



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et
de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Industrie et services

Version du 14 février 2025

Feuilles de route zéro net

Directive

Date : 12 février 2025

Lieu : Berne

Éditeur :

Office fédéral de l'énergie OFEN
CH-3003 Berne
www.bfe.admin.ch

Auteurs :

Paule Anderegg, OFEN
Denis Billat, OFEN
Irène Barras, OFEN
Jonathan Vouillamoz, OFEN
Alexandre Berset, OFEV
Frank Hayer, OFEV
Martin Jiskra, OFEV
Roger Ramer, OFEV
Sophie Wenger Hintz, OFEV
Daniel Zürcher, OFEV
Theo Rindlisbacher, OFAC

Valeur de la présente directive :

Les directives aident à interpréter une norme juridique. Elles vont au-delà de recommandations non contraignantes, sans pour autant avoir le même caractère contraignant que les ordonnances. La présente directive reflète le point de vue des autorités d'exécution. Les dérogations à la directive ne sont pas écartées d'emblée lorsqu'elles sont dûment justifiées. Il faut néanmoins apporter la preuve qu'elles respectent de manière égale les dispositions légales sur lesquelles se fonde la directive. La directive sera adaptée en conséquence si nécessaire ou en cas de modification de la législation.

Office fédéral de l'énergie OFEN

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen ; adresse postale : CH-3003 Berne
Tél. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Table des matières

Glossaire	5
Liste des abréviations.....	7
1 Introduction.....	8
2 Objet et but de la présente directive	8
3 Conditions-cadres	9
3.1 Bases juridiques.....	9
3.2 Interface avec d'autres instruments.....	9
3.2.1 Encouragement de technologies et de processus innovants.....	9
3.2.2 Plans de décarbonation.....	9
3.2.3 Feuilles de route pour les entreprises du secteur financier.....	10
3.2.4 Conventions d'objectifs conclues avec la Confédération visant l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de CO ₂	10
4 Recours à des experts pour élaborer les feuilles de route	12
5 Bases d'une feuille de route.....	12
5.1 Feuille de route individuelle pour les entreprises et feuille de route de branche	12
5.1.1 Finalité et marges de fonctionnement du système.....	12
5.1.2 Aperçu de la feuille de route individuelle pour les entreprises.....	13
5.1.3 Aperçu de la feuille de route de branche.....	14
5.2 Catégorisation des émissions.....	14
5.2.1 Émissions du scope 1.....	15
5.2.2 Émissions du scope 2.....	15
5.2.3 Émissions du scope 3.....	15
5.2.4 Émissions difficilement évitables	16
5.3 Facteurs d'émission	17
5.4 Autres émissions ayant un effet climatique générées par le trafic aérien	17
5.4.1 Émissions d'oxydes d'azote	17
5.4.2 Émissions de particules de suie	17
5.4.3 Émissions de composés soufrés oxydés	18
6 Feuilles de route individuelles pour les entreprises	18
6.1 Bilan des émissions de gaz à effet de serre (bilan des GES)	18
6.1.1 Bilan des émissions du scope 1	18
6.1.2 Bilan des émissions du scope 2	19
6.1.3 Bilan des émissions du scope 3	19
6.2 Calcul des autres émissions ayant un effet climatique générées par le trafic aérien.....	19
6.3 Description des installations et processus existants	20
6.4 Analyse des solutions de décarbonation	20
6.5 Trajectoire de réduction	20
6.6 Trajectoire de développement des émissions négatives.....	22

6.7	Plan de mesures	22
6.7.1	Informations sur les mesures	24
6.7.2	Exigences particulières	24
7	Feuilles de route de branche.....	27
7.1	Déroulement de l'élaboration d'une feuille de route de branche	27
7.2	Bilan-type des émissions de gaz à effet de serre	28
7.3	Description des installations et processus existants typiques de la branche	28
7.4	Analyse des solutions de décarbonation spécifiques à la branche	28
7.5	Trajectoire de réduction	29
7.6	Trajectoire de développement des émissions négatives	29
7.7	Plan de mesures-type	29
8	Mise à jour de la feuille de route	30
Annexe : Estimation des émissions d'oxydes d'azote et de suie en vol de croisière et des émissions de soufre		31

Glossaire

Sujet	Explication
Bilan-type des gaz à effet de serre	Bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) caractéristique d'une entreprise pour une branche donnée. Le bilan-type des GES est défini à partir des bilans des GES de feuilles de route individuelles représentatives de la branche.
Carburants d'aviation durables (<i>Sustainable Aviation Fuels</i> , SAF)	Carburants d'aviation durables remplissant les exigences de la loi sur le CO ₂ et de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)
Convention d'objectifs (CO)	Convention conclue entre une entreprise et la Confédération en vue d'accroître l'efficacité énergétique et de réduire les émissions de CO ₂ . Les conventions d'objectifs peuvent être utilisées à différentes fins. Les dispositions des bases légales en la matière s'appliquent.
Décarbonation	Processus de transition d'une économie ayant pour objectif la réduction des émissions de gaz à effet de serre
Émissions	Dans la présente directive, on entend par « émissions » les émissions de gaz à effet de serre (sauf indication contraire dans un cas particