> biogénique ne sont pas incluses dans les calculs d'IC du Modèle et les émissions de CH<sub>4</sub> biogénique ont un facteur d'impact différent des émissions de CH<sub>4</sub> fossile. Si un combustible est produit à partir d'une charge d'alimentation non issu de la biomasse, la teneur en carbone est alors considérée comme non biogénique et les émissions de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> résultant de la combustion sont comptabilisées comme des émissions fossiles. Référez-vous aux **chapitres 2.7** et **2.8** pour plus d'explications sur la comptabilisation des émissions biogéniques et fossiles dans le Modèle.

**Tableau 13:** Approches de modélisation et sources de données principales pour modéliser la combustion des combustibles indus dans le Modèle

<b>Combustible</b>	<b>Approche de modélisation</b>	<b>Source de données</b>
Bioéthanol	Les facteurs d'émission pour le CH <sub>4</sub> et le N <sub>2</sub> O pour la combustion d'essence d'origine fossile du RIN sont utilisés comme variables de substitution. Seule la portion pure (non mélangée) du combustible est considéré.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Biodiesel	Les émissions reliées à la combustion de biodiesel sont prises du RIN. Le contenu en carbone du combustible lié à l'utilisation du méthanol est considéré comme fossile et estimé sur la base de calculs stœchiométriques (cependant, les émissions de CH <sub>4</sub> fossiles associées au méthanol sont négligées).	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Biogaz	Les facteurs d'émission pour la combustion de gaz naturel du RIN sont utilisés comme variables de substitut et on fait l'hypothèse que les émissions seront similaires sur une base de MJ.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Hydrogène	Puisque la combustion d'hydrogène n'émet pas de GES, il n'y a aucune émission associée à la combustion dans la portée du Modèle.	
Gaz naturel	Les facteurs d'émissions pour la combustion de gaz naturel fossile commercialisable du RIN sont utilisés.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Propane	Les facteurs d'émission pour la combustion de propane du RIN sont utilisés.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Diesel renouvelable	Les facteurs d'émission pour la combustion de diesel d'origine fossile du RIN ont été utilisés comme variables de substitution.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>

Essence Renouvelable	Les facteurs d'émission pour la combustion d'essence d'origine fossile du RIN ont été utilisés comme variables de substitution.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Naphte renouvelable	Les facteurs d'émission pour la combustion de kérosène d'origine fossile du RIN ont été utilisés comme variables de substitution.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Gaz naturel renouvelable (GNR)	Les facteurs d'émissions pour la combustion de gaz naturel d'origine fossile du RIN ont été utilisés comme variables de substitution. Cependant, les facteurs d'émissions en MJ ont été calculés en utilisant le PCS du GNR.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Propane renouvelable	Les facteurs d'émissions pour la combustion de propane d'origine fossile du RIN sont utilisés comme variables de substitution.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>
Carburant d'aviation durable	Les facteurs d'émissions pour la combustion d carburéacteur d'origine fossile du RIN ont été utilisés comme variables de substitution.	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>

### 3.3. Électricité

#### 3.3.1. Portée de la modélisation de l'électricité

Le Modèle contient plusieurs processus agrégés qui modélisent les procédés de production et de transmission de l'électricité. Ces processus sont divisés en trois catégories :

- Valeurs d'IC des réseaux pour le Canada, les É.-U. et le Brésil
- Valeurs d'IC pour la production d'électricité déplacée associée à l'électricité excédentaire exportée vers le réseau
- Valeurs d'IC spécifiques à la technologie pour la production d'électricité (ex. : « Hydroélectricité, réservoir »)

#### Réseaux électriques

Le **Tableau 14** montre les valeurs d'IC des réseaux disponible pour le Canada, les É.-U. et le Brésil.

**Tableau 14** : Régions couvertes dans la bibliothèque de données pour les IC des réseaux

Pays	Régions couvertes dans la <i>Bibliothèque de données</i> pour les valeurs d'IC des réseaux
Canada	· Provinces et territoires canadiens · Moyenne canadienne
États-Unis	· États américains · Moyenne américaine
Brésil	· Moyenne du Brésil

Les IC des réseaux pour le Canada et les É.-U. ne tiennent compte que de la production à l'intérieur des limites de la région (province, territoire ou État) propre à chaque jeu de données. Plus précisément, les valeurs d'IC comprennent notamment :

- Émissions de combustion du combustible utilisé pour la production d'électricité.
- Émissions de GES du « berceau à la porte » pour les combustibles fossiles et l'uranium utilisés pour la production d'électricité.
- Émissions des réservoirs liés à l'hydroélectricité.
- Pertes d'électricité dues au transport et à la distribution d'électricité.
- Les émissions de SF<sub>6</sub> produites par les équipements utilisés dans la transmission et la distribution d'électricité.

Le commerce interprovincial (ou entre les États) et international n'est pas inclus dans les jeux de données. Les émissions de carbone biogénique et les infrastructures liées à la production d'électricité sont également exclues.

L'IC du réseau brésilien a été créé en mettant à l'échelle les processus agrégés de production d'électricité propres aux technologies canadiennes (voir la sous-section *Technologies de production d'électricité* ci-dessous) avec la fraction d'électricité produite dans la région à partir de chaque technologie.

### Électricité excédentaire exportée vers le réseau

Les jeux de données pour la production d'électricité déplacée associée à l'électricité excédentaire exportée vers le réseau ont été élaborées pour les régions spécifiées dans le **Tableau 14** pour le Canada et les É.-U. seulement. Les jeux de données de l'électricité excédentaire ont été calculées en utilisant les mêmes données et la même approche de calcul que les réseaux électriques (voir la sous-section *Approche de modélisation pour les réseaux électriques* ci-dessous). Cependant, comme la quantité d'électricité exportée vers le réseau est basée sur la quantité produite, les valeurs jeux de données pour l'électricité excédentaire ne comprennent pas le transport et la distribution aux utilisateurs finaux et excluent donc les pertes d'électricité et les émissions de SF<sub>6</sub> dans le transport et la distribution.

### Technologies de production d'électricité

La bibliothèque de données comprend plusieurs processus spécifiques à des technologies pour la production d'électricité (par exemple, par hydroélectricité, réservoir), applicables à l'ensemble du Canada. Elles sont énumérées dans le **Tableau 15**. Les jeux de données tiennent compte des émissions directes de la production d'électricité, ainsi que des impacts en amont des intrants de la production d'électricité, le cas échéant.

Deux séries de processus sont disponibles pour chaque technologie :

- *Production sur site* : elles comprennent toutes les émissions de GES du cycle de vie jusqu'au moment où l'électricité est prête à être transférée au réseau.
- *Production hors site* : elles comprennent les émissions de GES associées à la production sur site ainsi que celles associées à la transmission et à la distribution jusqu'à l'utilisateur final. Les jeux de données comprennent les émissions de SF<sub>6</sub> produites par les équipements utilisés dans la transmission et la distribution de l'électricité ainsi que les pertes d'électricité.



**Tableau 15** : Technologies de production d'électricité sur site et hors site

Technologie	Production sur site et hors site
Biomasse, bois, cogénération	✓
Biomasse, bois, cycle simple	✓
Charbon, bitumineux	✓
Charbon, lignite	✓
Charbon, subbitumineux	✓
Diesel	✓
Mazout lourd	✓
Hydro, réservoir	✓
Hydro, au fil de l'eau	✓
Gaz naturel, cogénération	✓
Gaz naturel, cycle combiné	✓
Gaz naturel, chaudière convertie	✓
Gaz naturel, cycle simple	✓
Nucléaire, CANDU	✓
Solaire, rayonnement concentré	✓
Solaire, photovoltaïque	✓
Éolienne, terrestre	✓

### 3.3.2. Approche de modélisation pour l'électricité

Cette section présente l'approche et les hypothèses de modélisation pour chaque catégorie de processus concernant l'électricité inclus dans la bibliothèque de données.

#### Approche de modélisation pour les réseaux électriques

##### *Réseaux électriques canadiens*

Les émissions directes du réseau électrique nationales et provinciales de 2018 du RIN ont été utilisées pour modéliser les processus pour les réseaux électriques provincial et national. Le RIN présente des données annuelles sur la production d'électricité et les émissions de combustion directe pour chaque province et territoire, y compris des données sur les pertes d'électricité et les émissions de SF<sub>6</sub> associées au transport et à la distribution d'électricité. Les IC pour l'électricité sont calculées en divisant les émissions de GES par la production nette d'électricité.

La principale source d'information concernant la composition du réseau se trouve également dans le RIN. Comme certains des combustibles utilisés pour la production d'électricité et répertoriés dans le RIN sont agrégés, des sources de données supplémentaires ont été utilisées pour identifier les combustibles spécifiques utilisés pour produire de l'électricité, comme le résume le **Tableau 16**.

**Tableau 16** : Sources de données utilisées pour désagréger la liste des combustibles dans le RIN

Combustibles agrégés figurant dans le RIN	Combustibles couverts	Source des données
Charbon	Charbon de lignite Charbon bitumineux Charbon subbitumineux	Tableau de Statistique Canada 25-10-0019-01 : « Électricité produite à partir de combustibles, production annuelle selon les centrales thermiques des services d'électricité ». Disponible à l'adresse : <a href="https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001901&amp;request_locale=fr">https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001901&amp;request_locale=fr</a>
Autres combustibles <sup>5</sup>	Diesel Mazout léger Mazout lourd	Tableau de Statistique Canada 25-10-0028-01 : « Énergie électrique produite à partir de combustibles, annuel ». Disponible à l'adresse : <a href="https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001901&amp;request_locale=fr">https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2510001901&amp;request_locale=fr</a>

Les émissions des réservoirs sont ajoutées aux émissions du réseau selon l'approche décrite dans la sous-section *Approche de modélisation des technologies de production d'électricité* ci-dessous. La fraction d'hydroélectricité dans les réseaux est directement fournie par le RIN. La fraction de l'hydroélectricité qui provient des réservoirs est basée sur des facteurs dérivés de l'outil *Cadre analytique canadien pour l'évaluation environnementale de l'électricité* (CAFE3), un modèle interne d'ACV d'ECCC pour la production d'électricité (voir la sous-section *Approche de modélisation des technologies de production d'électricité* ci-dessous pour plus d'informations sur le CAFE3).

Les quantités de combustible par kWh pour chaque réseau sont calculées à partir de la composition du réseau et des consommations spécifiques de chaleur de combustible (en MJ de combustible par kWh d'électricité produite). Les quantités de combustible calculées tiennent compte des pertes d'électricité selon le RIN. Les consommations spécifiques de chaleur des centrales électriques consommant des combustibles fossiles<sup>6</sup> sont déterminés à partir des données de Statistique Canada. Afin de réduire au minimum la variabilité des consommations spécifiques de chaleur calculés au niveau provincial en raison des limites statistiques, la consommation spécifique de chaleur moyenne canadienne (exprimée en MJ/kWh) a été utilisée pour toutes les provinces et tous les territoires.

#### *Réseaux électriques américains*

La principale source de données est l'eGrid (données 2018) qui fournit des données sur les émissions, la consommation de combustible des centrales et la quantité d'électricité produite. Les émissions directes par État sont tirées directement des résultats d'eGrid. Ceux-ci ont été divisés par des facteurs de perte, définis au niveau de la région du North American Electric Reliability Corporation (NERC) fournie dans eGrid. Le **Tableau 17** résume les principales hypothèses concernant les valeurs de consommation spécifique de chaleur calculées (en MJ de combustible par kWh d'électricité produite) pour le charbon et le pétrole.

<sup>5</sup> La biomasse a été exclue des calculs du réseau

<sup>6</sup> Pour les centrales nucléaires, la consommation spécifique de chaleur est directement tirée du modèle CAFE3.

**Tableau 17** : Description de la méthodologie utilisée pour calculer les consommations spécifiques de chaleur

Combustible	Méthodologie pour le calcul des consommation spécifique de chaleur
Charbon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les valeurs de consommation spécifique de chaleur de chaque État (en MJ/kWh) ont été calculées.</li> <li>• Quatre autres types de charbon sont couverts par eGrid, mais ils ne sont pas inclus dans le Modèle : le gaz de cokerie (&lt;1 % de l'électricité produite à partir du charbon), le charbon raffiné (20 %), le gaz synthétique dérivé du charbon (&lt;1 %) et les déchets de charbon (&lt;1 %). Les quantités provenant d'eGrid pour ces types de charbon ont donc été réaffectées aux types de charbon couverts par le Modèle (lignite, bitumineux et subbitumineux) dans la proportion dans laquelle ces derniers sont utilisés dans chaque état pour la production d'électricité.</li> </ul>
Pétrole	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La moyenne nationale de consommation spécifique de chaleur est utilisée plutôt que les consommations spécifiques de chaleur de chaque état en raison de la grande variabilité entre les états.</li> <li>• Bien que l'utilisation d'huiles usées pour la production d'électricité soit importante à Hawaii et en Alaska, elle n'est pas prise en compte dans le calcul de l'IC, car on suppose que les impacts du « berceau à la porte » des huiles usées à destination des centrales électriques sont négligeables. Les émissions de combustion des huiles usées sont incluses dans les données d'émissions directes d'eGrid.</li> </ul>

Les émissions des réservoirs sont estimées en utilisant les facteurs d'émission moyens mondiaux de (Hertwich, 2013)<sup>7</sup>. Les émissions totales de SF<sub>6</sub> attribuables au secteur de l'électricité sont tirées de l'*Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks* de l'EPA : 1990-2019 (tableau 2-11) pour l'année 2018.

#### Réseau électrique brésilien

Un réseau brésilien a été créé en mettant à l'échelle les processus agrégés de production d'électricité spécifiques aux technologies canadiennes (voir la sous-section *Approche de modélisation des technologies de production d'électricité* ci-dessous) avec la fraction d'électricité produite dans la région à partir de chaque technologie selon les données de 2018 pour le Brésil de l'Agence internationale de l'énergie<sup>8</sup>.

#### Approche de modélisation de l'électricité excédentaire exportée vers le réseau

L'électricité excédentaire produite par un procédé de production de CFIC et exportée vers le réseau est censée remplacer la production d'électricité d'autres générateurs sur le réseau. Un ensemble de

<sup>7</sup> HERTWICH, Edgar G. 2013. « Addressing Biogenic Greenhouse Gas Emissions from Hydropower in LCA ». *Environmental Science & Technology* 47 (17) : 9604–11. <https://doi.org/10.1021/es401820p>.

<sup>8</sup> Agence internationale de l'énergie. 2021. « Brazil Country Profile », disponible à l'adresse : <https://www.iea.org/countries/brazil>.

processus agrégés représentant la production d'électricité déplacée est inclus dans la *Bibliothèque de données* dans le dossier « Électricité excédentaire vers le réseau ».

Un plafond de **345,4 g de CO<sub>2</sub>e/kWh** a été fixé sur les valeurs d'IC pour l'électricité excédentaire (c.-à-d. que l'électricité excédentaire ne peut pas déplacer plus de 345,4 g de CO<sub>2</sub>e/kWh). Ce plafond est basé sur l'IC d'une chaudière au gaz naturel avec un rendement de 71 %, incluant les émissions de combustion (250 g de CO<sub>2</sub>e/kWh) et les émissions en amont de la production de gaz naturel, sur la base des jeux de données pour le gaz naturel du Modèle.

#### Approche de modélisation des technologies de production d'électricité

Les émissions directes provenant de la production d'électricité et de la consommation de combustible ont été calculées à l'aide du CAFE3, élaboré par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) et ECCC. Le CAFE3 utilise des données provenant de diverses sources, notamment la base de données d'ICV *ecoinvent* v3.6 (par exemple, pour modéliser les émissions du « berceau à la porte »), l'Office national de l'énergie (ONE), Statistique Canada, l'Inventaire national des rejets de polluants et l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), auxquelles s'ajoutent des données du CIRAIG. Les données manquantes sont complétées à l'aide de sources documentaires et de données indirectes.

Bien que le CAFE3 calcule les valeurs d'IC pour les combustibles utilisés dans la production d'électricité (par exemple, le charbon et le gaz naturel), celles-ci ont été remplacées, pour une plus grande cohérence avec le reste du Modèle, par les valeurs d'IC des combustibles dans le Modèle. L'exception concerne l'uranium utilisé dans les centrales nucléaires, pour lequel les données de l'ICV basé sur *ecoinvent* v3.6 ont été utilisées.

Les émissions directes de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de charbon lignite et subbitumineux dans le modèle CAFE3 ont des valeurs inférieures comparées aux intensités d'émissions d'autres sources fiables et n'ont donc pas été utilisées. Par conséquent, les valeurs pour ces paramètres ont été calculées en utilisant les facteurs d'émissions de PCS et de CO<sub>2</sub> du RIN (2018).

Les émissions des réservoirs hydroélectriques sont comptabilisées sur la base des émissions nettes de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> provenant des terres inondées pour produire des réservoirs sur une période de 100 ans (Levasseur et coll., 2021)<sup>9</sup>. Bien que ces valeurs soient basées sur les réservoirs du Québec, elles sont utilisées comme variables de substitution pour les émissions de tous les réservoirs du Canada.

Les émissions de SF<sub>6</sub> produites par les équipements utilisés pour le transport et la distribution d'électricité ainsi que les pertes d'électricité sont basées sur les données de 2018 du RIN (tableau A13-1).

Pour les processus de production d'électricité sur site, l'unité fonctionnelle est de 1 kWh d'électricité produite sur site de la technologie spécifiée. Pour les processus de production d'électricité hors site, l'unité fonctionnelle est de 1 kWh d'électricité produite hors site et livrée à l'utilisateur.

---

<sup>9</sup> Levasseur, A., Mercier-Blais, S., Prairie, Y. T., A. Tremblay et C. Turpin. 2021. « Improving the Accuracy of Electricity Carbon Footprint: Estimation of Hydroelectric Reservoir Greenhouse Gas Emissions ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 136 (février) : 110433. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110433>.

### 3.4. Autres sources d'énergie

La bibliothèque de données dispose de trois processus de source d'énergie supplémentaires représentant de la vapeur achetée, de la combustion de déchets non biogéniques et de la combustion de gaz combustible.

#### 3.4.1. Vapeur achetée

Le processus de vapeur achetée a été développé avec une unité fonctionnelle de 1 MJ de vapeur générée par une chaudière à gaz naturel. La portée du processus comprend les émissions directes provenant de la combustion du gaz naturel, ainsi que les émissions en amont liées à la production et à la distribution du gaz naturel. Les émissions directes de la chaudière au gaz naturel ont été fixées à 223 g d' $\text{CO}_2\text{e}$  par kWh de vapeur produite, en supposant un rendement de la chaudière de 80 %. Les processus de gaz naturel dans le Modèle ont été utilisés afin de déterminer la quantité de gaz naturel requise pour produire 1 MJ de vapeur. La modélisation de gaz naturel est décrite dans le **chapitre 3.6**.

#### 3.4.2. Combustion de déchets non biogéniques

Le processus « Combustion de déchets non biogéniques » a été développé pour modéliser la combustion de déchets comme combustible. Le processus a été développé avec une unité fonctionnelle de 1 kg de déchets non biogéniques brûlés. La portée du processus ne comprend que les émissions de combustion des déchets non biogéniques utilisés comme combustible. Conformément à l'approche « cut-off » de la règle d'affectation des coproduits (voir le **chapitre 2.6**), la production des déchets non biogéniques est exclue des jeux de données. De plus, le transport jusqu'à l'utilisateur final est exclu, car, dans la plupart des cas, les déchets devraient être produits sur place ou à proximité.

La combustion est modélisée en utilisant le facteur d'émission et le PCS (36,2 MJ/kg) pour la combustion du coke de pétrole comme variable de substitution. Les facteurs d'émissions ( $\text{CO}_2$ , le  $\text{CH}_4$  et le  $\text{N}_2\text{O}$ ) reliés à la combustion du coke de pétrole lors de son utilisation à des fins énergétiques dans le secteur des raffineries proviennent du RIN (Gouvernement du Canada, 2018).

#### 3.4.3. Combustion de gaz combustible

Le gaz combustible est un gaz habituellement composé principalement de  $\text{CH}_4$  qui est utilisé comme un intrant de combustible. Le gaz combustible contient également d'autres gaz tel que l'eau ou d'autres hydrocarbures. Le Modèle inclut le gaz combustible comme intrant énergétique. Le processus est modélisé en utilisant les valeurs de la combustion de gaz naturel comme variables de substitution. La modélisation de combustion de gaz naturel est décrite au **chapitre 3.6.2**.

### 3.5. Charges d'alimentation

La bibliothèque de données contient de nombreux processus de charges d'alimentation utilisées dans les filières de production de CFIC. Le dossier « Charges d'alimentation » de la bibliothèque de données à six grandes catégories de charges d'alimentation pouvant être utilisées dans la production de CFIC : les graisses animales, les cultures (pois des champs, grains, canne à sucre), les déchets, les fibres ligneuses, et la graisse jaune.

D'autres types de processus peuvent être utilisés pour la modélisation de la charge d'alimentation. Par exemple, l'hydrogène peut utiliser le gaz naturel comme charge d'alimentation; les processus de gaz

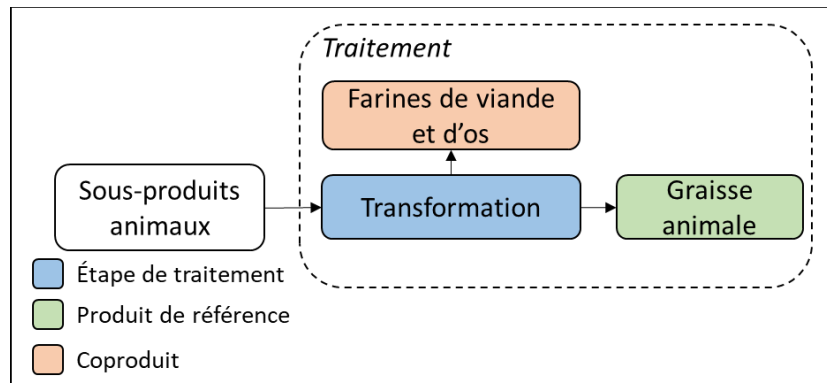
naturel se trouve dans le dossier « Combustibles fossiles ». L'extraction et la production de combustibles fossiles sont présentés plus en détail au **chapitre 3.6**. De plus, le Modèle inclut certains processus modifiables qui peuvent être utilisés pour modéliser les processus de charges d'alimentation qui ne sont pas inclus dans la bibliothèque de données. Ces processus sont documentés au **chapitre 4.2**.

Les sections suivantes présentent l'approche de modélisation et les hypothèses utilisées pour modéliser l'IC associée à la production et/ou à la collecte des six catégories de charges d'alimentation que l'on retrouve dans le dossier « Charges d'alimentation » de la bibliothèque de données.

### 3.5.1. Production de graisses animales

#### Approche de modélisation de la production de graisses animale à partir de sous-produits animaux

La frontière du processus de production de graisses animale commence par le transport des sous-produits animaux de l'abattoir à l'usine d'équarrissage et se termine par la production de graisses animales. On suppose une distance de camionnage de 100 km. Les sous-produits de l'abattoir sont transformés dans une usine d'équarrissage pour produire des graisses animales, avec comme coproduits de la farine de viande et d'os. Les vapeurs de cuisson constituent un flux de déchets et sont exclues des calculs. Une vue d'ensemble des étapes de transformation de la production de graisses animales est présentée à la **Figure 5**.



**Figure 5:** Principales étapes de la transformation des sous-produits animaux en graisses animales

#### Portée géographique de la transformation des sous-produits animaux en graisses animales

Le Modèle comprend des processus définis aux niveaux provincial et national pour la production de graisse animale au Canada. Tous les processus canadiens ont été basés sur des données américaines sur l'équarrissage des sous-produits animaux. Les processus diffèrent seulement en fonction des réseaux électriques provinciaux utilisés dans le processus d'équarrissage. Cela suppose que le procédé de production ne diffère pas au Canada et que seules les émissions liées à l'électricité diffèrent.

#### Approche d'affectation pour la transformation des sous-produits animaux en graisses animales

L'affectation des charges aux farines de viande et d'os et à la graisse animale à l'étape de l'équarrissage est effectuée en fonction de la masse sèche des produits.

#### Sources de données pour la transformation des sous-produits animaux en graisses animales

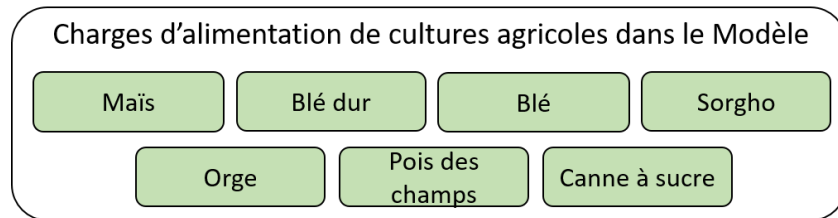
Le **Tableau 18** présente la principale source de données utilisée pour modéliser la production de graisses animales. Le suif de bœuf a été utilisé comme variable de substitution pour les graisses animales.

**Tableau 18** : Liste des principales sources de données utilisées dans la modélisation de la production de suif de bœuf à partir de sous-produits animaux

Type de données	Source de données
Transformation des graisses animales	Chen, R., Qui, Z., Canter, C., Cai, H., J. Han et M. Wang. (2017, 9 octobre). <i>Updates on the energy consumption of the beef tallow rendering process and the ration of synthetic fertilizer nitrogen supplementing removed crop residue nitrogen in GREET.</i>

### 3.5.2. Cultures agricoles au Canada

La bibliothèque de données inclus les cultures agricoles suivantes :



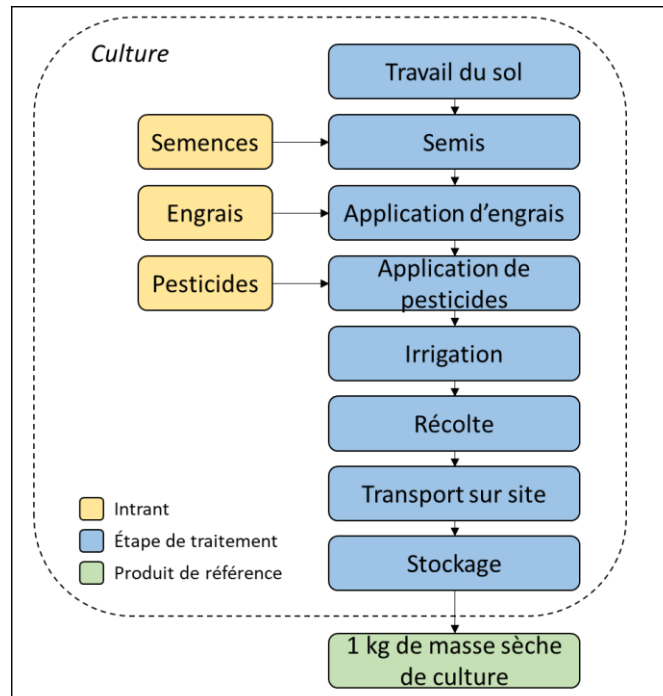
Les sections suivantes présentent l’approche de modélisation pour les cultures agricoles. Les cultures sont regroupées en fonction des principales sources de données utilisées pour la modélisation. La première section présente la modélisation pour le maïs, le blé (et le blé dur), l’orge et les pois des champs, tandis que la seconde section présente la modélisation pour le sorgho et la canne à sucre. L’approche de modélisation est similaire entre les deux groupes de cultures. Pour chacune de ces charges d’alimentation, la produit de référence est 1 kg de culture sèche à la ferme.

#### Approche de modélisation pour la culture du maïs, du blé, de l’orge et des pois des champs

Les frontières de chaque jeu de données sur les cultures comprennent toutes les activités de terrain liées à la production végétale (de la préparation du sol à la récolte et au stockage). Cela exclut la phase ultérieure de transport, de distribution, de transformation et d’utilisation des cultures récoltées. L’ICV de chaque culture a été modélisé d’après des études d’ACV de 2017 pour les principales cultures de la TRCCD.

Chaque culture a été modélisée à l’aide de huit procédés de production : travail du sol, semis, irrigation<sup>10</sup>, application d’engrais et de pesticides, récolte, transport du produit du champ jusqu’au silo de la ferme et stockage (incluant aération/séchage). La consommation de combustible et d’énergie ainsi que les intrants agricoles comme les engrais, les pesticides et les semences ont été pris en compte pour tous les processus. La **Figure 6** illustre les flux du processus, qui comprend les intrants pris en compte ainsi que l’unité fonctionnelle.

<sup>10</sup> Seule la consommation d’énergie pour l’irrigation a été prise en compte; l’eau d’irrigation n’a pas été incluse dans le modèle, car elle ne relève pas de la portée du Modèle.



**Figure 6 :** Vue d'ensemble de la culture des charges d'alimentation agricoles, qui représente l'étape du cycle de vie de la production des charges d'alimentation

Les techniques de travail du sol (c'est-à-dire le travail conventionnel ou intensif du sol, le travail réduit du sol et le semis direct ou la culture sans travail du sol) ont été prises en compte pour le calcul de la consommation d'énergie sous forme de consommation de diesel, d'émissions directes de  $N_2O$  et de modifications du carbone du sol.

La portée du Modèle comprend également les émissions directes et indirectes de  $N_2O$  provenant des apports d'azote (engrais azotés, résidus de culture et azote minéralisé du sol) ainsi que la séquestration du  $CO_2$  et les émissions résultant des pratiques de gestion des terres. Les émissions de  $N_2O$  pour les cultures au Canada ont été calculées à l'aide de facteurs d'émission de niveau 2 tirés des rapports de la TRCCD, qui tiennent compte du type de travail du sol, des pratiques d'irrigation et de la topographie.

Conformément à l'approche adoptée dans le RIN (2018), les émissions de carbone associées aux changements du COS au Canada sont incluses pour les deux pratiques de gestion des terres suivantes<sup>11</sup> :

- Modification de la superficie de jachère d'été
- Modification des pratiques de travail du sol (c'est-à-dire aucun travail du sol, travail du sol réduit et travail conventionnel)

Les données de la TRCCD sur le COS qui ont été incluses dans le Modèle ont couvert les changements dans le carbone du sol jusqu'en 2014.

<sup>11</sup> La version prépubliée du Modèle incluait également les émissions de carbones des changements des proportions des cultures annuelles est vivaces. Ces émissions ont été exclues dans la version publiée du Modèle.



Tel que justifié dans le rapport de TRCCD, les éléments suivants ont été exclus de la portée de l'ICV soit à cause d'un manque de données, soit à cause que la contribution de certains de ces intrants à l'IC était négligeable :

- La production à la ferme d'énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne et la combustion de la biomasse.
- Les activités auxiliaires à la ferme, comme l'éclairage et le chauffage de la zone de travail;
- La fabrication, l'entretien et le déclassement des biens d'équipement ( par exemple, machines, camions, infrastructures).
- Le transport de pesticides et d'engrais entre l'usine de fabrication et la ferme.
- Les déchets ou les coproduits, comme :
  - Élimination des déchets de traitement;
  - Coproduits de la paille et de la canne de maïs;
  - Émissions liées à l'épandage du fumier.

De plus, les émissions de carbone associées aux modifications des proportions des cultures annuelles et vivaces ont été exclues parce que des préoccupations liées aux différences dans les IC interprovinciales et à l'application des valeurs canadiennes de COS aux cultures américaines ont été soulevées<sup>12</sup>. Les jeux de données provinciaux ont été modélisés en fonction d'un mélange d'engrais moyen canadien, par opposition à des mélanges d'engrais provinciaux distincts.

En ce qui concerne l'exclusion des engrais organiques comme le fumier, le Modèle utilise l'approche par défaut des lignes directrices du *Livestock Environmental Assessment and Performance*<sup>13</sup> qui consiste à considérer le fumier comme un coproduit résiduel des systèmes d'élevage. Les émissions et l'utilisation des ressources liées au stockage et à l'épandage du fumier sont donc allouées à l'exploitation de l'élevage. Dans cette approche, les émissions de N<sub>2</sub>O associées à l'épandage du fumier sont également allouées à la production animale.

#### *Portée géographique des cultures agricoles au Canada*

Il y a un processus agrégé disponible pour chaque culture, chaque culture ayant une IC unique. Chaque processus peut être utilisé quelle que soit la localisation géographique. Les données de l'ICV des charges d'alimentation agricoles ont été recueillies et compilées pour chaque province, à l'exception de Terre-Neuve-et-Labrador. Une moyenne pondérée des jeux de données provinciaux a ensuite été calculé pour chaque culture en utilisant des données de moyenne de production de Statistique Canada de 2018/2020. Le **Tableau 19** indique les régions qui ont été incluses dans le calcul de l'IC de chaque culture.

---

<sup>12</sup> De plus amples informations sont disponibles dans le document *Mise-à-jour-Cultures-HuileVegetale-Model-ACV-des-combustibles-Lisezmoi* publié sur le Catalogue de données de ECCCI le 5 mai 2022

<sup>13</sup> FAO. 2016. Partenariat pour l'évaluation et la performance environnementale de l'élevage (LEAP). <http://www.fao.org/partnerships/leap/overview/lepartenariat/fr/>

Tableau 19 : Portée géographique pour l'orge, le maïs, le blé (dur et non dur) et les pois des champs inclus dans le Modèle

Culture	Alb.	C.-B.	Man.	N.-B.	T.-N.-L.	N.-É.	Ont.	Î.-P.-É.	Qc	Sask.
Orge	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Maïs			✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Blé (dur)	✓									✓
Blé (non dur)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Pois des champs	✓	✓	✓							✓

Les données provinciales ont été calculées en utilisant les moyennes pondérées des données régionales au niveau de l'unité de rapprochement (UR) lorsqu'elles étaient disponibles. Les UR sont les entités géographiques formées par l'intersection des écozones terrestres du Canada avec les frontières provinciales et territoriales. Ces unités sont utilisées pour rapprocher les données de plusieurs organismes du gouvernement du Canada. La **Figure 7** montre la répartition des UR au Canada.

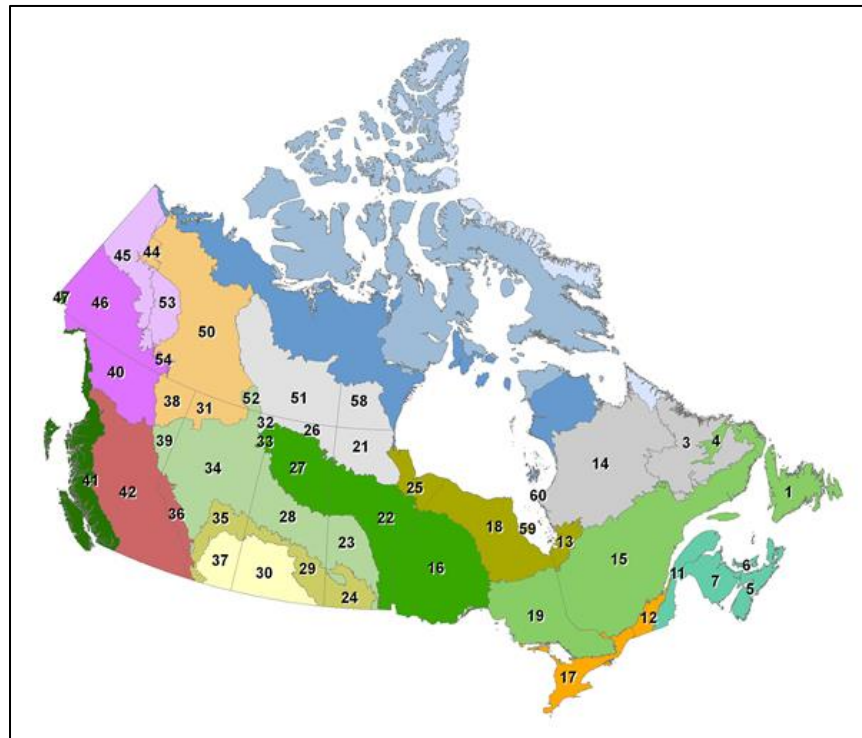


Figure 7 : Les UR au Canada<sup>14</sup>

*Affectation des cultures agricoles au Canada*

Les cultures génèrent des résidus agricoles qui sont laissés dans les champs. Le Modèle considère ces résidus comme étant des déchets (c'est-à-dire pas un coproduit) de la culture végétale et l'approche

<sup>14</sup> Ressources naturelles Canada. *Cadre spatial*. Voir <https://www.rncan.gc.ca/changements-dimatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/comptabilisation-du-carbone-fore/cadre-spatial/13118>

« cut-off » est appliquée (voir le **chapitre 3.5.3**). Aucune autre règle d'affectation n'a été appliquée au jeu de données de l'ICV des cultures agricoles.

#### *Sources de données pour les cultures agricoles au Canada*

Le *Rapport méthodologique sur l'empreinte carbone* de la TRCCDE ainsi que les rapports de la TRCCD sur les cultures spécifiques au maïs, au blé, à l'orge et aux pois des champs ont constitué les principales sources de données pour la compilation des ICV. Les études de la TRCCD représentent la meilleure source disponible de données d'ICV des grandes cultures au Canada.

Les rapports de la TRCCD détaillent l'empreinte carbone du maïs, du blé, de l'orge et des pois des champs au Canada en utilisant diverses sources de données : statistiques nationales, budgets provinciaux des grandes cultures et enquêtes agricoles, données des associations agricoles provinciales et données bibliographiques. Les rapports contiennent des informations détaillées sur les taux d'utilisation d'engrais, de pesticides et de semis ainsi que les valeurs de consommation d'énergie pour la production des cultures. Bien que les sources de données varient parfois d'une culture à l'autre en fonction de la disponibilité des données, l'approche de modélisation est cohérente pour toutes les cultures. La méthode et les sources de données sont également cohérentes avec celles utilisées dans le RIN en ce qui concerne les émissions de N<sub>2</sub>O provenant des sols gérés et des pratiques de gestion des terres.

Les IC liées à la production d'engrais et de pesticides pour les activités de terrain ont été modélisées. Des explications plus détaillées sont fournies au **chapitre 3.1.2**. Le modèle GREET de 2018 a été utilisé pour déterminer leurs valeurs. Le **Tableau 20** détaille les principales sources de données permettant de modéliser les charges d'alimentation agricoles.

**Tableau 20** : Liste des principales sources de données pour la modélisation des charges d'alimentation agricoles

<b>Paramètres</b>	<b>Source des données</b>
Rendement	Rapports de la TRCCD par culture sur le maïs, le blé, le blé dur, l'orge et le pois des champs :
Taux de semis	(S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint for Canadian Grain Corn</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
Taux d'engrais/pesticides	(S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Wheat</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
Consommation d'énergie	(S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Durum Wheat</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
Émissions de N <sub>2</sub> O	(S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Barley</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
Émissions de CO <sub>2</sub> du COS	(S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Field Peas</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
	(S&T) <sup>2</sup> Consultants Inc. (2017c). <i>Carbon Footprints for Major Canadian Grains Methodology Report</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables.
Données de moyenne de production 2018/2020	Statistique Canada. Table 32-10-0359-01 Estimated areas, yield, production, average farm price and total farm value of principal field crops, in metric and imperial units. Disponible à: <a href="https://doi.org/10.25318/3210035901-eng">https://doi.org/10.25318/3210035901-eng</a>

#### Approche de modélisation pour le sorgho et la canne à sucre

Les jeux de données pour le sorgho et la canne à sucre ont été générés à partir d'un rapport élaboré pour ECCC par la société de conseil Quantis. Comme pour la modélisation des autres cultures, les frontières du jeu de données du sorgho et de la canne à sucre tenaient compte de toutes les activités de terrain liées à la production végétale (de la préparation du sol à la récolte et au stockage) et ont exclu la phase ultérieure de transport, de distribution, de transformation et d'utilisation des céréales et des oléagineux récoltés. L'ICV des cultures internationales a été modélisé à partir des données générées par l'outil geoFootprint. Ce dernier a été développé par Quantis et modélise l'empreinte des produits agricoles de base dans le monde entier en tenant compte des conditions environnementales locales (sol et climat) en conjonction avec les meilleures estimations des pratiques régionales de gestion agricole. L'outil repose entièrement sur des données publiques qui ont été consolidées et harmonisées. Toutes

les étapes de la modélisation, les hypothèses et les sources de données sont décrites dans la documentation technique de geoFootprint qui est accessible au public sur leur site Web<sup>15</sup>.

Les deux cultures ont été modélisées à l'aide des mêmes huit procédés de production que les autres cultures incluses dans la Bibliothèque de données : travail du sol, semis, irrigation<sup>16</sup>, application d'engrais et de pesticides, récolte, transport du produit du champ jusqu'au silo de la ferme et stockage (y compris l'aération/le séchage). La consommation de combustible et d'énergie ainsi que les intrants agricoles comme les engrais, les pesticides et les semences ont été pris en compte pour tous les processus.

De la même façon, les techniques de travail du sol (c'est-à-dire le travail conventionnel ou intensif du sol, le travail réduit du sol et le semis direct ou la culture sans travail du sol) ont été prises en compte pour le calcul de la consommation d'énergie sous forme de consommation de combustible diesel, d'émissions directes de N<sub>2</sub>O et de modifications du carbone dans le sol.

Les émissions de N<sub>2</sub>O pour les cultures internationales sont calculées à l'aide d'une équation modifiée de niveau 1 du GIEC. Les données ont été collectées pour l'approche de modélisation de l'empreinte géologique du N<sub>2</sub>O à l'aide du modèle de Bouwman<sup>17</sup>, tel que mis en œuvre par le Cool Farm Tool<sup>18</sup>.

Comme pour les autres cultures, les émissions de carbone associées aux changements du COS provenant des deux pratiques de gestion des terres suivantes sont incluses :

- Modification de la superficie de jachère d'été
- Modification des pratiques de travail du sol (c'est-à-dire, aucun travail du sol, travail du sol réduit et travail conventionnel)

Les valeurs moyennes pondérées de la zone de récolte du Canada pour les changements de COS ont été appliquées aux cultures internationales.

---

<sup>15</sup> Reinhard, J., X. Bengoa et A. Liernur. (2021) : geoFootprint, documentation technique (en anglais). Version 1, février 2021. Quantis, Lausanne, Suisse. <https://geofootprint.com/about/faq/>

<sup>16</sup> Seule la consommation d'énergie pour l'irrigation a été prise en compte; l'eau d'irrigation n'a pas été incluse dans le Modèle, car elle ne relève pas de la portée du Modèle.

<sup>17</sup> Bouwman, A. F., L. J. M. Boumans et N. H. Batjes. (2002). « Modeling global annual N<sub>2</sub>O and NO emissions from fertilized fields ». *Glob Biogeochem Cycles* 16:28-29. <https://doi.org/10.1029/2001GB001812>

<sup>18</sup> Kayatz, B., van Tonder, C., J. Hillier et coll. (2020) Cool Farm Tool, document technique (en anglais). Cool Farm Alliance, Royaume-Uni.

La portée de la modélisation pour le développement de l'ICV du sorgho et de la canne à sucre est alignée sur la portée des autres cultures et exclut les éléments suivants :

- Les émissions de carbone associées avec aux changements du COS provenant de modifications aux proportions de cultures annuelles et vivaces;
- La production à la ferme d'énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne et la combustion de la biomasse;
- Les activités auxiliaires à la ferme, comme l'éclairage et le chauffage de la zone de travail;
- La fabrication, l'entretien et le déclassement des biens d'équipement (ex. : machines, camions, infrastructures);
- Le transport de pesticides et d'engrais entre l'usine de fabrication et la ferme;
- Les déchets ou les coproduits, comme :
  - L'élimination des déchets de traitement;
  - Les coproduits de la paille et de la canne de maïs;
  - Les émissions liées à l'épandage du fumier.

Les engrais organiques, comme le fumier, ont été exclus de la portée.

#### *Portée géographique du sorgho et de la canne à sucre*

Les données d'ICV pour le sorgho et la canne à sucre ont été générées par l'outil geoFootprint. L'ICV du sorgho a été basé sur des données des É.-U., tandis que l'ICV de la canne à sucre a été basé sur des données du Brésil. Les intrants énergétiques et matériels (par exemple, les engrais, les pesticides, le diesel, etc.) ont été modélisés en utilisant des jeux de données du Modèle.

Pour le sorgho, une moyenne pondérée des données régionales présentée dans le **Tableau 21** a été compilé pour créer un processus dans la bibliothèque de données. Pour la canne à sucre, des processus sont disponibles pour chaque état brésilien énuméré dans le **Tableau 21**.

**Tableau 21** : Portée géographique des cultures agricoles à l'étranger

État	Sorgho	Canne à sucre
Kansas (É.-U.)	✓	
Missouri (É.-U.)	✓	
Nebraska (É.-U.)	✓	
Texas (É.-U.)	✓	
Moyenne nationale (É.-U.)	✓	
Alagoas (Brésil)		✓
Bahia (Brésil)		✓
Ceará (Brésil)		✓
Espírito Santo (Brésil)		✓
Goiás (Brésil)		✓
Mato Grosso (Brésil)		✓
Mato Grosso do Sul (Brésil)		✓
Maranhão (Brésil)		✓
Minas Gerais (Brésil)		✓
Pará (Brésil)		✓
Paraná (Brésil)		✓
Paraíba (Brésil)		✓
Pernambuco (Brésil)		✓
Piauí (Brésil)		✓
Rio de Janeiro (Brésil)		✓
Rio Grande do Norte (Brésil)		✓
Rio Grande do Sul (Brésil)		✓
Santa Catarina (Brésil)		✓
São Paulo (Brésil)		✓
Sergipe (Brésil)		✓
Moyenne nationale (Brésil)		✓

L'unité géographique d'analyse de geoFootprint (le niveau le plus fondamental auquel les données sont conservées et traitées) est la cellule de grille. GeoFootprint fonctionne avec une résolution de cellule de grille de 5 x 5 minutes d'arc (c.-à-d. 10 x 10 km à l'équateur) et geoFootprint agrège les cellules de grille au niveau de l'État. Pour chaque état, un nombre spécifique de cellules de grille est considéré dans l'agrégation. Les cellules de grille incluses dans l'agrégation doivent avoir un volume de production mis à l'échelle supérieur à un seuil donné. Ces seuils sont spécifiés dans le **Tableau 22**.

**Tableau 22** : Seuils des cellules de grille des cultures dans geoFootprint

Culture	Seuil [tonne métrique par cellule de grille]
Canne à sucre	20,00
Sorgho	20,00

#### *Affectation du sorgho et de la canne à sucre*

Les résidus agricoles qui sont laissés dans les champs sont considérés comme des déchets (c'est-à-dire pas un coproduit) de la production végétale et l'approche « cut-off » est appliquée (voir le **chapitre 3.5.3**). Aucune autre règle d'affectation n'a été appliquée au jeu de données d'ICV des cultures agricoles.

#### *Sources de données pour le sorgho et la canne à sucre*

L'outil geoFootprint a été la principale source de données pour la compilation des inventaires des cultures à l'étranger.

L'outil utilise deux groupes de données brutes comme base. Le premier groupe de données est constitué de jeux de données d'ICV consolidées représentant les pratiques de culture au niveau national. Ces données proviennent de la base de données *World Food LCA*<sup>19</sup> (WFLDB) et de la base de données *ecoinvent*<sup>20</sup> (Weidema et al., 2013). Ces données sont toutes rastérisées et harmonisées en ce qui concerne leur résolution et leur système de projection, puis superposées pour créer des ICV spécifiques aux cellules de la grille. Lorsque des données spatiales plus granulaires sont disponibles pour un paramètre donné, elles remplacent la valeur extraite de l'inventaire par défaut au niveau du pays. Le second groupe de données, un référentiel de données géospatiales accessibles au public pour les paramètres clés reflétant certaines pratiques de gestion agricole (par exemple, les surfaces récoltées, les rendements, les taux d'application d'engrais, les taux d'application de fumier) et les conditions environnementales (par exemple, le pH du sol, la teneur en argile du sol, le stock de COS, la température, les précipitations).

Certaines données d'une importance capitale (c'est-à-dire la surface récoltée, le volume de production, le rendement) sont extraits du consortium *EarthStat*<sup>21</sup> (Monfreda, 2008), qui a modélisé les propriétés culturelles attendues pour 172 cultures à une résolution de 10 x 10 km dans le monde entier, pour l'année 2000. Dans geoFootprint, ces données sont donc mises à l'échelle pour fournir la meilleure

<sup>19</sup> Nemecek, T., Bengoa, X., Lansche, J., Roesch, A., Faist-Emmenegger, M., V. Rossi et S. Humbert. (2019) *Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products*. Version 3.5, décembre 2019. Base de données World Food LCA (WFLDB). Quantis et Agroscope, Lausanne et Zurich, Suisse.

<sup>20</sup> Weidema, B. P., Bauer, C., Hischier, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., C. O. Vadenbo. et G. Wernet. (2013). *Vue d'ensemble et méthodologie*. « Data Quality Guideline for the Ecoinvent Database Version 3 ». Rapport Ecoinvent 1(v3). St. Gallen : The ecoinvent Centre.

<sup>21</sup> Monfreda, C., N. Ramankutty et J. A. Foley (2008). « Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000 ». *Glob Biogeochem Cycles*, vol. 22 : <https://doi.org/10.1029/2007GB002947>.



représentation possible de ces propriétés en 2016. Une liste complète des paramètres et des sources de données se trouve dans le **Tableau 23**.

**Tableau 23** : Paramètres et sources de données dans geoFootprint

Paramètre	Source des données	Résolution native	Méthode de mise à l'échelle	Méthode d'agrégation
<b>Superficie de culture récoltée</b>	EarthStat (Monfreda, 2008)	10 x 10 km	Basée sur l'évolution des données FAOSTAT <sup>22</sup> de (1999-2001) à (2015-2017)	Somme
<b>Rendement</b>				Moyenne pondérée des volumes de production
<b>Volume de production</b>				Somme
<b>Prélèvement d'eau pour l'irrigation</b>	PNW <sup>23</sup> (Mekonnen et Hoekstra, 2011)	Pays	S. o.	Moyenne pondérée des volumes de production
<b>Irrigation de surface</b>	WFLDB (Nemecek et coll. 2019)			Constante au niveau du pays
<b>Irrigation par aspersion</b>				
<b>Irrigation au goutte-à-goutte</b>				
<b>Engrais azotés</b>	EarthStat (Monfreda, 2008)	10 x 10 km	S. o.	Moyenne pondérée des volumes de production
<b>Engrais phosphorés</b>				
<b>Engrais potassique</b>	EarthStat <sup>24</sup> (Mueller et coll., 2012)			
<b>Consommation de combustible</b>	WFLDB	Pays	S. o.	Constante au niveau du pays

<sup>22</sup> FAO (2020) Base de données FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

<sup>23</sup> Mekonnen, M. M. et A. Y. Hoekstra. (2011). « The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products ». *Hydrol Earth Syst Sci Discuss*, 8 : 763-809. <https://doi.org/10.5194/hessd-8-763-2011>.

<sup>24</sup> Mueller, N. D., Gerber, S. J., M. Johnston et coll. (2012). « Closing yield gaps through nutrient and water management ». *Nature* 490 : 254-257. <https://doi.org/10.1038/nature11420>.

Paramètre	Source des données	Résolution native	Méthode de mise à l'échelle	Méthode d'agrégation
<b>Protection des cultures</b>	(Nemecek et coll. 2019) <i>ecoinvent</i> (Weidema et coll., 2013)			
<b>Stock de COS</b>	Grilles de sol ISRIC <sup>25</sup> (Hengl et coll., 2014)	10 x 10 km		Moyenne simple
<b>Teneur en argile</b>				
<b>Teneur en limon</b>				
<b>Teneur en sable</b>				
<b>Précipitations</b>	GAEZ <sup>26</sup>			
<b>Température</b>	(FAO, IIASA, 2009)			

Le jeu de données d'arrière-plan de la WFLDB qui a été utilisé pour modéliser la canne à sucre comprend les émissions associées à la pratique du brûlage de la canne à sucre avant la récolte. On a supposé que ces émissions se produisaient dans 40 % des exploitations agricoles brésiliennes modélisées dans la WFLDB<sup>27</sup>.

### 3.5.3. Résidus de cultures agricoles

#### Approche de modélisation pour l'exploitation des résidus de cultures agricoles

Le Modèle inclut un processus agrégé qui modélise la collecte des résidus de cultures agricoles. Ces résidus comprennent les parties hors-sol des plants de maïs et de blé qui sont restées dans les champs après la récolte. Le processus de résidus de culture inclus dans le Modèle représente une moyenne de la canne de maïs, de la paille de blé et de la paille de blé dur. Par conséquent, le jeu de données n'est applicable qu'aux résidus de la production de maïs et de blé.

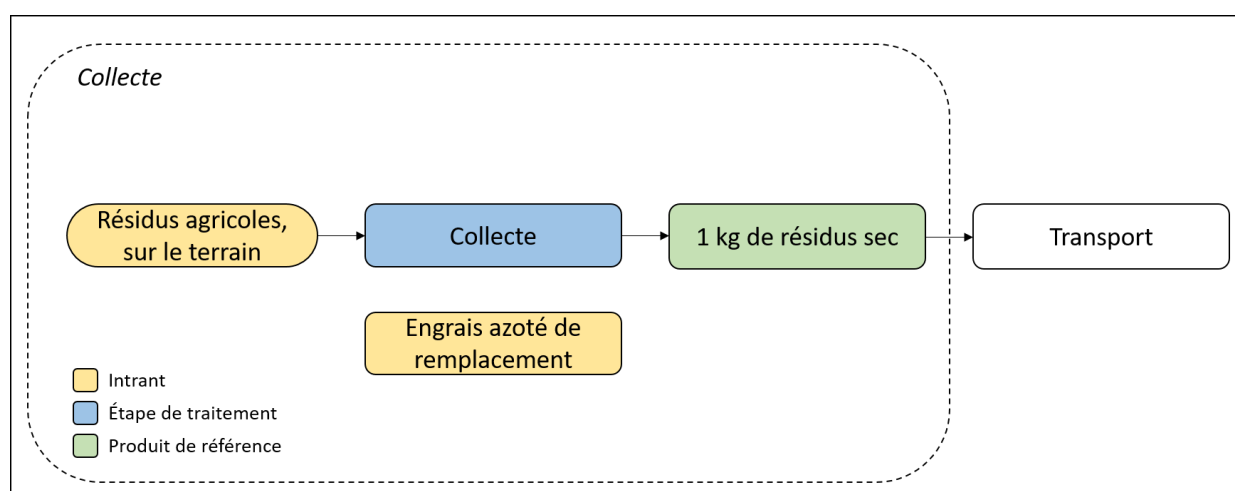
<sup>25</sup> Hengl, T., de Jesus, J. M., R. A. MacMillan et coll. (2014). « SoilGrids1km - Global Soil Information Based on Automated Mapping ». PLoS ONE 9 : e105992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105992>.

<sup>26</sup> FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. (2009). « Harmonized World Soil Database » (version 1.1). FAO et IIASA, Rome, Italie et Luxembourg, Autriche.

<sup>27</sup> Bordonal, R., Carvalho, J., Lal, R., Figueiredo, E., B. Oliveira et N. La Scala jr (2018). « Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review ». *Agronomy for Sustainable Development*. 38. 10.1007/s 13593-018-0490-x.

Étant donné que la plupart des résidus de culture sont actuellement laissés sur les champs, ils sont traités comme des déchets dans le Modèle. Ainsi, aucun impact relié à la production des cultures n'est alloué aux résidus. Cependant, la modélisation des résidus de culture inclut l'utilisation de diesel pour la collecte de ces résidus, ainsi qu'un apport d'engrais azoté pour compenser l'apport en azote des résidus de culture collectés. En outre, comme les résidus contiennent de l'azote (N) qui est retiré du champ, celui-ci aura besoin, l'année suivante, d'un apport supplémentaire d'azote provenant d'engrais azotés. La quantité d'azote contenue dans les résidus est calculée à l'aide des données de Thiagarajan et coll. (2018) sur la teneur en azote des cannes de maïs et de la paille de blé.

La consommation d'énergie pour la collecte des résidus est modélisée à partir des données compilées par Withman et coll. (2011) sur la consommation en carburant des machines agricoles. La consommation de carburant est estimée par hectare pour une collecte à passages multiples avec des machines agricoles conventionnelles et tient compte de la quantité de résidus par hectare. Cette dernière est estimée, par hectare, à l'aide d'un rendement relatif de résidus de cultures par kg de cultures provenant de Janzen et coll. (2003). Le processus de collecte produit une unité fonctionnelle de 1 kg de résidus secs de culture à la sortie de l'exploitation (avant le transport vers l'installation de production de CFIC).



**Figure 8 :** Vue d'ensemble du processus de collecte des résidus de culture

#### *Portée géographique de la collecte des résidus de cultures agricoles*

Le processus a été modélisé en utilisant des données canadiennes, mais peut être utilisé quelle que soit la localisation géographique.

#### *Affectation pour la collecte des résidus de cultures agricoles*

Les résidus agricoles sont considérés comme des déchets des cultures agricoles et l'approche « cut-off » est donc appliquée. L'approche par expansion des frontières du système est appliquée pour tenir compte de la production d'engrais azotés appliquée pour compenser la perte d'azote contenu dans les résidus agricoles collectés.

#### *Sources de données pour la collecte des résidus de cultures agricoles*

La teneur en azote et le rendement des résidus de culture ont été modélisés à partir de Thiagarajan et coll. (2018). La consommation de diesel pour la récolte par kilogramme de résidus a été estimée à partir

des données de rendement provenant des rapports de la TRCCD et de Janzen et coll. (2003) et la consommation moyenne de carburant par hectare est estimée selon Withman et coll. (2011). Les données sont résumées au **Tableau 24**.

**Tableau 24** : Liste de principales sources de données utilisées pour la modélisation des résidus de cultures

Type de données	Source de données
Teneur en azote des résidus de culture	Thiagarajan, A., Fan, J., McConkey, B.G., H. Janzen et C. A. Campbell (2018). (2018). « Dry matter partitioning and residue N content for 11 major field crops in Canada adjusted for rooting depth and yield ». <i>Can. J. Soil Sci.</i> 98 : 574-579
Utilisation du diesel pour la collecte des résidus de culture	Données de rendement des rapports de la TRCCD : (S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint for Canadian Grain Corn</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables. (S&T) <sup>2</sup> Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Wheat</i> . Winnipeg, Man. : Table ronde canadienne sur les cultures durables. Rendement relatif des résidus de culture : Janzen, H., Beauchemin, K., Bruinsma, Y., Campbell, C., Desjardins, R., B. H. Ellert et E. G. Smith. (2003). « The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates ». <i>Nutrient Cycling in Agroecosystems</i> . 67. 85-102. 10.1023/A:1025195826663. Consommation de diesel par hectare : Whitman, T., S. F. Yanni et J. K. Whalen. (2011). <i>Analyse du cycle de vie de la production de cannes de maïs pour l'éthanol cellulosique au Québec</i> . <i>Can. J. Soil Sci.</i> 91 : 997-1012.

### 3.5.4. Autres déchets

#### Approche de modélisation pour les autres déchets

Les déchets provenant de diverses activités agricoles, commerciales et industrielles peuvent être utilisés comme charges d'alimentation pour de nombreuses filières de production de CFIC, notamment l'éthanol, le biodiesel, le biogaz/GNR et l'hydrogène.

Le Modèle inclut deux processus génériques pour les déchets biogéniques et non biogéniques qui peuvent être utilisés pour modéliser des déchets autres que les charges d'alimentation déjà incluses dans la bibliothèque de données. Conformément à l'approche d'affectation « cut-off », aucun facteur d'émission n'est associé à ces processus. Ceux-ci sont toutefois différenciés en fonction du contenu en carbone biogénique et non biogénique des déchets. Cette distinction est importante pour l'étape du cycle de vie de la combustion du combustible (voir **chapitre 3.7.1**).

Cependant, lorsqu'un déchet est utilisé comme charge d'alimentation pour la production de combustible, le transport et le traitement de ces déchets devraient être inclus dans le cycle de vie de combustible en utilisant les processus pertinents de la bibliothèque de données du Modèle.

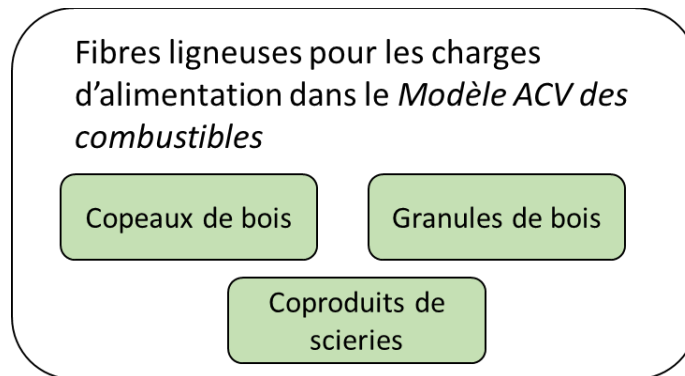
L'utilisation des déchets pour la production de combustible peut prévenir des émissions qui auraient lieu si les déchets n'étaient pas utilisés comme charges d'alimentation. Par exemple, le fumier de bétail

utilisé pour produire du biogaz ou du GNR peuvent prévenir des émissions de CH<sub>4</sub> reliées aux pratiques de gestion du fumier. Bien que les processus des déchets dans le Modèle n'incluent aucune quantité prédéfinie d'émissions évitées, le Modèle permet aux utilisateurs de saisir la quantité d'émissions évitées dans les processus des déchets. La méthodologie pour calculer ces émissions évitées peut varier selon le programme pour lequel le Modèle est utilisé.

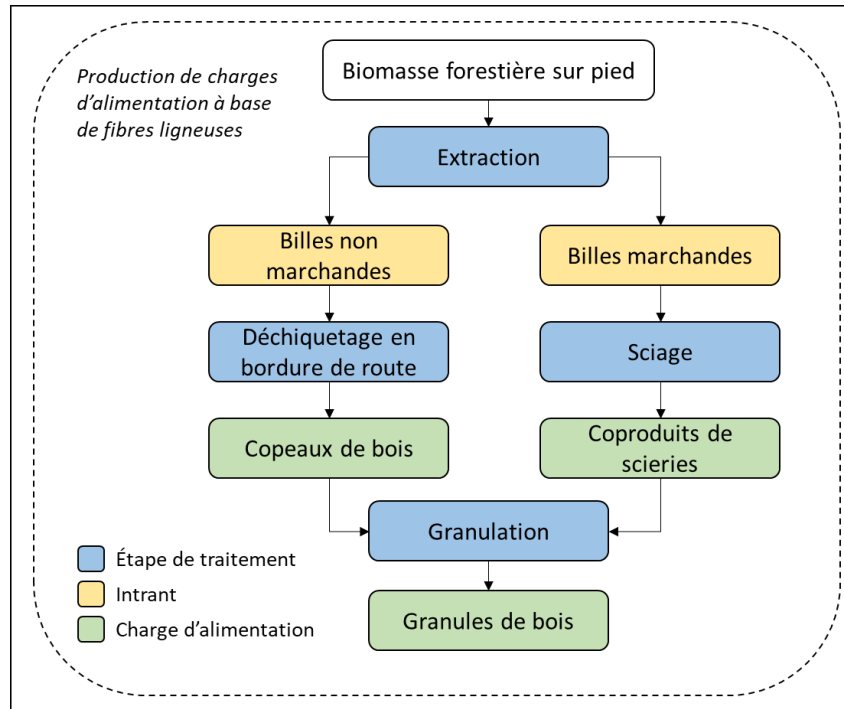
### 3.5.5. Production de fibres ligneuses au Canada

#### Approche de modélisation pour la production de fibres ligneuses

Le secteur forestier canadien génère une multitude de types de fibres ligneuses pouvant être utilisées comme charges d'alimentation pour la production de CIFC. Celui-ci est un système bien intégré de produits et de procédés qui proviennent tous de la récolte de bois sur pied dans les forêts canadiennes, ce qui donne lieu à une grande variété d'utilisations intermédiaires et de produits et d'usages finaux. Le Modèle comprend les charges d'alimentation produites à partir de fibres ligneuses suivantes :



La **Figure 9** présente le flux du processus touchant les différentes fibres ligneuses dans le Modèle ainsi que les interactions entre elles. L'étape de la production de charge d'alimentation du cycle de vie comprend la récolte et le traitement des sources de charges d'alimentation susmentionnées et se termine par la production des principales charges d'alimentation à partir de fibres ligneuses.



**Figure 9 :** Aperçu du procédé de récolte et de production des charges d'alimentation à partir des fibres ligneuses

Les billes marchandes et non marchandes de la biomasse forestière sur pied sont modélisées comme des sources de fibres ligneuses dans la préparation de copeaux de bois ou de coproduits de scierie comme charges d'alimentation. Ces dernières peuvent ensuite être comprimées en granules, également disponibles comme charge d'alimentation.

L'ICV des billes marchandes comprend la consommation de combustibles fossiles (diesel, propane et essence) liée aux opérations de collecte et de récolte et exclut tout autre intrant matériel ou chimique (par exemple, lié à la production de bois) qui n'a pas été pris en compte dans les sources de données de l'ICV. Par exemple, les données publiques d'ICV les plus fiables pour les activités de récolte de billes marchandes dans les forêts canadiennes proviennent de l'*Athena Sustainable Materials Institute*, qui ont été utilisées comme source de données pour l'ACV pour des billes marchandes. Les activités de semis et de plantation sont exclues de la portée de l'ICV parce que les facteurs d'émission pour ces intrants n'étaient pas disponibles et qu'ils ne tenaient pas compte des émissions de GES associées à ces activités. De même, les billes non marchandes sont modélisées en fonction du diesel consommé pendant les activités d'exploitation forestière. L'approche de modélisation des billes non marchandes ne tient compte que des activités de collecte, ce qui est cohérent avec l'approche adoptée pour les résidus de culture. Les billes sont transportées en bord de route et transformées en copeaux de bois.

Une fois transportées à la scierie, les billes marchandes sont transformées en bois d'œuvre, un procédé qui génère de la sciure et des copeaux de bois, ainsi que d'autres coproduits (écorces, sciure, éboutures et copeaux). Les copeaux de bois et les coproduits de scierie peuvent être transformés en granules de bois. On suppose une distance de camionnage de 100 km pour le transport des billes de la forêt à la scierie. La modélisation affecte la consommation d'énergie (c.-à-d. l'utilisation d'électricité et de combustibles fossiles) aux différents coproduits de la scierie en fonction de la masse des différents coproduits. L'énergie de séchage utilisée dans la scierie est attribuée aux billes de sciage.

Le déchetage des billes non marchandes en bordure des routes forestières peut être effectué à l'aide de plusieurs technologies aux capacités et à la consommation de combustible variables. Le broyage de la biomasse de bois en bordure de route est basé sur une valeur moyenne de consommation de diesel par volume de bois décheté basé sur la documentation.

Le procédé de granulation transforme les copeaux de bois (et autres coproduits de scierie) en granules de bois. Il est modélisé avec la quantité d'énergie et de matériaux consommés dans l'usine de granulation; cela comprend la consommation d'énergie pour le broyeur à marteaux, le séchage, la compression, le refroidissement et les étapes de tamisage du procédé de granulation ainsi que le diesel pour les machines sur le site et l'huile végétale pour la lubrification. On suppose que l'énergie thermique nécessaire au séchage provient en partie de la biomasse. On suppose une distance de transport par camion de 100 km entre la scierie et l'usine de granules.

Les procédés exclus et leur justification sont décrits au **chapitre 2.3.1**. Les processus de charge d'alimentation issus de fibres ligneuses produisent une unité fonctionnelle de 1 kg de fibres ligneuses sèche.

Les émissions liées au changement d'affectation des terres ne sont pas incluses pour les charges d'alimentation de fibres ligneuses, car on suppose que les sources forestières canadiennes existantes ne nécessitent aucune conversion pour la production de bioénergie dans l'ICV des charges d'alimentation issus du bois.

#### *Portée géographique de la charge d'alimentation tirée des fibres ligneuses*

Les données sur l'exploitation forestière ne sont pas disponibles au niveau provincial. Au lieu de cela, l'ICV des charges d'alimentation tirées des fibres ligneuses (billes marchandes, coproduits de scierie et granules de coproduits de scierie) est regroupé en deux moyennes régionales : l'est du Canada et l'ouest du Canada, car l'*Athena Sustainable Materials Institute* a regroupé les données pour 1) l'est du Canada et pour 2) l'ensemble du Canada. Les données de ces études ont porté sur plus de 20 scieries situées en Alberta, en Colombie-Britannique, au Nouveau-Brunswick, en Ontario et au Québec. Ainsi, l'« ouest du Canada » représente les usines du Manitoba, de la Saskatchewan, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, tandis que l'« est du Canada » représente les usines de Terre-Neuve-et-Labrador, de la Nouvelle-Écosse, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick, du Québec et de l'Ontario.

La récolte de billes non marchandes, les copeaux et les granules de ces billes sont modélisés comme des moyennes canadiennes.

#### *Affectation pour la production de fibres ligneuses*

Pour la récolte et la production des fibres ligneuses, l'affectation se fait à la scierie où les opérations de sciage génèrent plusieurs coproduits (écorces, sciure, éboutures et copeaux) en plus du bois d'œuvre. La modélisation des coproduits de la scierie répartit la consommation d'énergie (c'est-à-dire l'utilisation d'électricité et de combustibles fossiles) des opérations de sciage en fonction de la masse des différents coproduits.

#### *Sources de données pour la production de fibres ligneuses*

Les données publiques d'ICV les plus fiables pour les activités de récolte de billes marchandes dans les forêts primaires canadiennes proviennent de l'*Athena Sustainable Materials Institute*, qui a réalisé un certain nombre d'ACV pour des produits forestiers canadiens. Dans ses plus récentes publications

portant sur la fabrication du bois d'œuvre résineux canadien, l'institut fourni des données sur la consommation de combustible pour la récolte moyenne de bois résineux au Canada, pondérée en fonction de la production et fondée sur des enquêtes menées auprès de 11 exploitants forestiers pour 2015. L'organisme fourni également des données sur la récolte moyenne de bois résineux dans l'est du Canada, pondérée en fonction de la production et basée sur cinq exploitants forestiers pour 2015.

Les études de l'*Athena Sustainable Materials Institute* contiennent de l'information concernant les données nationales et de l'est du Canada. Bien qu'aucune étude d'ACV ne portait spécifiquement sur l'ouest du Canada, il a été possible d'utiliser des moyennes pondérées des jeux de données du Canada et de l'est du Canada pour calculer ou déduire les valeurs pour l'ouest du Canada.

Des données propres au Canada n'étaient pas disponibles pour la récolte des arbres non marchands qui peuvent être récoltés dans le cadre d'une coupe à blanc ou d'activités de coupe plus sélectives, comme des activités d'éclaircissage. La modélisation s'appuie sur les données américaines du *Consortium for Research on Renewable Industrial Materials* publiées dans une étude d'ACV de 2012 sur la collecte et le traitement de la biomasse ligneuse dans le sud-est des États-Unis (Johnson et coll., 2012).

En ce qui concerne les coproduits de scierie, les données les plus récentes de l'ICV accessibles au public pour les activités de sciage au Canada proviennent également des études d'ACV réalisées par l'*Athena Sustainable Materials Institute*.

La valeur par défaut de la consommation de combustibles lors du déchiquetage en bord de route des résidus de coupe forestière et des billes non marchandes repose sur une étude de 2012 portant sur l'énergie de la biomasse ligneuse en Ontario (McKenchie et coll., 2012). La valeur par défaut de la consommation de combustible pour le déchiquetage d'arbres entiers en bord de route est présumée être la même que pour le déchiquetage des résidus de coupe.

Le processus de granulation est basé sur une étude de deux usines québécoises de granulation de coproduits de scierie (Padilla-Rivera et coll., 2017). Les données de cette étude sont utilisées comme variables de substitution pour le processus de granulation des copeaux provenant de billes non marchandes. L'étude comprend la consommation de carburant (fossiles et biomasse) ainsi que les matériaux utilisés dans l'usine de granulation.

Un résumé des sources de données utilisées est présenté au **Tableau 25**.

**Tableau 25** : Liste de principales sources de données utilisées pour la modélisation de la récolte et la production de fibres ligneuses

Type de données	Source de données
Récolte de billes marchandes et sciage (sciure, copeaux de bois)	Athena Sustainable Materials Institute. (2018a). <i>A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Canadian Surfaced Dry Softwood Lumber</i> . Consulté sur <a href="http://www.athenasmi.org/wp-content/uploads/2018/07/CtG-LCA-of-Eastern-Canadian-Surfaced-Dry-Softwood-Lumber.pdf">http://www.athenasmi.org/wp-content/uploads/2018/07/CtG-LCA-of-Eastern-Canadian-Surfaced-Dry-Softwood-Lumber.pdf</a>
	Athena Sustainable Materials Institute. (2018b). <i>A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Eastern Canadian Surfaced Dry Softwood Lumber</i> . Consulté sur <a href="http://www.athenasmi.org/wp-">http://www.athenasmi.org/wp-</a>



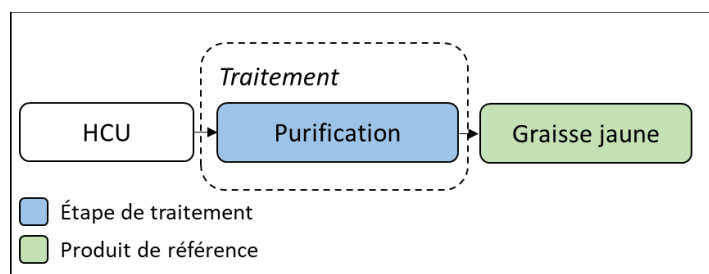
	content/uploads/2018/07/CtG-LCA-of-Eastern-Canadian-Surfaced-Dry-Softwood-Lumber.pdf
Récolte de billes non marchandes	Johnson, L., B. Lippke et E. Oneil. (2012). « Modelling Biomass Collection and Woods Processing Life-Cycle Analysis ». <i>Forest Prod. J.</i> 62(4), 258-272.
Déchetage en bord de route des billes non marchandes	McKechnie, J. (2012). <i>Assessing the Greenhouse Gas Emissions Mitigation Potential through the Use of Forest Bioenergy. Toronto, Ontario</i> : Toronto, Ontario : Département de génie civil, Université de Toronto.
Granulation	Padilla-Rivera, A., Barrette, J., P. Blanchet et E. Thiffault, « Environmental Performance of Eastern Canadian Wood Pellets as Measured Through Life Cycle Assessment ». <i>Forests</i> 2017, 8, 352.

### 3.5.6. Production de graisse jaune

#### Approche de modélisation de la production de graisse jaune à partir d'huile de cuisson usée

L'HCU brute est utilisée pour produire une HCU transformée appelée graisse jaune. Dans le cas de l'HCU brute, aucun impact n'est associé à sa production, car elle est considérée comme un déchet. Pour la graisse jaune, la frontière du processus commence par le transport des HCU brutes vers l'usine de traitement et se termine par la production de graisse jaune dans l'usine de traitement. On suppose une distance de camionnage de 100 km.

La graisse jaune est produite à partir d'HCU par un procédé de purification, comme illustré à la **Figure 10**. L'eau est d'abord retirée mécaniquement de l'HCU. L'eau restante est ensuite éliminée thermiquement.



**Figure 10** : Principales étapes de traitement impliquées dans la production de graisse jaune à partir d'HCU

#### Portée géographique de la production de graisse jaune à partir d'HCU

Le Modèle inclut des processus définis au niveau provincial et national pour la production de graisse jaune au Canada. Tous les processus canadiens sont basés sur des données canadiennes sur la production de graisse jaune. Les processus diffèrent seulement dans les réseaux électriques provinciaux utilisés dans le processus de purification. Cela suppose que le processus de purification ne diffère pas au Canada et que seules les émissions liées à l'électricité diffèrent.

#### Affectation pour la production de graisse jaune à partir d'HCU

Aucune affectation n'est requise pour la production de graisse jaune à partir d'HCU brutes.

### *Sources de données pour la production de graisse jaune à partir d'HCU*

Le **Tableau 26** énumère la principale source de données utilisée pour modéliser la production de graisse jaune.

**Tableau 26** : Principale source de données utilisée pour la modélisation de la production de graisse jaune à partir d'HCU

<b>Type de données</b>	<b>Source de données</b>
Purification des HCU	(S&T) <sup>2</sup> Consultants Inc. (2013). GHGenius Model 4.03 Volume 2 Data and Data Sources. Ottawa, ON : Ressources naturelles Canada.

## 3.6. Combustibles fossiles

### 3.6.1. Portée de la modélisation des combustibles fossiles

La modélisation des filières des combustibles fossiles comprend les mêmes étapes du cycle de vie que celles présentées au **chapitre 2.3** : production des charges d'alimentation (extraction), transport des charges d'alimentation, production des combustibles (transformation, raffinage), distribution des combustibles (transport, distribution) et combustion du combustible (voir la **Figure 3**). Les principales étapes de traitement, les frontières du système et les produits finaux pour chaque étape du cycle de vie des combustibles fossiles gazeux, liquides et solides du Modèle sont présentés à la **Figure 11**. Dans la figure, les lignes pointillées représentent les coproduits transférés entre les étapes gazeuses, liquides et solides du cycle de vie des combustibles fossiles. Il est à noter que les filières des processus spéciaux et d'autres coproduits ne sont pas représentés.

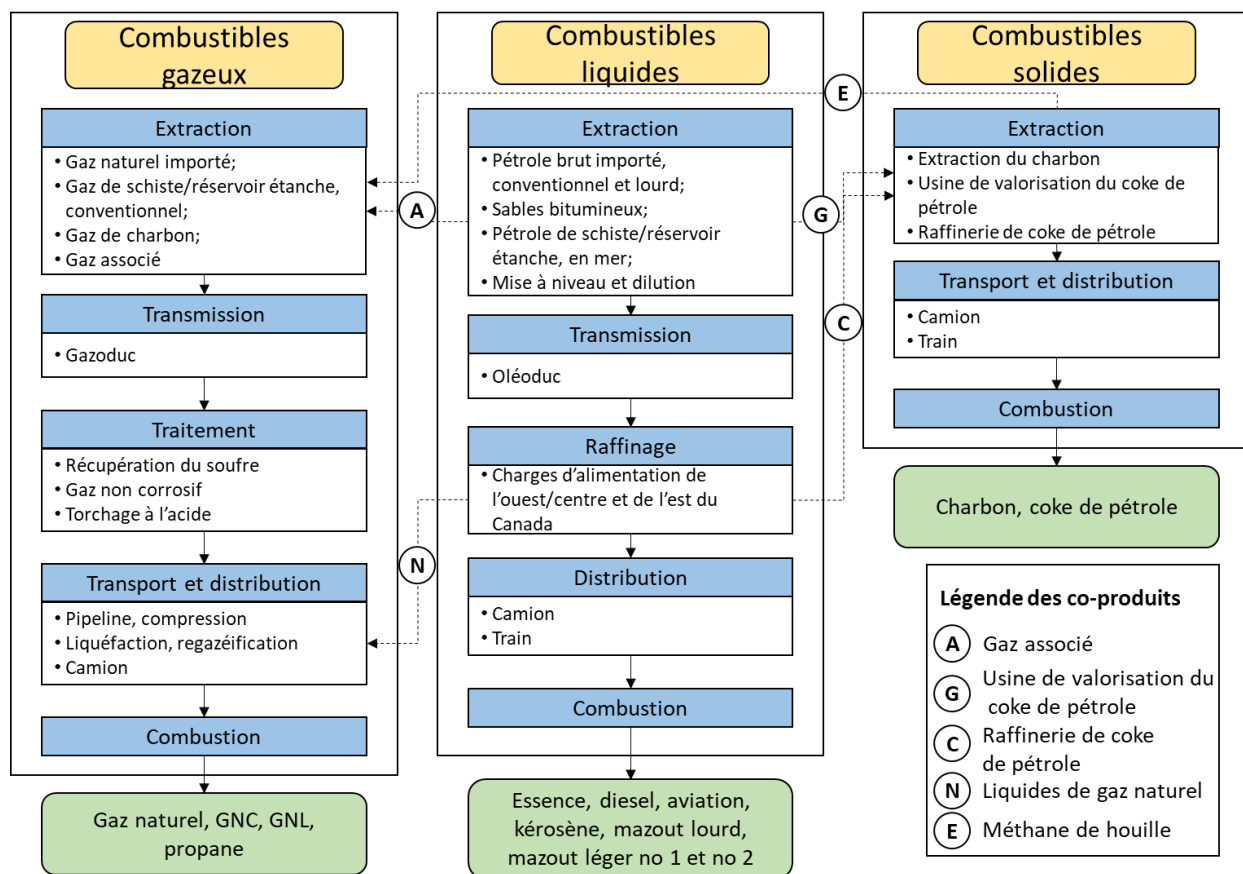


Figure 11 : Les étapes du cycle de vie des combustibles fossiles gazeux, liquides et solides incluses dans le Modèle

Les procédés suivants sont exclus des calculs de l'ICV des combustibles fossiles :

- La construction et le déclassement de mines, de sites de forage, d'installations de production (par exemple, des raffineries et des usines de valorisation du coke de pétrole);
- La fabrication d'infrastructures de transport de combustibles (c'est-à-dire des gazoducs, des camions, des navires, des routes) et d'infrastructures de combustion de combustibles (c'est-à-dire des véhicules, des chaudières);
- L'exploration pétrolière et gazière;
- Les émissions de GES associées aux combustibles exportés;
- Les activités de recherche et de développement;
- Les activités indirectes associées à la production de combustibles, telles que la commercialisation, la comptabilité et les activités juridiques;
- La modification de l'affectation des terres liée à l'étape de l'extraction.

L'unité fonctionnelle pour les combustibles fossiles est de 1 MJ de contenu énergétique basé sur le PCS de chaque combustible. L'ICV pour tous les combustibles ont été calculées du berceau à l'utilisateur final et du berceau à la combustion.

Compte tenu de l'interconnectivité des différentes valeurs de la chaîne des combustibles fossiles, des règles d'affectation fondées sur le contenu énergétique des combustibles ont été utilisées pour répartir

les impacts entre les coproduits des procédés multifonctionnels (pour lesquels il existe plus d'un produit).

### 3.6.2. Approche de modélisation des combustibles fossiles

Des efforts ont été faits pour modéliser de manière cohérente tous les combustibles, malgré les différences entre les outils et les données disponibles. Dans la mesure du possible, des données spécifiques au Canada qui reflètent les opérations de production de combustibles fossiles en 2016 ont été utilisées. En outre, une fois que les incertitudes liées à la modélisation et aux données ont été prises en compte, les IC du berceau à la combustion pour les combustibles fossiles canadiens, américains<sup>28</sup> et européens<sup>29</sup> ne présentaient pas de différences significatives. Par conséquent, l'approche adoptée pour les combustibles fossiles produits à l'internationale consiste à traiter leur IC comme équivalente à celle des combustibles fossiles produits au Canada.

Les sections suivantes résument l'approche de modélisation adoptée pour les combustibles fossiles liquides, gazeux et solides.

#### Combustibles liquides

Le pétrole brut destiné au raffinage au Canada provient de plusieurs sources : brut conventionnel, exploitation minière et valorisation des sables bitumineux, sables bitumineux *in situ* (et brut lourd par vapoextraction), production en mer et importations. Chacune de ces sources des charges d'alimentation a été prise en compte pour développer le jeu de données pour les combustibles fossiles dans le Modèle. Bien que l'extraction du pétrole brut se fasse dans de nombreuses provinces du Canada, 95% de la production nationale se fait en Alberta et en Saskatchewan. Le Modèle a également pris en compte les importations de pétrole brut des É.-U. et d'autres sources internationales, qui représentent 33% de la consommation intérieure.

Le pétrole bruts extraits est transportés par oléoduc vers des raffineries réparties dans l'est et l'ouest du Canada. Les rapports sur le marché canadien du pétrole et du gaz et les données sur la production des installations ont été utilisés pour identifier les méthodes d'extraction et de prétraitement pertinentes pour l'industrie canadienne. Les résultats d'IC ont été agrégés en fonction de l'emplacement des sources de pétrole brut (par exemple, l'est et l'ouest du Canada, et les importations) et des types de raffineries. En ce sens, chaque produit de raffinerie (par exemple, le combustible d'aviation, le diesel, l'essence, le kérosène, etc.) a été modélisé pour l'est et l'ouest/centre du Canada; les filières canadiennes ont été calculées à partir de la moyenne pondérée de production de ces deux régions.

#### Extraction de combustibles liquides

Des modèles d'extraction distincts ont été élaborés pour chaque source de pétrole canadienne : brut conventionnel, exploitation minière et valorisation des sables bitumineux, extraction *in situ* des sables bitumineux et production en mer. La modélisation a été réalisée à l'aide du *Oil Production Greenhouse Gas Emissions Estimator* (OPGEE), un modèle technique qui estime les émissions de GES provenant de la

---

<sup>28</sup> Gregory Cooney, Matthew Jamieson, Joe Marriott, Joule Bergerson, Adam Brandt, and Timothy J. Skone. Environmental Science & Technology 2017 51 (2), 977-987

<sup>29</sup> BioGrace-I GHG calculation tool – version 4d, <https://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/recognisedtool/> Accessed: July 16, 2018.

production, du traitement et du transport du pétrole brut, à partir de données provenant d'installations canadiennes. Les informations gouvernementales sur les filières technologiques et les paramètres d'exploitation ont été obtenues auprès de l'*Alberta Energy Regulator*, de l'ONE et de Statistique Canada. Les IC des importations de pétrole brut en provenance d'autres pays ont été basées sur les données de l'ONE et du *Oil-Climat index*.<sup>30</sup> Une IC moyenne a été calculée pour chaque type de pétrole brut importé en fonction des parts d'importation (%) entre les différents pays. Les émissions de mise à l'air et de torchage de l'extraction du pétrole ont été modélisées en utilisant les données réelles déclarées par les installations, lorsqu'elles étaient disponibles. Les émissions ont été affectées à d'autres combustibles produits lors de l'extraction du pétrole, incluant les liquides de gaz naturel (LGN) (gaz associé) et le coke de pétrole issu de la valorisation, en utilisant une règle d'affectation énergétique et ne sont pas prises en compte dans les valeurs de l'IC des combustibles fossiles.

#### *Raffinage des combustibles liquides*

Treize des seize raffineries canadiennes ont été modélisées en détail selon les données de Woods Mackenzie pour 2016 ainsi qu'avec le *Petroleum Refinery Life Cycle Inventory Model* (PRELIM). La liste de produits de la raffinerie de Wood Mackenzie a été agencé avec la liste de produits de PRELIM. PRELIM a été utilisé pour modéliser une représentation du procédé de raffinage basée sur la masse et l'énergie et calculer les émissions de GES pour les produits raffinés (ex. : essence mélangée, carburéacteur, diesel à très faible teneur en soufre, mazout, coke, produits lourds liquides, gaz de pétrole liquéfié, etc.) Les modèles OPGEE et PRELIM sont tous deux uniques en ce sens qu'ils offrent la possibilité de modéliser en détail les procédés respectifs pour une installation ou une raffinerie spécifique. Les procédés de raffinage de chacun de ces produits ont été définis pour l'est et l'ouest du Canada. En outre, les résultats du modèle PRELIM ont été comparés aux données disponibles dans le Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) du Canada. Une fois que les résultats de chaque outil ont été ajustés pour assurer des champs d'études comparables, les résultats étaient généralement cohérents.

#### *Transport et distribution de combustibles liquides*

Le transport du pétrole brut par oléoduc au Canada a été modélisé en estimant les distances entre les réservoirs de pétrole, les installations de production et les raffineries, en utilisant une combinaison de données canadiennes et de la littérature. Le transport de pétrole brut importé a été modélisé à l'aide de l'*Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines* (OAIEM) du Canada<sup>31</sup>.

#### *Combustibles gazeux*

Les ICV pour les combustibles gazeux ont été calculés d'après une moyenne pondérée de la production de gaz naturel provenant de l'Alberta (50,7%), de la Colombie-Britannique (21,7%) et du gaz naturel importé des États-Unis (28%). Le calcul des valeurs d'IC par défaut pour les combustibles gazeux a été basé sur l'approche utilisée dans l'étude du *National Energy Technology Laboratory* (NETL) 2016 sur la

---

<sup>30</sup>OCI, 2018. Oil Climate Index. <https://oci.carnegieendowment.org/>. Consulté le 1<sup>er</sup> décembre 2018.

<sup>31</sup> Environnement et Changement climatique Canada. 2019. Outil d'affichage d'inventaire des émissions marines. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/outil-affichage-inventaire-emissions-marines.html>

production de gaz naturel aux É.-U.<sup>32</sup> Les compositions chimiques du gaz naturel pour l'Alberta et la Colombie-Britannique ont été prises en compte, basées sur les données fournies par Greenpath Energy (2019)<sup>33</sup> pour modéliser le type et l'étendue du traitement et de la purification nécessaires pour convertir le gaz brut aux spécifications du gazoduc. La composition du gaz naturel a également été utilisée pour calculer les émissions de mise à l'air, de torchage et les émissions fugitives lors des étapes d'extraction et de transformation.

L'ICV du gaz naturel importé des É.-U. a été déterminé en se basant sur la moyenne nationale de l'IC du gaz naturel établie dans le rapport NETL 2016.<sup>32</sup>

#### *Extraction des combustibles gazeux*

Des processus d'extraction de gaz naturel ont été définis pour chaque type de ressource gazière en cours de développement. L'ICV pour l'étape d'extraction comprend les émissions évacuées, brûlées à la torchère et fugitives associées aux différentes opérations (c'est-à-dire la complétion et le reconditionnement des puits, le déchargement des liquides) et aux différents équipements (par exemple, les réservoirs d'eau, le flux de mise à l'air des tubages de surface, les dispositifs pneumatiques). Comme mentionné précédemment, le forage de puits ainsi que la fabrication et l'installation d'infrastructures ont été exclus des frontières du système étant donné leur contribution négligeable aux impacts globaux.

#### *Production des combustibles gazeux*

Le procédé de production de gaz naturel prêt au transport varie en fonction de la forme de gaz naturel qui est extraite et de sa composition. L'ICV pour la production du gaz comprend la consommation d'électricité, les émissions de combustion dans les installations de production, ainsi que les émissions de mise à l'air, de torchage et les émissions fugitives. L'inventaire pour l'Alberta et la Colombie-Britannique s'est appuyé sur les données de l'Alberta pour 2011 provenant d'un inventaire détaillé des émissions de GES des opérations pétrolières et gazières en amont.<sup>34</sup> Une règle d'affectation énergétique a été utilisée pour affecter les émissions de GES aux coproduits comme les LGN (par exemple, le propane, le butane, etc.) qui sont également produits dans les usines de production de gaz naturel.

La production de gaz naturel comprimé (GNC) et de gaz naturel liquéfié (GNL) a été modélisée en partant de l'hypothèse que, jusqu'au point de compression ou de liquéfaction, le cycle de vie du GNC et celui du GNL sont les mêmes que celui du gaz naturel répondant aux spécifications du gazoduc.

#### *Transport et distribution de combustibles gazeux*

L'ACV des processus de transport comprend la quantité de combustibles fossiles consommés par tonne-kilomètre (tkm) de transport, ainsi que les émissions fugitives, de torchage et d'évacuation liées aux gazoducs. L'ICV des processus de stockage comprend la quantité de gaz naturel consommée ainsi que les émissions fugitives, de ventilation et de torchage.

---

<sup>32</sup>Skone, T. J., et co-auteurs, 2016 : Life Cycle Analysis of Natural Gas Extraction and Power Generation.  
<http://www.osti.gov/servlets/purl/1480993/>

<sup>33</sup>Greenpath Energy. 2019. Données sur le gaz naturel canadien — Collecte pour l'outil de modélisation de l'ACV des combustibles. Février 2019

<sup>34</sup>Clearstone Engineering Ltd, 2014 : Volume 1: Overview of the GHG Emissions Inventory

**Tableau 27** : Type de combustible utilisé pour le transport et le stockage de gaz naturel

<b>Mode de transport</b>	<b>Combustible utilisé</b>
Gazoduc	Gaz naturel et électricité
Stockage géologique	Gaz naturel
Stockage de GNL	GNL

Dans le Modèle, on suppose qu'il n'y a pas de différence entre les besoins énergétiques pour le transport du pétrole brut, du bitume et du diluant. L'ICV pour le transport de liquides par oléoducs a été calculée en fonction de la quantité d'électricité utilisée pour alimenter les pompes des oléoducs selon les données sur l'IC de Choquette-Levy et al. (2018).

Pour le transport par gazoduc, les données GREET de 2018 ont été utilisées comme variables de substitution pour le Canada. Les émissions des stations de compression et les émissions fugitives sont comptabilisées comme suit :

- On suppose que 98% de l'énergie des stations de compression provient du gaz naturel, le reste provenant de l'électricité.
- Les émissions fugitives sont basées sur les données de 2018 compilées à partir des *Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies* (ORTECH Environmental 2018).

L'étape de compression associée à la production de GNC a été modélisée à l'aide des données du GREET et du *California Air Resources Board* (CARB). Les émissions de GES liées au procédé de liquéfaction ont été modélisées à l'aide d'une étude canadienne sur le GNL.<sup>35</sup>

**Tableau 28** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation du transport par gazoduc

<b>Type de données</b>	<b>Source de donnée</b>
Gazoduc	Choquette-Levy, N., M. Zhong, H. MacLean, J. Bergerson, 2018, COPTM: A Model to Investigate the Factors Driving Crude Oil Pipeline Transportation Emissions. <i>Environmental Science &amp; Technology</i> , 52, 337–345. Argonne National Laboratories, 2018, GREET, Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation Model ORTECH Environmental, 2018, Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies 2016 Greenhouse Gas Inventory.

### Stockage

La quantité de gaz naturel consommée pour le stockage ainsi que les émissions liées au stockage sont basées sur les données 2016 du *Canadian Energy Partnership for Environmental Innovation* (CEPEI).

<sup>35</sup> Sapkota, K., A. O. Oni, and A. Kumar, 2018: Techno-economic and life cycle assessments of the natural gas supply chain from production sites in Canada to north and southwest Europe. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 52, 401–409, doi:10.1016/j.jngse.2018.01.048.

### Combustibles solides

L'ICV du coke de pétrole a été modélisée en fonction des résultats de l'OPGEE et de PRELIM pour refléter la quantité de coke de pétrole produite et utilisée lors de la valorisation et du raffinage. Le coke de pétrole importé s'est vu attribuer la même valeur d'IC que le coke de pétrole canadien.

Pour le charbon, l'étape d'extraction, qui a été supposé se dérouler entièrement dans l'ouest canadien, a été basée sur les données de 2012 d'une étude de Cheminfo Services Inc. sur l'extraction du charbon.<sup>36</sup> Le champ de l'analyse pour le charbon a été limitée au charbon thermique, incluant le charbon bitumineux, subbitumineux et de lignite. Le jeu de données pour le charbon importé des É.-U. a été obtenue à partir de GREET.

### Facteurs d'émission de la combustion

Les facteurs d'émission liés à la combustion étaient basés sur le RIN. Dans les cas où des valeurs d'émissions multiples ont été déclarées pour les combustibles en fonction de leur origine de production, une valeur de combustion unique a été calculée, basé sur la moyenne pondérée de la production de chacun de ces combustibles. Bien que l'énergie utile générée par la combustion d'un combustible varie en fonction de l'efficacité du dispositif de combustion, la modélisation des valeurs d'IC pour des types de combustion et des dispositifs spécifiques (par exemple, le chauffage, le transport et l'électricité) dépassait la portée de ce projet. Ainsi, un facteur unique d'émission de combustion par combustible basé sur le PCS a été appliqué pour calculer l'IC.

### 3.7. Combustibles renouvelables

La bibliothèque de données du Modèle comprend trois combustibles renouvelables qui peuvent être utilisés comme intrants dans la modélisation d'une filière de production de combustibles. Ces jeux de données couvrent les étapes du cycle de vie du berceau à la combustion de ces combustibles.

#### 3.7.1. Combustibles renouvelables brûlés

Les combustibles renouvelables brûlés sont modélisés à partir de deux sources de charges d'alimentation : les fibres ligneuses (coproduits de scierie) et les résidus agricoles. La modélisation de la production de chaque charge d'alimentation est détaillée respectivement au **chapitre 3.5.4** et au **chapitre 3.5.3**. Le tableau ci-dessous résume les processus des combustibles renouvelables incluses en fonction de la charge d'alimentation et du type de production du combustible.

---

<sup>36</sup> Cheminfo Services Inc., et Clearstone Engineering Ltd. 2014. Compilation of a National Inventory of Greenhouse Gas and Fugitive VOC Emissions by the Canadian Coal Mining Industry. Rapport final, 31 mars 2014. Préparé pour Environnement Canada. Sollicitation K8A42-12-0012.



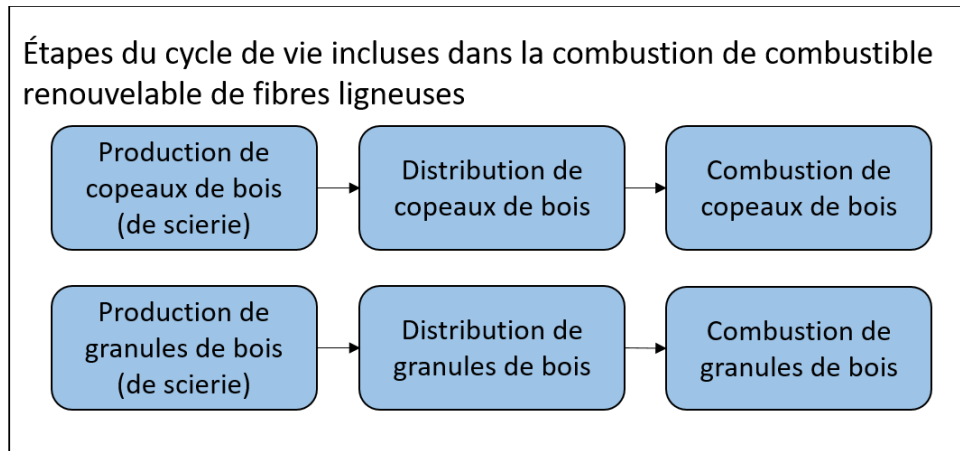
**Tableau 29** : Liste des charges d'alimentation et des procédés de conversion inclus dans le Modèle pour les combustibles renouvelables brûlés

Matière première	Procédés de production de combustible	Combustible
Coproducts de scierie	Aucun	Copeaux de bois
	Granulation	Granules de bois
Résidus agricoles	Densification	Granules de résidus agricoles

### Approche de modélisation pour la combustion des copeaux de bois et des granules de bois

Le Modèle comprend la conversion des fibres ligneuses en combustibles renouvelables solides. Ce groupe de combustibles comprend les copeaux de bois et les granules des coproduits des scieries. Ces processus modélisent l'ICV de la combustion des combustibles renouvelables, qui sont présentés à la **Figure 12**.

Les jeux de données du berceau à la combustion sont basés sur une unité fonctionnelle de 1 MJ de contenu énergétique de PCS livré à l'utilisateur final et utilisé pour son contenu énergétique.



**Figure 12** : Étapes du cycle de vie des combustibles renouvelables issus de fibres ligneuses incluses dans le Modèle

La modélisation de la distribution aux utilisateurs finaux prend en considération la teneur en eau équivalente à celle du marché. Le **Tableau 30** résume la teneur en eau des combustibles renouvelables solides inclus dans le Modèle, ainsi que le PCS correspondant, d'après les données de Ressources naturelles Canada (*Bulletin d'information sur les biocombustibles no 2 : Introduction aux biocombustibles solides – définitions, classes/catégories et propriétés des combustibles*). Pour les deux types de combustibles, on suppose que le PCS, sur la base de la masse sèche, est de 21,5 MJ/kg. On suppose une distance de 100 km par camion pour le transport entre la scierie et l'utilisateur final.

**Tableau 30** : Teneur en eau et PCS (MJ/kg) des combustibles renouvelables solides

Combustibles renouvelables	Teneur en eau (%)	PCS (MJ/kg)
Copeaux de bois provenant de la scierie	45 %	10,5
Granules de bois de coproduits de scierie	10 %	19

Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du processus de combustion sont modélisées à l'aide des facteurs d'émission du RIN pour deux applications générales : la combustion de copeaux de bois dans les fours industriels et la combustion de granules de bois dans les poêles à granules résidentiels. Les émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas incluses dans la modélisation.

#### *Portée géographique pour la combustion de copeaux de bois et de granules de bois*

Les processus de production de combustible ont été modélisés pour être représentatifs d'un processus de moyenne nationale canadienne, en utilisant un mélange 50/50 de coproduits de scieries de l'ouest et de l'est du Canada. De plus amples informations sur la portée géographique des granules et copeaux de bois provenant des scieries sont disponibles au **chapitre 3.5.5**. Ces processus peuvent être utilisés quelle que soit la localisation géographique.

#### *Affectation pour la combustion de copeaux de bois et de granules de bois*

La règle d'affectation pour les étapes du cycle de vie du « berceau à la scierie » est expliquée au **chapitre 3.5.5**. Aucune affectation n'a été effectuée pour les combustibles renouvelables solides produits à partir de fibres ligneuses.

#### *Sources de données pour la combustion de copeaux de bois et de granules de bois*

Les sources de données pour les étapes du cycle de vie du berceau à la porte de la scierie sont présentées au **chapitre 3.5.4**. Le processus de combustion est basé sur le RIN (2018). Les sources de données pour les étapes du cycle de vie de la distribution et de la combustion sont présentées au **Tableau 31**.

**Tableau 31** : Liste des principales sources de données pour la modélisation de la distribution et la combustion des combustibles renouvelables solides issus de fibres ligneuses

<b>Type de données</b>	<b>Source de données</b>
Distribution (teneur en eau) et PCS	RNCan <i>Bulletin d'information sur les biocarburants solides n° 2</i> . Récupéré de <a href="https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCAN_BB_no2_f7.pdf">https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCAN_BB_no2_f7.pdf</a>
Combustion	Gouvernement du Canada. (2018). <i>Rapport d'inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada</i> . Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>

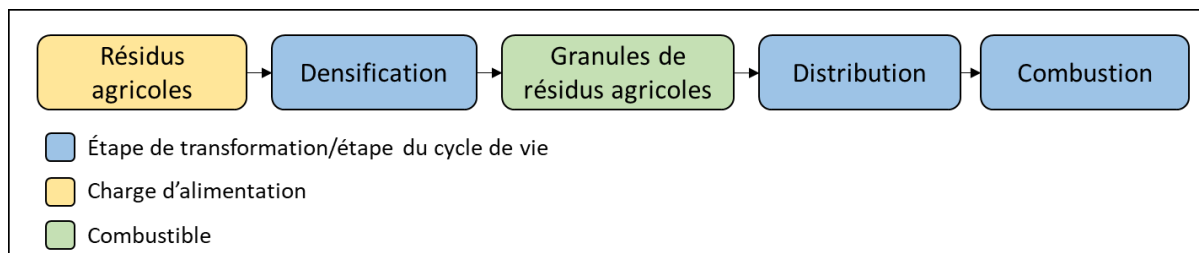
#### *Approche de modélisation pour la combustion de granules de résidus agricoles*

Le Modèle comprend un processus agrégé qui modélise la combustion de granules issues des résidus agricoles. Le processus comprend la collecte des résidus agricoles et leur transport vers une unité de densification où ces résidus sont transformés en granules avant d'être transportés vers l'utilisateur final et brûlés.

Le processus de collecte des résidus agricole est expliqué au **chapitre 3.5.3**. Le processus de production implique la densification des résidus agricoles pour produire des granules de résidus agricoles, lesquels sont utilisés à peu près comme les granules de bois issus de fibres ligneuses. Le procédé de densification comprend généralement une série d'étapes, notamment la réception des balles de résidus, le broyage, la granulation, le refroidissement et le criblage. Le procédé a été modélisé en incluant les intrants d'utilisation de l'électricité et des combustibles fossiles pour le procédé de granulation, ainsi que pour

les autres étapes. La **Figure 13** décrit la portée du jeu de données de la combustion des granules de résidus agricoles. Le jeu de données est basé sur une unité fonctionnelle de 1 MJ de PCS de granules de résidus agricoles livrés à l'utilisateur final.

La modélisation du processus de densification s'appuie sur des données canadiennes pour la densification de la paille de blé. On suppose donc que les charges d'alimentation à base de résidus agricoles subissent le même procédé de densification.



**Figure 13** : Principales étapes du cycle de vie de la combustion des granules de résidus agricoles

La modélisation du transport vers l'usine de densification et de la distribution ultérieure à l'utilisateur final est fonction de la teneur en eau des résidus et des granules, qui sont censés être respectivement de 11,9 % et 9 %. La distance entre la ferme et l'usine de densification, et celle entre cette dernière et l'utilisateur final sont toutes deux de 100 km en camion. Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O sont incluses sur la base des facteurs d'émission pour la combustion de bois dans un four industriel du RIN du Canada. Les émissions de CO<sub>2</sub> biogéniques ne sont pas incluses dans la modélisation.

#### *Portée géographique de la combustion des granules de résidus agricoles*

Le processus de production a été modélisé à l'échelle nationale en fonction des données d'une étude d'ACV de 2012 portant sur la densification des granules de paille de blé dans les Prairies canadiennes (X. Li et coll., 2012). La portée géographique des étapes du cycle de vie du berceau à la porte de la ferme est présentée au **chapitre 3.5.3**. Ces processus agrégés peuvent être utilisés quelle que soit la localisation géographique.

#### *Affectation pour la combustion des granules de résidus agricoles*

La règle d'affectation pour les étapes du cycle de vie du berceau à la porte de la ferme est expliquée au **chapitre 3.5.3**. Aucune autre règle d'affectation n'a été effectuée pour les combustibles renouvelables solides issus de résidus agricoles.

#### *Sources de données pour la combustion des granules de résidus agricoles*

Les sources de données pour les étapes du cycle de vie du berceau à la porte de la ferme sont expliquées au **chapitre 3.5.3**. Le processus de conversion et la teneur en eau ont été fondés sur les données d'une étude d'ACV de 2012 portant sur la densification des granules de paille de blé dans les Prairies canadiennes (X. Li et coll., 2012). Comme mentionné, on suppose que le procédé de densification reste le même, quel que soit le type de résidus de culture qui sert de charge d'alimentation. Le **Tableau 32** présente les principales sources de données utilisées pour le processus de densification. Le processus de combustion est basé sur le RIN (2018) et les PCS des résidus agricoles sont tirés du modèle GREET.

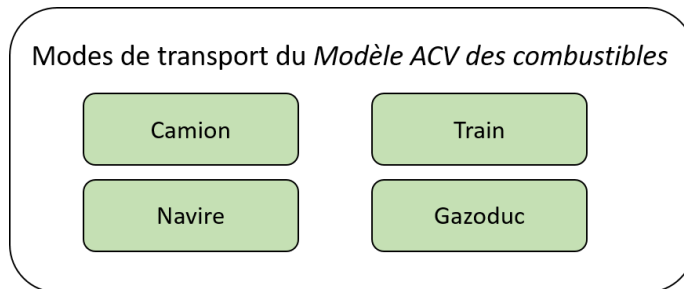
**Tableau 32** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la combustion des granules de résidus agricoles

Type de données	Source de données
Procédés de densification	Li, X., Mupondwa, E., Panigrahi, S., L. Tabil et P. Adapa (2012). « Life cycle assessment of densified wheat straw pellets in the Canadian Prairies ». <i>International Journal of Life Cycle Assessment</i> 17, 420-431.
PCS	Argonne National Lab. (2018). GREET.
Combustion	Gouvernement du Canada. (2018). Rapport d’inventaire national 1990–2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Récupéré de <a href="https://unfccc.int/fr/node/65715">https://unfccc.int/fr/node/65715</a>

### 3.8. Transport

#### 3.8.1. Transport général

Il y a quatre modes de transport et de distribution inclus dans le Modèle:



Le **Tableau 33** indique les combustibles/l'énergie utilisés pour chaque mode de transport.

**Tableau 33**: Processus élémentaires de transport dans le Modèle

Mode de transport	Combustible/énergie utilisé
Camion	Diesel
Train	Diesel
Bateaux-citernes (transocéanique)	Diesel marin
Gazoduc	Gaz naturel et électricité

Comme la consommation de combustibles fossiles de chaque mode de transport est directement liée à la masse transportée et à la distance parcourue, l'unité fonctionnelle pour les processus de transports est 1 tonne-kilomètre (tkm, c'est-à-dire le transport d'une tonne métrique des charges d'alimentation ou de combustible sur une distance d'un kilomètre). Les jeux de données des processus de transport ont pris en compte la quantité de combustible fossile consommée par tkm de transport. Comme indiqué au **Chapitre 2.3.1**, la fabrication des infrastructures de transport de combustible (c'est-à-dire les gazoducs, les camions, les navires et les routes) a été exclue du Modèle.

### Approche de modélisation pour le transport générique

Des données sur la consommation de combustible ont été recueillies pour chaque mode de transport en utilisant des statistiques canadiennes et américaines ainsi que des données bibliographiques. Chaque sous-section décrit l'approche de modélisation adoptée pour ce mode de transport, le **Tableau 34** présente les principales références utilisées.

#### Transport par train

La quantité de diesel consommée par tkm de transport ferroviaire a été calculée à partir des données de 2016 de Statistique Canada sur la masse de marchandises, la distance parcourue et la quantité annuelle de diesel consommée.

#### Transport par camion

La quantité de diesel consommée par tkm de transport par camion a été calculée sur la base des données sur l'efficacité énergétique en 2016 du *North American Council for Freight Efficiency* (NACFE). Les distances d'expédition et le poids moyens des données de Statistique Canada pour les expéditions intérieures de 2016 ont également été utilisées.

#### Transport par navire-citerne

La quantité de diesel marin consommée par tkm de transport par navire-citerne a été calculée sur la base des données d'expédition de pétrole brutes de 2016 de l'OAIEM du Canada. Les émissions de production de combustible pour le mazout léger ont été utilisées comme variable de substitution pour les émissions de production de combustible du diesel marin.

#### Transport par gazoduc

La quantité d'électricité et de gaz naturel consommé par tkm de transport par gazoduc a été basé sur le modèle GREET de 2018. Le réseau électrique canadien est utilisé comme intrant électrique.

**Tableau 34** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés de transport générique

Type de données	Source de données
Train	Statistics Canada, 2016, "Table 23-10-0053-01 Railway industry diesel fuel consumption" available at <a href="https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310005301">https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310005301</a> Statistics Canada, 2017, "Table 23-10-0057-01 Railway industry summary statistics on freight and passenger transportation," available at <a href="https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310005701">https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310005701</a>
Camion	NACFE, 2017, North American Council for Freight Efficiency, 2017 Annual Fleet Fuel Study, available at <a href="https://nacfe.org/annual-fleet-fuel-studies/#">https://nacfe.org/annual-fleet-fuel-studies/#</a> Statistics Canada, 2016, "Table 23-10-0219-01 Trucking commodity industry activities" available at <a href="https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310021901">https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=2310021901</a>
Navire-citerne	National Marine Emissions Inventory Tool (MEIT), <a href="https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-pollution/marine-emissions-inventory-tool.html">https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-pollution/marine-emissions-inventory-tool.html</a>
Gazoduc	Argonne National Lab. (2021). GREET.

### 3.8.2. Transport d'hydrogène

Le transport d'hydrogène couvre le transport de 1 tkm d'hydrogène en utilisant le mode de transport spécifié. Les types de transport d'hydrogène sont énumérés au **Tableau 35**. Les sections suivantes décrivent la modélisation pour le transport d'hydrogène basé sur le mode de transport. Aucune procédure d'affectation n'a été effectuée lors de la modélisation du transport d'hydrogène.

**Tableau 35:** Types de processus de transport d'hydrogène disponible dans la bibliothèque de données

Mode de transport	État de l'hydrogène
Camion	Liquide
Camion	Gazeux
Injection dans le gazoduc de gaz naturel	Gazeux
Injection dans le gazoduc alloué	Gazeux

#### Approche de modélisation pour le transport d'hydrogène

Chaque sous-section décrit l'approche de modélisation prise pour le mode de transport en question, le **Tableau 36** énumère les principales sources de données utilisées.

##### *Transport par camion*

La consommation de diesel par un camion est directement liée à la masse transportée et à la distance voyagée. Conséquemment, le Modèle utilise des unités de tkm pour que le processus puisse être utilisé dans n'importe quelle filière de production. Le *American Transportation Research Institute* (ATRI) fournit des statistiques annuelles et une analyse des coûts opérationnels de camionnage. Selon le rapport de 2021, en 2020, l'efficacité moyenne de combustible était de 6,535 miles par gallon (mpg) (2,78 km/litre). La consommation de combustible du transport par camion est modélisée en utilisant l'efficacité de combustible du rapport de 2020 du ATRI et la charge utile de l'hydrogène liquide du GREET de 2021. Les données sont censées être représentatives du Canada. Cependant, toutes les données ont été tirées de sources des É.-U. (tel que GREET, 2021 et ATRI, 2021). Les processus peuvent être utilisés quelle que soit la localisation géographique.

##### *Gazoduc alloué et transport dans un gazoduc de gaz naturel*

Pour le transport d'hydrogène à l'aide de gazoduc de gaz naturel, le modèle GREET de 2021 pour la modélisation de gazoduc de gaz naturel a été utilisé comme variable de substitution. La moyenne pondérée d'énergie pour transporter 1 baril sur une distance de 1 km par gazoduc a été utilisée pour modéliser l'utilisation énergétique. Le gaz naturel est responsable pour 98% de l'énergie nécessaire pour la combustion. On suppose que le reste provient de l'électricité.

Pour l'hydrogène transporté dans un gazoduc alloué, on suppose que 100% des exigences énergétiques sont satisfaites par de l'électricité du réseau. Les données d'intrants énergétiques sont basées sur le modèle GREET de 2021.

**Tableau 36:** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés du transport d'hydrogène

Type de données	Source de données
-----------------	-------------------

Camion	Leslie, A. and Murray, D. An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2021 Update. November 2021. American Transportation Research Institute (ATRI). Figure 3: Average MPG by year. 2020. Page 18. Retrieved from: <a href="https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2021/11/ATRI-Operational-Cost-of-Trucking-2021-FINAL.pdf">https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2021/11/ATRI-Operational-Cost-of-Trucking-2021-FINAL.pdf</a> GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a>
Gazoduc	GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a>
Gazoduc dédié	Ramsden, T., Ruth, M., Diakov, V., Laffen, M., & Timbario, T. A. (2013). Hydrogen Pathways: Updated Cost, Well-to-Wheels Energy Use, and Emissions for the Current Technology Status of Ten Hydrogen Production, Delivery, and Distribution Scenarios. GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a>

### 3.8.3. Scénarios de transport prédéfinis

Lorsqu'un utilisateur du Modèle n'a pas de renseignements à propos des distances et des modes de transport pour la charge d'alimentation ou le combustible complété, des scénarios de transport prédéfinis sont disponibles pour estimer la contribution de ces étapes du cycle de vie. Dans certaines instances, les scénarios prédéfinis sont disponibles pour deux options : des scénarios de transport à « impact bas » et à « impact élevé ». Des critères de décision pour chaque option peuvent être fournis dans les instructions d'un programme spécifique. Autrement, il est à la discrétion de l'utilisateur de décider si un scénario à impact bas ou élevé devrait être appliqué, basé sur l'information disponible dans ce chapitre.

Le Modèle comprend trois types de scénarios de transport prédéfinis : transport de charge d'alimentation, distribution de combustible fossile (par exemple, le gaz naturel et le propane) et la distribution de CFIC (par exemple, les CFIC gazeux et liquides).

Dans un scénario de transport prédéfini, les distances et les modes de transport de la charge d'alimentation, du combustible fossile ou du CFIC transporté, sont prédéterminés. Les unités fonctionnelles des trois types de scénarios de transport prédéfinis sont :

- Transport de charge d'alimentation: 1 kg (base sèche, où applicable) de charge d'alimentation transportée à l'usine de production de combustible (par exemple, 1 kg (base sèche) de résidu agricole à une usine d'hydrogène)
- Transport de combustible fossile: 1 MJ de combustible fossile gazeux (gaz naturel ou propane) transporté de l'usine de production à l'utilisateur final
- Distribution de CFIC:
  - o 1 MJ de CFIC (gazeux) transporté de l'usine de production à l'utilisateur (via injection dans un gazoduc de gaz naturel)
  - o 1 MJ de CFIC (liquide) transporté de l'usine de production au point de livraison (aucun mode de transport spécifique n'est supposé) (tronçon 1)
  - o 1 MJ de CFIC (liquide) transporté du point de livraison à l'utilisateur final (via transport par camion (diesel)) (tronçon 2)

Tel que mentionné dans la section de transport générique et au **chapitre 2.3.2**, la fabrication de l'infrastructure du transport de combustible (c'est-à-dire des camions, des navires et du transport ferroviaire) a été exclues du Modèle. Tout transport sur site au sein des frontières de l'usine de traitement ou de conversion a également été exclus.

#### *Approche de modélisation pour des scénarios de transport prédéfinis*

Chaque sous-section décrit l'approche de modélisation utilisée pour le type de transport prédéfini en question, le **Tableau 37** énumère les principales sources utilisées.

#### *Transport de charge d'alimentation*

Le transport de charge d'alimentation comprend le transport de la charge d'alimentation de la source (c'est-à-dire là où la charge d'alimentation est produite) à l'usine de production (y compris toutes les étapes entre les deux).

Les modes de transport génériques pour le transport de charge d'alimentation comprennent : le camion, le train et le navire. Les divers modes de transport (par exemple, le camion, le train et le navire) inclus dans les scénarios de transport de charges d'alimentation prédéfinis sont tous basés sur des combustibles fossiles conventionnels (par exemple, le transport par camion est basé sur un camion à diesel et non un camion à biocombustible). Dans le cas de charges d'alimentations importées, le Modèle inclus une analyse de transport pour prendre en compte les émissions liées au transport qui prennent place à l'extérieur des frontières canadiennes (par exemple, le transport transocéanique).

Les scénarios de transport prédéfinis sont présentés sur une base à « impact bas » et à « impact élevé » pour chaque transport de charge d'alimentation. De façon similaire à la distribution de CFIC, un scénario à « impact bas » a été modélisé pour ajouter 1 g CO<sub>2</sub>e/MJ de combustible, tandis qu'un scénario à « impact élevé » a été modélisé pour ajouter 3 g CO<sub>2</sub>e/MJ de combustible. Le scénario à « impact bas » suppose uniquement le transport par camion, tandis que le scénario à « impact élevé » suppose une combinaison de transport par camion, train et navire. Les distances prédéfinies pour chaque scénario de transport de charges d'alimentation sont basées sur la distance qu'une quantité de charge d'alimentation nécessaire à produire 1 MJ de combustible doit être transporté afin d'augmenter l'IC du combustible par 1 ou 3 g CO<sub>2</sub>e, en utilisant l'IC des processus de transport générique dans le Modèle et un rendement générique de combustible. Les distances de transport résultantes (kg-km) sont ensuite arrondies afin de les simplifier.

Les distances de transport requises pour déterminer les émissions de chaque scénario de charges d'alimentations sont donc basées sur les paramètres suivants :

- Quantité de charge d'alimentation à l'installation de production et affectation de coproduit à l'installation de production pour produire 1 MJ de combustible
- Teneur en eau afin d'ajuster le poids de la quantité de charge d'alimentation (où applicable)
- IC de transport (**chapitre 3.8.1**).

#### *Distribution de combustible fossile*

Les scénarios prédéfinis pour la distribution de combustible fossile comprennent le transport de combustible fossile gazeux (c'est-à-dire le gaz naturel et le propane) de l'installation de production à l'utilisateur final.



Pour la distribution de gaz naturel, le scénario de transport prédéfini a été développé basé sur la supposition que le gaz naturel est transporté par gazoduc sur une distance de 2560 km. Cette distance correspond à une moyenne des distances voyageées par le gaz naturel dans chaque province qui est pondérée basée sur la consommation de gaz naturel dans chaque province en utilisant des données de 2016 de l'ONE. On a supposé que les distances dans chaque province étaient les distances entre le point de départ du gaz naturel dans chaque région de production et la grande ville localisée dans cette région de production. Des données de transport sur les émissions fugitives, d'évacuation et de torchage provenant de gazoduc de gaz naturel sont basées sur des données actuelles du CEPEI (ORTECH 2018).

Pour la distribution de propane, le scénario de transport prédéfini a été développé basé sur la supposition que le propane est transporté par gazoduc sur une distance de 591 km à un centre régional et ensuite, on suppose que la distribution en aval aux utilisateurs final est par camion sur une distance de 296 km.

La distance de gazoduc prédéfinies pour le propane a été calculée avec une distance moyenne pondérée de gazoduc en utilisant les longueurs totales des gazoducs utilisées pour la distribution de propane basé sur des données de *Enbridge* et la fraction de propane domestique qui est transporté entre l'ouest du Canada (représenté par Fort Saskatchewan) et l'est du Canada (représenté par Sarnia en Ontario). Cette fraction a été estimée par ECCC en utilisant des données sur la demande de propane domestique et la production de propane du *Conference Board of Canada*. La distance du transport par camion représente une moyenne de distances du transport de combustibles fossiles dans l'ouest et l'est du Canada qui a été pondérée basée sur la demande de propane domestique au Canada.

Les distances de transport dans l'ouest et l'est du Canada ont été estimées basées sur l'avis expert d'ECCC.

#### *Distribution de CFIC*

La distribution de CFIC comprend les étapes du cycle de vie qui relie la conversion du combustible et l'utilisation de l'utilisateur final. Ceci inclus le transport de l'installation de production à l'installation de distribution ou un point de livraison et ensuite à l'utilisateur final. Les scénarios prédéfinis pour la distribution de CFIC inclus les scénarios de transport pour des CFIC gazeux et liquides. On suppose que tous les scénarios de transport prédéfinis pour les CFIC gazeux (c'est-à-dire l'hydrogène, le GNR et le propane renouvelable) est injecté dans un gazoduc de gaz naturel existant. La distance prédéterminée pour ces scénarios est donc identique à la distance prédéfinies de la distribution de gaz naturel (veuillez-vous référer à la sous-section précédente *Distribution de combustible fossile*). L'utilisation d'énergie pour le gazoduc de gaz naturel est basé sur le modèle GREET (veuillez-vous référer à la sous-section *Transport par gazoduc*). Le scénario de transport prédéfini pour le GNR inclus également des émissions de non combustion afin de représenter des émissions fugitives, d'évacuation, de torchage ainsi que les émissions reliées aux interventions d'urgence liées aux étapes de transport et de distribution du CFIC. Ces émissions sont basées sur des données de CEPEI (ORTECH Environmental 2018). Le scénario de transport prédéfini pour le propane renouvelable inclus uniquement des émissions de torchage.

Les scénarios de transport prédéfinis de CFIC liquides sont divisibles en deux tronçons; le tronçon 1 représente le transport de l'usine de production au point de livraison et le tronçon 2 représente le transport du point de livraison à l'utilisateur final.

Les scénarios de transport prédéfinis de CFIC liquides pour le tronçon 1 sont représentés sur une base à « impact bas » et à « impact élevé » pour chaque type de combustible. Similaire aux scénarios pour le transport de charge d'alimentation, le scénario à « impact bas » a été modélisé pour ajouter 1 g CO<sub>2</sub>e/MJ de combustible, tandis que le scénario à « impact élevé » a été modélisé pour ajouter 3 g CO<sub>2</sub>e/MJ de combustible.

Pour le tronçon 2, les scénarios de transport prédéfinis n'incluent pas des scénarios à « impact élevé » et à « impact bas » pour chaque CFIC liquide. Au lieu, un scénario prédéfini est inclus pour chaque CFIC liquide basé sur la supposition qu'ils sont transportés par camion (diesel) sur une distance donnée de 290 km. Cette moyenne pondérée de distance pour livrer du combustible raffiné à l'utilisateur final a été estimée basé sur l'avis expert d'ECCC.

**Tableau 37:** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de processus agrégés de transport prédéfinis

Type de données	Source de données
Transport des charges d'alimentation	Rendement et affectation des charges d'alimentation: Humbird, D., Davis, R., Tao, L., Hsu, D., Aden, A., Schoen, P., ... Duedgeon, D. (2011). Process design and economics for biochemical conversion of lignocellulosic biomass to ethanol: dilute-acid pretreatment and enzymatic hydrolysis. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
	Ressources naturelles Canada. (2019). Confidential ethanol production data from ecoEnergy for Biofuels Complementary Environmental Performance Reports.
	Chen, R., Qin, Z., Han, J., Wang, M., Taheripour, F., Tyner, W., Duffield, J. (2018). Life cycle energy and greenhouse gas emission effects of biodiesel in the United States with induced land use change impacts.
	Ramsden, T., Ruth, M., Diakov, V., Laffen, M., & Timbario, T. A. (2013). Hydrogen Pathways: Updated Cost, Well-to-Wheels Energy Use, and Emissions for the Current Technology Status of Ten Hydrogen Production, Delivery, and Distribution Scenarios.
	Han, J., Elgowainy, A., Cai, H., & Wang, M. Q. (2013a). Life cycle analysis of bio-based aviation fuels. <i>Bioresource Technology</i> 150, 447-456.
	Chu, P. L. (2014). Environmental and Financial Performance of Aviation Biofuels. (S&T)2 Consultants Inc. (2011). The Addition of Pyrolysis Oil Pathways to GHGenius.
	CIRAIG. (2019). Technical Report: Data to Inform Life Cycle Assessment of Key Canadian Renewable Natural Gas.
	Teneur en eau des charges d'alimentations : base de données interne d'ECCC
	IC de transport: voir le <b>chapitre 3.8.1</b>
Distribution de combustible fossile	Données provinciales sur la consommation de gaz naturel: ONE, 2017b, Canadian Marketable Natural Gas Production - Open Government Portal, 2017, available at <a href="https://open.canada.ca/data/en/dataset/26cadec4-d316-4022-97fb-8e49dd768b6d">https://open.canada.ca/data/en/dataset/26cadec4-d316-4022-97fb-8e49dd768b6d</a> Accessed: Accessed December 1, 2019.
	Données pour la distribution de propane:

---

National Energy Board and Competition Bureau. 2014. Propane Market Review - Final Report. <https://www.nrcan.gc.ca/energy/energy-sources-distribution/refining-sector-canada/propane-market-review-final-report/15927#supchain>

Site Web d'Enbridge:

<https://www.enbridge.com/Map.aspx#map:infrastructure,crudeInfrastructure,NGL>

The Conference Board of Canada. 2021. Canada's Propane Supply Chain, Reliability and resilience. <https://propane.ca/wp-content/uploads/2021/10/CoBC-Market-study-2021.pdf>

Murillo, Carlos A., Ova Adagha, Len Coad, and Greg Sutherland. Fueled Up: An Updated Overview and Outlook of Canada's Propane Market and Industry. Ottawa: Conference Board of Canada, December 2018. [https://propane.ca/wp-content/uploads/2018/12/CPA\\_Propane\\_Market\\_Study\\_OVERVIEW\\_CBoC\\_EN\\_2018.pdf](https://propane.ca/wp-content/uploads/2018/12/CPA_Propane_Market_Study_OVERVIEW_CBoC_EN_2018.pdf)

ORTECH Environmental, 2018, Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies 2016 Greenhouse Gas Inventory

---

Distribution de CFIC	CFIC liquide: basé sur les suppositions d'ECCC et l'avis d'experts CFIC gazeux: voir les <b>chapitres 3.8.2, 3.8.4 et 3.8.5</b>
----------------------	--

---

#### 3.8.4. Transport de gaz naturel renouvelable

Le transport de 1 tkm de GNR au Canada a été modélisé en utilisant des gazoducs et des camions diesel.

##### Approche de modélisation pour le transport de gaz naturel renouvelable

Chaque sous-section décrit l'approche de modélisation pour le mode de transport en question, le **Tableau 38** énumère les sources principales utilisées.

##### Transport par camion

Les émissions d'évaporation pendant le transport de camion de GNR sont basées sur le GREET de 2021, en utilisant le transport de GNL par camion comme variable de substitution. La consommation de diesel du camion est directement liée à la masse transportée et la distance voyagée. Donc, le Modèle utilise des unités de tkm (tonne métrique\*kilomètres) pour que le processus puisse être utilisé dans n'importe quelle filière de production. L'ATRI fournit des statistiques annuelles et une analyse des coûts opérationnels du camionnage. Selon le rapport de 2021, en 2020, l'efficacité moyenne de combustible était de 6,535 mpg (2,78 km/litre). La consommation de combustible du transport par camion est modélisée avec l'efficacité de combustible du ATRI et des charges utiles par commodité du GREET de 2021. La charge utile de GNL a été utilisée comme variable de substitution à 15 tonnes. À 6,535 mpg d'efficacité de combustible, cela résulte en diesel brûlé de 1,02 MJ par tkm pour le transport de GNL (GNR). Ces calculs prennent en compte la charge moyenne, par conséquent, il n'y a pas de désagrégation entre les camions vides, partiellement remplis ou pleinement remplis. Ce processus est censé être représentatif du Canada. Cependant, toutes les données ont été tirées de références des É.-U. (GREET 2021). Aucune procédure d'affectation n'a été effectuée.

### Transport par gazoduc

Les émissions fugitives, d'évacuation, de torchage ainsi que les émissions reliées aux interventions d'urgence ont été incluses pour calculer l'IC du transport de GNR. La consommation d'énergie (c'est-à-dire l'électricité et le gaz naturel) requise pour le transport par gazoduc a été modélisé de manière similaire au processus de transport par gazoduc générique. Les données de transport des émissions fugitives, d'évacuation et de torchage provenant de gazoduc de gaz naturel sont basées sur des données actuelles de CEPEI (ORTECH 2018).

**Tableau 38:** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation des processus agrégés de transport de GNR

Type de données	Source de données
Camion	Leslie, A. and Murray, D. An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2021 Update. November 2021. American Transportation Research Institute (ATRI). Figure 3: Average MPG by year. 2020. Page 18. Retrieved from: <a href="https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2021/11/ATRI-Operational-Cost-of-Trucking-2021-FINAL.pdf">https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2021/11/ATRI-Operational-Cost-of-Trucking-2021-FINAL.pdf</a> GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a>
Gazoduc	GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a> ORTECH Environmental, 2018, Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies 2016 Greenhouse Gas Inventory

### 3.8.5. Transport de propane renouvelable

#### Aperçu de modélisation du transport

Le transport de 1 tkm de propane renouvelable au Canada a été modélisé en utilisant des gazoducs et des camions diesel.

#### Approche de modélisation du transport de propane renouvelable

La section suivante décrit l'approche de modélisation, le **Tableau 39** énumère les principales sources utilisées.

### Transport par gazoduc

Les émissions fugitives, d'évacuation ainsi que les émissions reliées aux interventions d'urgence ont été exclues pour le transport de propane renouvelable et seule les émissions de torchage (c'est-à-dire le CO<sub>2</sub> biogénique, le CH<sub>4</sub> biogénique et le N<sub>2</sub>O) ont été incluses.

Les valeurs moyennes pour les émissions ont été calculées avec les données de transport et de distribution des émissions de torchage provenant des gazoducs de gaz naturel en utilisant des données du CEPEI (ORTECH Environmental, 2018). Le modèle GREET de 2021 du gazoduc a été utilisé comme variable de substitution pour le transport de propane renouvelable. La moyenne du réseau canadien a été appliquée pour refléter les émissions causées par l'utilisation moyenne d'électricité au Canada. La moyenne pondérée de l'énergie pour transporter 1 baril sur une distance de 1 km par gazoduc a été utilisé pour modéliser l'utilisation d'énergie. Le gaz naturel représente 98% de l'énergie requise pour la combustion. On suppose que le reste provient de l'électricité.

**Tableau 39** : Liste des principales sources de données utilisées pour modéliser les processus agrégés de transport du propane renouvelable

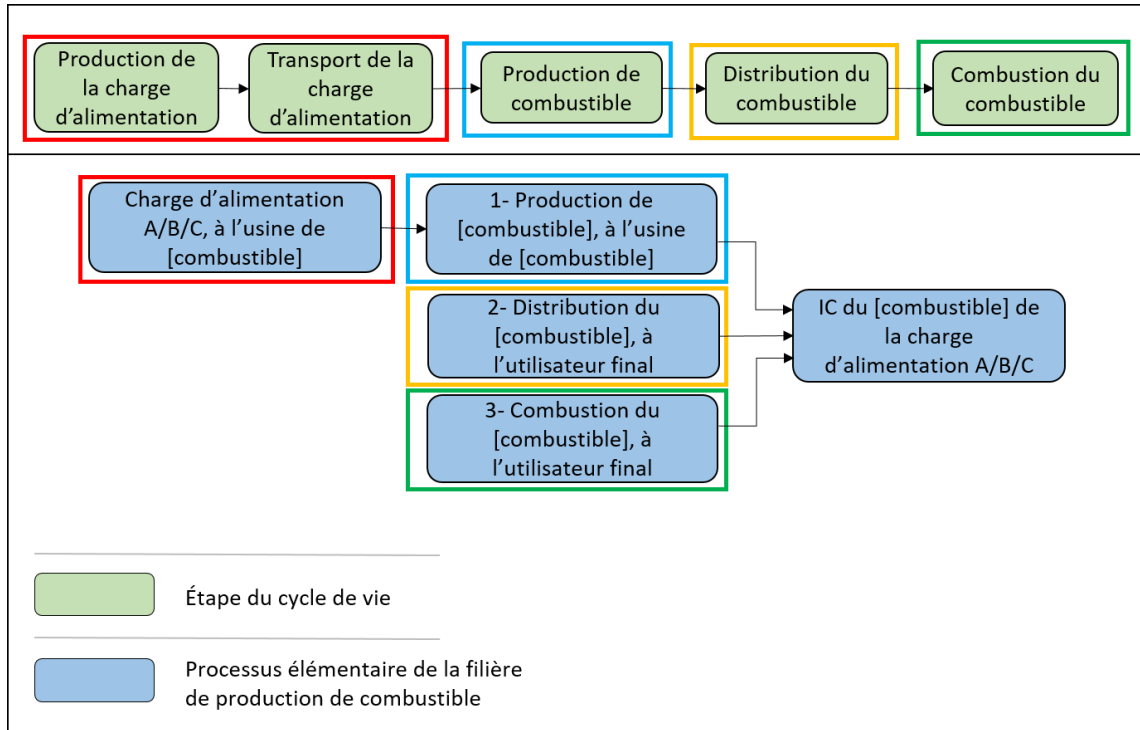
Type de données	Source de données
Gazoduc	GREET 2021 model. Tab 'T&D'. 7) Energy Intensity of Pipeline Transportation: Btu/ton-mile. Cell B89. Retrieved from: <a href="https://greet.es.anl.gov/">https://greet.es.anl.gov/</a> ORTECH Environmental, 2018, Canadian Natural Gas Transmission and Distribution Companies 2016 Greenhouse Gas Inventory

## Chapitre 4: Filières de production de combustible

Ce chapitre présente l'approche prise pour la structure de la modélisation des processus élémentaires dans les filières de production du Modèle. Veuillez-vous référer au *Manuel d'utilisation du Modèle ACV des combustibles* pour savoir comment utiliser les filières de production ainsi que la bibliothèque de données. Ceci inclus les filières de production, qui sont des gabarits pour modéliser des activités liées à un cycle de vie.

### 4.1. Structure des filières de production

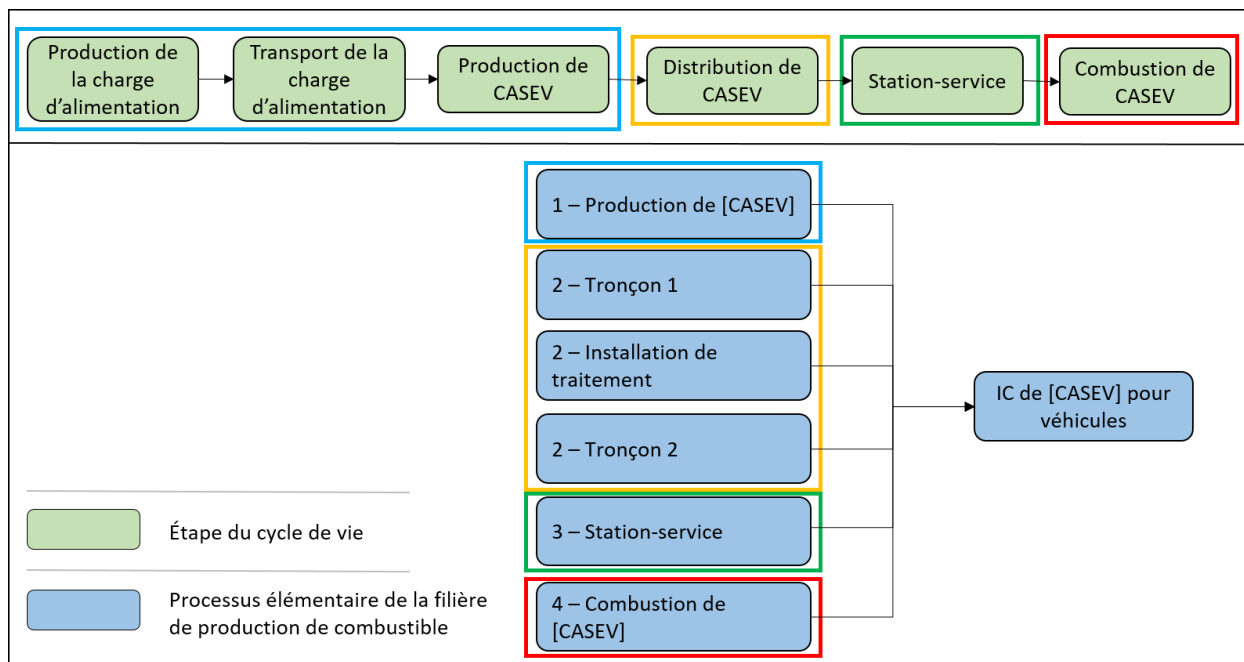
Tel que mentionné au **chapitre 2.3**, le Modèle comprend cinq principales étapes du cycle de vie, en commençant avec la production de charge d'alimentation jusqu'à la combustion de combustible. Les filières de production ont été conçues de façon à permettre la modélisation des cinq étapes du cycle de vie mais sont structurées différemment de ce qui aurait réellement lieu dans le cycle de vie d'un combustible. La structure générale est montrée à la **Figure 14**.



**Figure 14:** En haut: les cinq principales étapes du cycle de vie. En bas : la structure générale des filières de production dans la base de données du Modèle.

La structure des filières de production a été élaborée pour représenter différents combustibles et pour prendre en compte différentes situations. La conception permet pour un niveau élevé de personnalisation. Par exemple, il y a trois processus élémentaires des filières de production créés pour permettre la modélisation de différentes charges d'alimentation pour un combustible. De plus, il se peut que chaque charge d'alimentation ait ses propres besoins de transport, donc l'étape de transport est regroupée avec la production de charge d'alimentation. Les étapes du cycle de vie de production de combustible et de distribution de combustible sont séparées pour permettre une affectation juste à l'étape de production de combustible, étant donné qu'il est possible que les coproduits ne soient pas distribués de la même façon. Le processus de combustion de combustible permet l'entrée des processus agrégés de la bibliothèque de données qui contiennent des facteurs d'émissions de combustion. Finalement, le processus élémentaire « IC du [Combustible] de la charge d'alimentation A/B/C » combine les trois processus précédents pour permettre à un utilisateur de facilement calculer une IC sans avoir à créer des liens complexes entre d'autres processus.

La conception des filières de production dédiée aux Combustibles ou autres sources d'énergie pour les véhicules (CASEV) est légèrement différent des autres filières de production. Il y a une étape du cycle de vie additionnelle entre la distribution de combustible et la combustion de combustible : station-service. Aussi, les trois premières étapes du cycle de vie sont regroupées sous la production de combustible. Enfin, l'étape du cycle de vie de distribution est divisée en trois processus élémentaires : 2-Tronçon 1, 2- Installation de traitement et 2- Tronçon 2. La structure des filières de production pour les CASEV est montrée à la **Figure 15**.



**Figure 15:** En haut : Les six étapes du cycle de vie des CASEV. En bas : structure d'une filière de production dédiée aux CASEV dans la base de données du Modèle.

## 4.2. Processus modifiables

Le Modèle contient plusieurs processus élémentaires modifiables pour fournir des gabarits qui représentent la charge d'alimentation, l'électricité et d'autres scénarios. Les processus sont partiellement modélisés mais permettent l'utilisation d'intrants particulier de la bibliothèque des données. Les approches de modélisation pour chaque type de processus modifiable inclus dans la base de données sont décrites dans les sous-sections suivantes.

### 4.2.1. Approche de modélisation pour les processus modifiables de graisses animales

Les processus modifiables de graisses animales ont été modélisés de la même manière que ceux disponible dans la bibliothèque de données (**chapitre 3.5.1**). L'IC a été calculée sans intrants électriques. Les facteurs d'émissions pour les résultats ont ensuite été inclus comme extrants des processus modifiables et un flux fictif pour l'intrant électrique a été ajouté. Le flux fictif peut être remplacé par les utilisateurs pour correspondre à leur réseau électrique.

### 4.2.2. Approche de modélisation pour des processus modifiables de CSC

Les processus modifiables de captage et stockage du carbone (CSC) ont été modélisés pour deux filières de production (c'est-à-dire le « Captage de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) biogénique, à l'usine de bioéthanol » pour la filière de production de bioéthanol issu de maïs et le « Captage de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) fossile, à l'usine de VFM » pour la filière de production de l'hydrogène issu de VFM). Ces processus modifiables incluent des valeurs d'intrants prédéfinis pour la quantité d'électricité et d'énergie thermique additionnelle requise pour le processus de captage de carbone et le transport (les valeurs d'intrants ont été élaborées par le *Pembina Institute* et sont basées sur le *Shell Quest Project Engineering and Operating Data*). Les processus incluent également des émissions fugitives associées avec le processus de captage, transport et injection comme extrant prédéfini (les valeurs d'extrants sont

basées sur des émissions déclarées/estimées et publiées). Le **Tableau 40** montre les principales sources de données utilisées pour modéliser les processus modifiables de CSC. Les processus n’incluent pas l’énergie liée à l’injection dans la formation géologique puisque la contribution de cette activité aux émissions GES est considérée négligeable comparée aux autres sources d’émissions. Ces valeurs d’intrants et d’extrants prédéfinies des processus de CSC peuvent être mis à jour avec des données particulières à l’utilisateur.

Dans le processus de CSC nommé « Captage de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) biogénique, à l’usine de bioéthanol », les émissions de CO<sub>2</sub> biogénique sont représentées par un flux négatif d’émissions de CO<sub>2</sub> fossiles. Ceci est pour refléter le stockage permanent d’émissions de CO<sub>2</sub> biogénique. Les émissions de CO<sub>2</sub> fossiles sont utilisées malgré que les d’émissions de CO<sub>2</sub> biogénique sont captées. La réduction d’émissions n’impacterait pas autrement l’IC de la production de bioéthanol avec le CCS puisque le PRP d’émissions de CO<sub>2</sub> biogénique est nul.

Dans le processus de CSC nommé « Captage de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> fossile, à l’usine de VFM », les émissions de CO<sub>2</sub> fossile captées sont nulles puisqu’on suppose que les émissions de CO<sub>2</sub> fossile net déclarées dans la filière de production de combustible d’hydrogène prend déjà en compte les émissions captées. Cela assure que le bénéfice du CSC n’est pas compté deux fois. Si les émissions de CO<sub>2</sub> fossile qui auraient été émises en l’absence d’un processus de CSC sont incluses dans d’autres processus élémentaires de la filière de production, ce flux négatif de CO<sub>2</sub> peut être assigné une valeur de -1 par l’utilisateur pour annuler ces émissions de CO<sub>2</sub> fossile.

Les processus de CSC modifiables ont chacun une unité fonctionnelle de 1 kg de CO<sub>2</sub> capté. Afin de représenter l’idée d’un processus capté, les deux processus sont bâtis comme processus de traitement de déchets, avec un flux déchets de 1 kg de CO<sub>2</sub> capté (veuillez voir le chapitre 6.2.3 du *Manuel d’utilisation du Modèle ACV des combustibles* pour la description d’un flux déchets). Ces processus de CSC de traitement de déchets peuvent être connectés aux filières de production de bioéthanol ou d’hydrogène en ajoutant le flux déchets « CO<sub>2</sub> capté » du processus en question à la liste de flux extrants du processus « Production de [combustible], à l’usine de [combustible] ». De plus, le flux électrique fictif peut être remplacé avec le réseau désiré. Les métadonnées des processus modifiables de CSC fournissent des instructions détaillées à propos de comment les utiliser dans différents contextes.

**Tableau 40:** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de processus élémentaires de CSC

Type de données	Source de données
CSC	Shell Canada Ltd. (2011). Quest Carbon Capture and Storage Project: annual report 2011. Heat and material balance. Disponible en ligne : <a href="https://www.alberta.ca/03.05.2013.BDEPA13HMBs.pdf">03.05.2013.BDEPA13HMBs.pdf (alberta.ca)</a>
	Shell Canada Ltd. (2013). Quest Carbon Capture and Storage Project: annual report 2013. Process flow diagram: hydrogen manufacturing unit. Disponible en ligne : <a href="https://www.alberta.ca/03.05.2013.BDEPA13HMBs.pdf">03.05.2013.BDEPA13HMBs.pdf (alberta.ca)</a>
	Shell Canada Ltd. (2017). Quest Carbon Capture and Storage Project: Quest Power Efficiency and Parasitic Loss Summary. Disponible en ligne : <a href="https://www.alberta.ca/CO2PipelineOperationsReport.pdf">CO2 Pipeline Operations Report (alberta.ca)</a> .

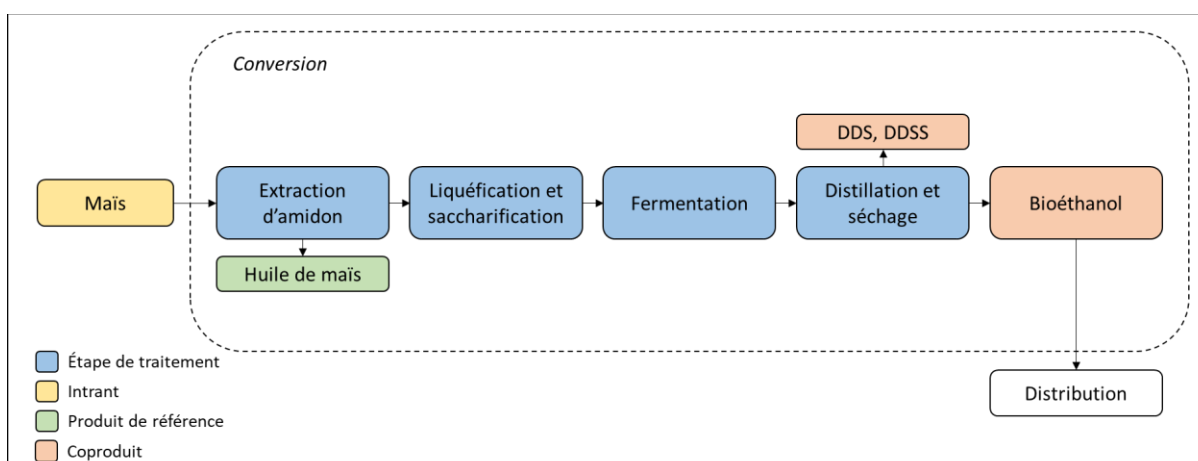


Shell Canada Ltd. (2021). Quest Carbon Capture and Storage Project: Quest GHG and Energy Report for 2020. Available online: [Quest GHG and energy report 2020 \(alberta.ca\)](https://www.alberta.ca/quest-ghg-and-energy-report-2020)

Enhance Energy Inc. (2021). Knowledge Sharing Report. Disponible en ligne : [Knowledge sharing. Division B detailed report and appendices. Calendar year 2020 \(alberta.ca\)](https://www.alberta.ca/knowledge-sharing-division-b-detailed-report-and-appendices-calendar-year-2020)

#### 4.2.3. Approche de modélisation pour le processus modifiables d’huile de maïs

Le processus modifiable d’huile de maïs a été modélisé comme un coproduit de la production d’éthanol à partir de la mouture à sec provenant de la fermentation du maïs qui est la charge d’alimentation. La frontière du processus de production d’huile de maïs commence par le maïs et se termine par la production d’huile de maïs à l’usine de bioéthanol. La **Figure 16** montre les étapes de traitement modélisées dans le développement du processus modifiable d’huile de maïs. L’unité fonctionnelle est 1 kg d’huile extrait à l’usine de bioéthanol, avant la distribution.



**Figure 16** : Principales étapes de transformation pour la production d’huile de maïs au Canada et aux États-Unis

Lors du processus de séparation de l’éthanol, trois principaux coproduits sont générés : l’éthanol de maïs, l’huile de maïs et les drêches de distillerie sèches avec solubles (DDSS). L’affectation des charges aux coproduits est effectuée en fonction du contenu énergétique des coproduits.

Les processus de production d’huile de maïs ont été adaptés de la filière de production d’éthanol par mouture à sec du maïs avec extraction de l’huile de maïs dans le GREET de 2019.

**Tableau 41** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la production d’huile de maïs

Type de données	Source de données
Production d’huile de maïs	Argonne National Lab. (2019). GREET. <a href="https://greet.es.anl.gov/index.php">https://greet.es.anl.gov/index.php</a>

Le processus modifiable a été modélisé en calculant l’ICV du processus de production d’huile de maïs sans intrant électrique. Les résultats d’ICV ont ensuite été ajoutés aux extraits du processus modifiable,

tandis qu'un flux électrique fictif a été ajouté comme intrant. L'utilisateur peut remplacer le flux fictif avec un intrant électrique qui représente leur réseau désiré.

#### 4.2.4. Approche de modélisation pour les processus modifiables de réseaux électriques

Les processus modifiables de réseaux électriques ne contiennent pas de modélisation additionnelle. Ils sont utilisés pour créer des réseaux électriques pour des régions qui ne sont pas déjà couvertes dans la bibliothèque de données. N'importe quelle des technologies de production d'électricité dans la section des intrants peut être choisi par l'utilisateur, avec une quantité totale d'électricité qui égale à 1 kWh.

#### 4.2.5. Approche de modélisation des processus modifiables d'huile des oléagineux

Les processus modifiables pour l'huile d'oléagineux a été modélisé basé sur une moyenne canadienne des processus de production d'huile végétale de l'huile de canola, de l'huile de soja et de l'huile de caméline. Les utilisateurs du Modèle peuvent utiliser un des processus modifiables à modéliser la production de l'huile d'oléagineux d'une région donnée. La culture, le transport et l'extraction d'huile ont été modélisés dans le développement des processus modifiables.

La culture d'oléagineux a été modélisée tel que décrit au **chapitre 3.5.2**, en utilisant la même conception et sources de données que le maïs, le blé, l'orge et les pois des champs.

Les rapports de la TRCCD ne contenaient pas d'information sur la caméline. Néanmoins, la plupart des ICV pour la caméline ont été établis en utilisant les mêmes sources de données, tirées des rapports de la TRCCD et l'approche de modélisation est restée la même. Les lacunes en matière de données ont été comblées en utilisant des données bibliographiques pour compléter les informations manquantes. Le **Tableau 42** détaille les principales sources de données.

**Tableau 42** : Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de la culture de caméline

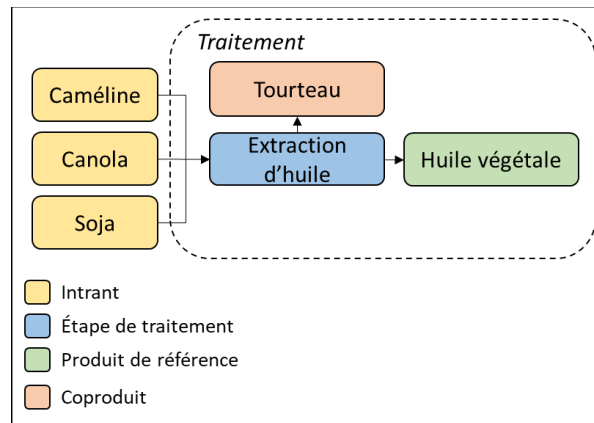
Type de données	Source de données
Rendements	Données de 2019 de Smart Earth Seeds
Taux d'utilisation d'engrais	Crop Planning Guide 2019 de la Saskatchewan
Consommation d'énergie	Utilisation des données sur la consommation d'énergie du canola comme variable de substitution, sur la base du <i>Prairie Crop Energy Model</i> et de l'enquête sur l'agriculture de 2011

Les données provinciales utilisées pour les trois cultures d'oléagineux des rapports de la TRCCD sont montrées au **Tableau 43**.

**Tableau 43:** Portée géographique des oléagineux de caméline, du canola et du soja utilisés pour modéliser l'huile des processus modifiables d'oléagineux

Crop	Alb.	C.-B.	Man.	N.-B.	T.-N.-L.	N.-É.	Ont.	Î.-P.-É.	Qc	Sask.
Camelina										✓
Canola	✓	✓	✓	✓						✓
Soybean			✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Après la culture d'oléagineux, le transport d'oléagineux a été modélisé sur une distance supposée de 100 km par camion. Au cours du procédé d'extraction d'huile, un tourteau riche en protéines est produit en tant que coproduit. Un aperçu des étapes de traitement pour l'extraction de l'huile des oléagineux est présenté à la **Figure 17**.



**Figure 17 :** Principales étapes de transformation intervenant dans l'extraction d'huile végétale à partir d'oléagineux

Les données sur l'extraction d'huile ont été compilées à partir d'une revue de la littérature américaine et canadienne. L'extraction d'huile est différenciée selon le type de grain (canola, soja et caméline).

L'affectation des charges aux protéines de tourteau et à l'huile dans l'étape d'extraction de l'huile est effectuée en fonction de la masse sèche des produits.

Les sources de données utilisées pour modéliser l'extraction de l'huile des oléagineux sont présentées au **Tableau 44**. Pour des raisons de cohérence entre tous les types de processus d'extraction d'huile, on suppose que l'énergie thermique totale requise pour tous ces processus est toujours fournie par la combustion de gaz naturel.

**Tableau 44 :** Liste des principales sources de données utilisées pour la modélisation de l'extraction d'huile à partir d'oléagineux

Type de données	Source
Production d'oléagineux	Rapports de la TRCCD de cultures particulières à propos du canola et du soja : (S&T)2 Consultants. (2017). <i>Carbon Footprint For Canadian Canola</i> . Winnipeg, MB: Canadian Roundtable on Sustainable Crops.

---

(S&T)2 Consultants. (2017). *Carbon Footprint For Canadian Soybeans*. Winnipeg, MB: Canadian Roundtable on Sustainable Crops.

(S&T)2 Consultants Inc. (2017c). *Carbon Footprints for Major Canadian Grains Methodology Report*. Winnipeg, MB: Canadian Roundtable on Sustainable Crops.

Statistique Canada. Tableau 32-10-0359-01 Estimation de la superficie du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures en unités métriques et impériales. Disponible à : <https://doi.org/10.25318/3210035901-fra>

---

Extraction d'huile	Miller, P. et A. Kumar. (2013). « Development of emission parameters and net energy ratio for renewable diesel from Canola and Camelina ». <i>Energy</i> , 58, 426-437.
	Shonnard, D., L. Williams et T. Kalnes. (s.d.). (2010). « Camelina-derived jet fuel and diesel: Sustainable advanced biofuels ». <i>Environ. Prog. Sustainable Energy</i> , 29, 382-392
	Chen, R., Qin, Z., Han, J., Wang, M., Taheripour, F., W. Tyner et J. Duffield. (2018)... <i>Life cycle energy and greenhouse gas emission effects of biodiesel in the United States with induced land use change impacts</i> . <i>Bioresource Technology</i> , 251, 249-258.

---

Le processus modifiable a été modélisé en calculant l'ICV du processus d'extraction d'oléagineux sans intrant d'électricité pour l'extraction d'oléagineux. Les résultats d'ICV ont ensuite été ajoutés aux extrants du processus modifiable, tandis qu'un flux d'électricité fictif a été ajouté comme intrant. L'utilisateur peut remplacer le flux fictif avec un intrant d'électricité qui représente leur réseau désiré.

#### 4.2.6. Approche de modélisation pour les processus modifiables de graisse jaune

Les processus modifiables de graisse jaune ont été modélisés de la même façon que ceux disponibles dans la bibliothèque de données (**chapitre 3.5.1**). L'ICV a été calculé sans intrant d'électricité. Les résultats d'ICV ont ensuite été ajoutés aux extrants du processus modifiable, tandis qu'un flux d'électricité fictif a été ajouté comme intrant. L'utilisateur peut remplacer le flux fictif avec un intrant d'électricité qui représente leur réseau désiré.

## Annexe A : Facteurs d'impact des GES

Le Modèle inclut plusieurs GES en tant que flux élémentaires. Les GES inclus dans le Modèle sont présentés dans le **Tableau 45**. Il contient le PRP de chaque GES, adapté depuis l'AR5 du GIEC.

Tableau 45: PRP 100 ans des GES. Adapté depuis l'AR5 du GIEC.<sup>37</sup>

Acronyme, nom commun ou nom chimique	Formule chimique	PRP de 100 ans	Incertitude
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	1	
Méthane (biogénique)	CH <sub>4</sub>	28	11,2
Méthane fossile	CH <sub>4</sub>	30	12
Oxyde nitreux	N <sub>2</sub> O	265	79,5
<b>Chlorofluorocarbones</b>			
CFC-11	CCl <sub>3</sub> F	4 660	1 631
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	10 200	3 060
CFC-13	CClF <sub>3</sub>	13 900	2 780
CFC-113	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	5 820	1 164
CFC-114	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	8 590	1 718
CFC-115	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7 670	1 534
<b>Hydrochlorofluorocarbones</b>			
HCFC-21	CHCl <sub>2</sub> F	148	59,2
HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	1 760	704
HCFC-122	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> Cl	59	23,6
HCFC-122a	CHFClClFCl <sub>2</sub>	258	103,2
HCFC-123	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	79	31,6
HCFC-123a	CHClFClF <sub>2</sub> Cl	370	148
HCFC-124	CHClFClF <sub>3</sub>	527	210,8
HCFC-132c	CH <sub>2</sub> FCFCl <sub>2</sub>	338	135,2
HCFC-141b	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F	782	312,8
HCFC-142b	CH <sub>3</sub> CClF <sub>2</sub>	1 980	495
HCFC-225ca	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	127	50,8
HCFC-225cb	CHClFClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	525	210
(E)-1-Chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ène	trans-CF <sub>3</sub> CH=CHCl	1	0,04
<b>Hydrofluorocarbones</b>			
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	12 400	2 480
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	677	270,8
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	116	46,4
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3 170	792,5
HFC-134	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	1 120	448

<sup>37</sup> Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Acronyme, nom commun ou nom chimique	Formule chimique	PRP de 100 ans	Incertitude
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1 300	455
HFC-143	CH <sub>2</sub> FCHF <sub>2</sub>	328	131,2
HFC-143a	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	4 800	960
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	16	6,4
HFC-152a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	138	55,2
HFC-161	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	4	0,16
HFC-227ca	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	2 640	660
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3 350	837,5
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 210	484
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 330	532
HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	8 060	1 612
HFC-245ca	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	716	286,4
HFC-245cb	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	4 620	924
HFC-245ea	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	235	94
HFC-245eb	CH <sub>2</sub> FCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	290	116
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	858	343,2
HFC-263fb	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	76	30,4
HFC-272ca	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	144	57,6
HFC-329p	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2 360	590
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	804	321,6
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 650	412,5
(Z)-HFC-1336	CF <sub>3</sub> CH=CHCF <sub>3</sub> (Z)	2	0,08
<b>Chlorocarbones et hydrochlorocarbones</b>			
Méthylchloroforme	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	160	64
Tétrachlorure de carbone	CCl <sub>4</sub>	1 730	432,5
Chlorométhane	CH <sub>3</sub> Cl	12	4,8
Chlorure de méthylène	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	9	3,6
Chloroforme	CHCl <sub>3</sub>	16	6,4
<b>Bromocarbones, hydrobromocarbones et halons</b>			
Bromométhane	CH <sub>3</sub> Br	2	0,8
Bromure de méthylène	CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	1	0,4
Halon-1201	CHBrF <sub>2</sub>	376	150,4
Halon-1202	CBr <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	231	92,4
Halon-1211	CBrClF <sub>2</sub>	1 750	437,5
Halon-1301	CBrF <sub>3</sub>	6 290	1 258
Halon-2301	CH <sub>2</sub> BrCF <sub>3</sub>	173	69,2
Halon-2311/halothane	CHBrCLClF <sub>3</sub>	41	16,4
Halon-2401	CHBrCF <sub>3</sub>	184	73,6
Halon-2402	CBrF <sub>2</sub> CBrF <sub>2</sub>	1 470	367,5
<b>Espèces entièrement fluorées</b>			
Trifluorure d'azote	NF <sub>3</sub>	16 100	3 220
Hexafluorure de soufre	SF <sub>6</sub>	23 500	4 700
(Trifluorométhyl) pentafluorure de soufre	SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	17 400	3 480
Fluorure de sulfuryle	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4 090	1 022,5

Acronyme, nom commun ou nom chimique	Formule chimique	PRP de 100 ans	Incertitude
PFC-14	CF <sub>4</sub>	6 630	1 326
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	11 100	2 220
PFC-c216	c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	9 200	1 840
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8 900	1 780
PFC-318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	9 540	1 908
PFC-31-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	9 200	1 840
Perfluorocyclopentène	c-C <sub>5</sub> F <sub>8</sub>	2	0,08
PFC-41-12	n-C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	8 550	1 710
PFC-51-14	n-C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7 910	1 582
PFC-61-16	n-C <sub>7</sub> F <sub>16</sub>	7 820	1 564
PFC-71-18	C <sub>8</sub> F <sub>18</sub>	7 620	1 524
PFC-91-18	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	7 190	1 438
Perfluorodécaline (cis)	Z-C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	7 240	1 448
Perfluorodécaline (trans)	E-C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	6 290	1 258
Perfluorobut-2-ène	CF <sub>3</sub> CF=CF <sub>3</sub>	2	0,08
<b>Alcools et éthers halogénés</b>			
HFE-125	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	12 400	2 480
HFE-134 (HG-00)	CHF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	5 560	1 390
HFE-143a	CH <sub>3</sub> OCF <sub>3</sub>	523	209,2
HFE-227ea	CF <sub>3</sub> CHFOCF <sub>3</sub>	6 450	1 290
HCFE-235ca2 (enflurane)	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CHFCI	583	233,2
HCFE-235da2 (isoflurane)	CHF <sub>2</sub> OCHCLCIF <sub>3</sub>	491	196,4
HFE-236ca	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	4 240	1 060
HFE-236ea2 (desflurane)	CHF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 790	716
HFE-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	979	391,6
HFE-245cb2	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	654	261,6
HFE-245fa1	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	828	331,2
HFE-245fa2	CHF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	812	324,8
2,2,3,3,3-Pentafluoropropan-1-ol	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	19	7,6
HFE-254cb1	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	301	120,4
HFE-263fb2	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	1	0,04
HFE-263m1	CF <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	29	11,6
HFE-329mcc2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3 070	767,5
HFE-338mmz1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCHF <sub>2</sub>	2 620	655
HFE-338mcf2	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	929	371,6
Sevoflurane (HFE-347mmz1)	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCH <sub>2</sub> F	216	86,4
HFE-347mcc3 (HFE-7000)	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	530	212
HFE-347mcf2	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	854	341,6
HFE-347pcf2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	889	355,6
HFE-347mmy1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CFOCH <sub>3</sub>	363	145,2
HFE-356mec3	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	387	154,8
HFE-356mff2	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	17	0,68
HFE-356pcf2	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	719	287,6
HFE-356pcf3	CHF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	446	178,4

Acronyme, nom commun ou nom chimique	Formule chimique	PRP de 100 ans	Incertitude
HFE-356pcc3	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	413	165,2
HFE-356mmz1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCH <sub>3</sub>	14	0,56
HFE-365mcf2	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	58	23,2
HFE-374pc2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	627	250,8
2,2,3,3,4,4,5,5-Octafluorocyclopentanol	-(CF <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH(OH)-	13	5,2
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x, HG-11)	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OC <sub>2</sub> F <sub>4</sub> OCHF <sub>2</sub>	2 820	705
HFE-449s1 (HFE-7100)	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	421	168,4
n-HFE-7100	n-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	486	194,4
i-HFE-7100	i-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	407	162,8
HFE-569sf2 (HFE-7200)	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	57	22,8
n-HFE-7200	n-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	65	26
i-HFE-7200	i-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	44	17,6
HFE-236ca12 (HG-10)	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	5 350	1 337,5
HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	2 910	1 164
1,1,1,3,3,3-Hexafluoropropan-2-ol	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH	182	72,8
HG-02	HF <sub>2</sub> C-(OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -OCF <sub>2</sub> H	2 730	1 092
HG-03	HF <sub>2</sub> C-(OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -OCF <sub>2</sub> H	2 850	1 140
HG-20	HF <sub>2</sub> C-(OCF <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -OCF <sub>2</sub> H	5 300	1 325
HG-21	HF <sub>2</sub> C-OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OC-F <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> O-CF <sub>2</sub> H	3 890	972,5
HG-30	HF <sub>2</sub> C-(OCF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -OCF <sub>2</sub> H	7 330	1 832,5
1-Éthoxy-1,1,2,2,3,3,3-heptafluoropropane	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	61	24,4
1,1,2,2-Tétrafluoro-1-(fluorométhoxy)éthane	CH <sub>2</sub> FOCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> H	871	348,4
2-Éthoxy-3,3,4,4,5-pentafluorotétrahydro-2,5-bis[1,2,2,2-tétrafluoro-1-(trifluorométhyl)éthyl]-furan	C <sub>12</sub> H <sub>5</sub> F <sub>19</sub> O <sub>2</sub>	56	22,4
Fluoro(méthoxy)méthane	CH <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> F	13	0,52
Difluoro(méthoxy)méthane	CH <sub>3</sub> OCHF <sub>2</sub>	144	57,6
Fluoro(fluorométhoxy)méthane	CH <sub>2</sub> FOCH <sub>2</sub> F	130	52
Difluoro(fluorométhoxy)méthane	CH <sub>2</sub> FOCHF <sub>2</sub>	617	246,8
Trifluoro(fluorométhoxy)méthane	CH <sub>2</sub> FOCF <sub>3</sub>	751	300,4
HG'-01	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	222	88,8
HG'-02	CH <sub>3</sub> O(CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	236	94,4
HG'-03	CH <sub>3</sub> O(CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	221	88,4
HFE-329me3	CF <sub>3</sub> CFHCF <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	4 550	1 137,5
2-chloro-1,1,2-trifluoro-1-méthoxyéthane	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CHFCl	122	48,8
PFPME (perfluoropolyméthylisopropyl éther)	CF <sub>3</sub> OCF(CF <sub>3</sub> )CF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	9 710	1 942
Formate de trifluorométhyle	HCOOCF <sub>3</sub>	588	235,2
Formate de perfluoroéthyle	HCOOCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	580	232
Formate de perfluoropropyle	HCOOCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	376	150,4
Formate de perfluorobutyle	HCOOCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	392	156,8



Acronyme, nom commun ou nom chimique	Formule chimique	PRP de 100 ans	Incertitude
Formate de 2,2,2-trifluoroéthyle	HCOOCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	33	13,2
Formate de 3,3,3-trifluoropropyle	HCOOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	17	6,8
Formate de 1,2,2,2-tétrafluoroéthyle	HCOOCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	470	188
Formate de 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropan-2-yle	HCOOCH(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	333	133,2
Acétate de perfluorobutyle	CH <sub>3</sub> COOCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2	0,08
Acétate de perfluoropropyle	CH <sub>3</sub> COOCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2	0,08
Acétate de perfluoroéthyle	CH <sub>3</sub> COOCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2	0,08
Acétate de trifluorométhyle	CH <sub>3</sub> COOCF <sub>3</sub>	2	0,08
Carbonofluoride de méthyle	FCOOCH <sub>3</sub>	95	38
Carbonofluoride de 1,1-difluoroéthyle	FCOOCF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	27	10,8
2,2,2-trifluoroacétate de 1,1-difluoroéthyle	CF <sub>3</sub> COOCF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	31	12,4
2,2,2-trifluoroacétate d'éthyle	CF <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1	0,04
2,2,2-Trifluoroéthyl 2,2,2-trifluoroacétate	CF <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7	0,28
2,2,2-trifluoroacétate de méthyle	CF <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	52	20,8
2,2-difluoroacétate de méthyle	HCF <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>	3	0,12
2,2,2-trifluoroacétate de difluorométhyle	CF <sub>3</sub> COOCHF <sub>2</sub>	27	10,8
2,2,3,3,4,4,4-heptafluorobutan-1-ol	C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> CH <sub>2</sub> OH	34	13,6
1,1,2-trifluoro-2-(trifluorométhoxy)-éthane	CHF <sub>2</sub> CHFOCF <sub>3</sub>	1 240	496
1-éthoxy-1,1,2,3,3,3-hexafluoropropane	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	23	9,2
1,1,1,2,2,3,3-heptafluoro-3-(1,2,2,2-tétrafluoroéthoxy)-propane	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	6 490	1 298
2,2,3,3-tétrafluoro-1-propanol	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	13	0,52
2,2,3,4,4,4-hexafluoro-1-butanol	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	17	0,68
2,2,3,3,4,4,4-heptafluoro-1-butanol	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	16	6,4
2,2-difluoroéthanol	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	3	0,12
2,2,2-trifluoroéthanol	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	20	8
1,1'-oxybis[2-(difluorométhoxy)-1,1,2,2-tétrafluoroéthane	HCF <sub>2</sub> O(CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> H	4 920	1 230
1,1,3,3,4,4,6,6,7,7,9,9,10,10,12,12-hexadécafluoro-2,5,8,11-tétraoxadodécane	HCF <sub>2</sub> O(CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> H	4 490	1 122,5
1,1,3,3,4,4,6,6,7,7,9,9,10,10,12,12,13,13,15,15-eico-safluoro-2,5,8,11,14-pentaoxapentadécane	HCF <sub>2</sub> O(CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> CF <sub>2</sub> H	3 630	907,5

## Annexe B : Paramètres supplémentaires pour des conversions d'unités

Le Modèle utilise divers types d'unités qui sont parfois atypiques comparées aux unités conventionnelles pour que la collecte de données permette une modélisation d'ACV uniforme. Cette section inclut des conversions communes qui peuvent être utilisées avec le Modèle.

Tableau 46: Valeurs de conversion de charges d'alimentation supplémentaires

Catégorie de charge d'alimentation	Type de charge d'alimentation	Densité	Unité	Source des données
Grains	Orge	41,76	lbs sec/boisseau	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
	Maïs	47,60	lbs sec/boisseau	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
	Blé (non dur)	52,20	lbs sec/boisseau	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
Pois des champs	Pois des champs	52,20	lbs sec/boisseau	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
Huiles végétales et graisses animales	Graisses animales	0,884	kg/L	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »), basé sur la densité du suif
	Huile de maïs	0,915	kg/L	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »), basé sur la densité de l'huile de canola
	Huile d'oléagineux	0,915	kg/L	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »), basé sur la densité de l'huile de canola
	Huile de cuisson usée (HCU)	0,910	kg/L	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »), basé sur la densité utilisée pour l'huile usée
	Graisse jaune	0,884	kg/L	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
Fibres ligneuses	Copeaux de bois, de billes non marchandes	12,10	lbs sec/ft3	RNCan. <i>Bulletin d'information sur les biocombustibles solides no 2 (Tableau 2)</i> . Disponible à: <a href="https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCAN_BB_no2_f7.pdf">https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCAN_BB_no2_f7.pdf</a>

Catégorie de charge d'alimentation	Type de charge d'alimentation	Densité	Unité	Source des données
	Granules de bois, de coproduits de scieries	34,04	lbs sec/ft3	
	Granules de bois, de billes non marchandes	34,04	lbs sec/ft3	

**Tableau 47** : Paramètres supplémentaires pour des CFIC. Pour des CFIC gazeux, la PCS et la densité sont fournis à un volume à conditions standards

CFIC	Paramètre	Valeur	Source de données
Bioéthanol	PCS (MJ/kg)	29,67	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
	PCS (MJ/L)	23,42	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	789,30	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
Biodiesel	PCS (MJ/kg)	39,89	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
	PCS (MJ/L)	35,18	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	882,00	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
Biogaz	PCS (MJ/L)	0,0186	Élaboré par ECCC
Diesel renouvelable produit par hydrogénation (DRPH)	PCS (MJ/kg)	46,63	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	PCS (MJ/L)	34,92	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	748,93	Calculé basé sur le GREET de 2018. Consulter le « HHV GREET Calcs.xlsx »
Carburant d'aviation durable (CAD)	PCS (MJ/kg)	46,32	Supposé à être le même que le carburant d'aviation
	PCS (MJ/L)	37,40	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	807,40	Supposé à être le même que le carburant d'aviation
Propane renouvelable (gazeux)	PCS (MJ/kg)	51,34	Supposé à être le même que le propane fossile
	PCS (MJ/L)	0,097	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	1,88	Supposé à être le même que le propane fossile (gazeux)
Propane renouvelable (liquide)	PCS (MJ/kg)	51,34	Supposé à être le même que le propane fossile
	PCS (MJ/L)	25,31	Calculé

<b>CFIC</b>	<b>Paramètre</b>	<b>Valeur</b>	<b>Source de données</b>
Essence renouvelable	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	493,00	Supposé à être le même que le propane fossile
	PCS (MJ/kg)	46,31	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	PCS (MJ/L)	34,62	Calculé
Naphte renouvelable	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	747,61	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	PCS (MJ/kg)	48,08	Calculé
	PCS (MJ/L)	34,86	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »). Supposé à être le même que le naphte fossile
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	725,15	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »). Supposé à être le même que le naphte fossile
Gaz naturel renouvelable (gazeux)	PCS (MJ/kg)	54,03	Supposé à être le même que le gaz naturel gazeux
	PCS (MJ/L)	0,038	Supposé à être le même que le gaz naturel gazeux
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	0,7105	Supposé à être le même que le gaz naturel gazeux
Gaz naturel renouvelable (liquide)	PCS (MJ/kg)	55,21	Supposé à être le même que le gaz naturel liquide
	PCS (MJ/L)	23,64	Supposé à être le même que le gaz naturel gazeux
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	428,20	Supposé à être le même que le gaz naturel liquide
Hydrogène (gazeux)	PCS (MJ/kg)	141,92	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	PCS (MJ/L)	0,013	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	0,0899	Hydrogen Tools. Basic Hydrogen Properties. Disponible à : <a href="https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-data/basic-hydrogen-properties">https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-data/basic-hydrogen-properties</a> . Propriétés à 0 degrés C et 1 atm
Hydrogène (liquide)	PCS (MJ/kg)	141,80	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	PCS (MJ/L)	10,04	Calculé
	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	70,8	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)

Tableau 48: Paramètres supplémentaires pour les coproduits de CFIC

CFIC	Coproduit	Paramètre	Valeur	Source de données
Bioéthanol	Nourriture pour animaux (y compris DDS, DHD, DDSS, DHDS, nourriture à base de gluten, farine de gluten, germe)	PCS (MJ/kg base sèche)	21,75	R. V. Morey, D. L. Hatfield, R. Sears, D. Haak, D. G. Tiffany, & N. Kaliyan. (2009). Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants. <i>Applied Engineering in Agriculture</i> , 25(1), 57–64. <a href="https://doi.org/10.13031/2013.25421">https://doi.org/10.13031/2013.25421</a>
	Huile de maïs	PCS (MJ/kg base sèche)	36,55	EPA (2018). Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories. Available at: <a href="https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-03/documents/emission-factors_mar_2018_0.pdf">https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-03/documents/emission-factors_mar_2018_0.pdf</a>
	Sirop, ensilage mince	PCS (MJ/kg base sèche)	19,73	R. V. Morey, D. L. Hatfield, R. Sears, D. Haak, D. G. Tiffany, & N. Kaliyan. (2009). Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants. <i>Applied Engineering in Agriculture</i> , 25(1), 57–64. <a href="https://doi.org/10.13031/2013.25421">https://doi.org/10.13031/2013.25421</a>
	Lignine	PCS (MJ/kg base sèche)	25,60	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
Biodiesel	Résidus de distillation	PCS (MJ/kg base sèche)	42,21	GREET1_2022 (onglet « Fuel_Specs »)
	Acides gras libres	PCS (MJ/kg base sèche)	42,21	GREET1_2022 (onglet « Fuel_Specs »)
	Glycérol	PCS (MJ/kg base sèche)	18,10	GHGenius 5.01e (onglet « Fuel Char »)
Biocombustible renouvelable produit par hydrogénation	Biochar	PCS (MJ/kg base sèche)	22,00	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
	Hydrocarbures légers	PCS (MJ/kg base sèche)	48,08	Supposé à être le même que le naphte renouvelable
		PCS (MJ/L)	34,86	
		Densité (kg/m <sup>3</sup> )	725,15	

Tableau 49: Paramètres supplémentaires d'intrants matériels

Produit chimique	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Source de données
Méthanol	794,1013539	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
Hydrogène (gazeux)	0,0899	Hydrogen Tools. Basic Hydrogen Properties. Disponible à : <a href="https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-data/basic-hydrogen-properties">https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-data/basic-hydrogen-properties</a> . Propriétés à 0 degrés C et 1 atm
Hydrogène (liquide)	70,8	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)

Tableau 50 : Paramètres supplémentaires pour les autres combustibles

Type de combustible	Combustible	Paramètre	Valeur	Source de données
Combustibles fossiles	Carburant d'aviation	PCS (MJ/kg)	46,32	Calculé
		PCS (MJ/L)	37,4	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m <sup>3</sup> )	807,4	Basé sur la valeur dans le RIN
	Charbon (bitumineux)	PCS (MJ/kg)	28,37	Basé sur la valeur dans le RIN
	Charbon (lignite)	PCS (MJ/kg)	16,29	Basé sur la valeur dans le RIN
	Charbon (subbitumineux)	PCS (MJ/kg)	18,44	Basé sur la valeur dans le RIN
	Diesel	PCS (MJ/kg)	45,5	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
		PCS (MJ/L)	38,35	Calculé
		Densité (kg/m <sup>3</sup> )	842,9	Basé sur la valeur dans le RIN
	Essence	PCS (MJ/kg)	45,8	Élaboré par ECCC basé sur des références utilisées pour le RIN
PCS (MJ/L)		33,45	Calculé	
Densité (kg/m <sup>3</sup> )		730,4	Basé sur la valeur dans le RIN	
Mazout lourd	PCS (MJ/kg)	42,81	Calculé	
	PCS (MJ/L)	42,5	Basé sur la valeur dans le RIN	
		Densité (kg/m <sup>3</sup> )	992,8	Basé sur la valeur dans le RIN

Type de combustible	Combustible	Paramètre	Valeur	Source de données
Kérosène		PCS (MJ/kg)	46,67	Calculé
		PCS (MJ/L)	37,68	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m3)	807,4	Basé sur la valeur dans le RIN
Mazout léger		PCS (MJ/kg)	46,22	Calculé
		PCS (MJ/L)	38,8	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m3)	839,5	Basé sur la valeur dans le RIN
Gaz de pétrole liquéfié (GPL)		PCS (MJ/kg)	52,04	Calculé
		PCS (MJ/L)	26,41	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m3)	507,5	Basé sur la valeur dans le RIN
Gaz naturel, gazeux		PCS (MJ/kg)	54,03	Calculé
		PCS (MJ/L)	0,038	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
		Densité (kg/m3)	0,7105	Enbridge. Learn about natural gas-Chemical composition of natural gas. Available at: <a href="https://www.enbridgegas.com/about-enbridge-gas/learn-about-natural-gas">https://www.enbridgegas.com/about-enbridge-gas/learn-about-natural-gas</a> . Properties at standard conditions.
Gaz naturel, liquide		PCS (MJ/kg)	55,21	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
		PCS (MJ/L)	23,64	Calculé
		Densité (kg/m3)	428,2	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
Coke de pétrole		PCS (MJ/kg)	36,24	Calculé
		PCS (MJ/L)	43,46	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m3)	1199,3	Basé sur la valeur dans le RIN
Propane (gazeux)		PCS (MJ/kg)	51,34	Calculé
		PCS (MJ/L)	0,097	Calculé
		Densité (kg/m3)	1,8839	CA-GREET3.0 model (onglet « Fuel_Specs »)
Propane (liquide)		PCS (MJ/kg)	51,34	Calculé
		PCS (MJ/L)	25,31	Basé sur la valeur dans le RIN
		Densité (kg/m3)	493,0	Basé sur la valeur dans le RIN
Mazout léger no. 1		PCS (MJ/kg)	46,22	Supposé à être le même que le mazout léger
		PCS (MJ/L)	38,8	Supposé à être le même que le mazout léger
		Densité (kg/m3)	839,5	Supposé à être le même que le mazout léger

Type de combustible	Combustible	Paramètre	Valeur	Source de données
Autres sources d'énergie	Vapeur achetée	PCS (MJ/kg)	2,79	GHGenius 5.01e
Combustibles renouvelables	Granules, de résidus agricoles	PCS (MJ/kg base sèche)	8,70	PCS des granules de canne de maïs. Valeur tirée de : United States Environmental Protection Agency. (2016). Greenhouse Gas Inventory Guidance - Direct Emissions from Stationary Combustion Sources. EPA Centre for Corporate Climate Leadership.
	Copeaux de bois de coproduits de scierie	PCS (MJ/kg base sèche)	21,43	Les valeurs de densité pour les fibres ligneuses sont basées sur des paramètres des Bulletins d'information sur les biocarburants solides n° 2 de RNCAN. Récupéré de <a href="https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCA_N_BB_no2_f7.pdf">https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCA_N_BB_no2_f7.pdf</a>
	Granules de bois de coproduits de scierie	PCS (MJ/kg base sèche)	21,43	Les valeurs de densité pour les fibres ligneuses sont basées sur des paramètres des Bulletins d'information sur les biocarburants solides n° 2 de RNCAN. Récupéré de <a href="https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCA_N_BB_no2_f7.pdf">https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/files/NRCA_N_BB_no2_f7.pdf</a>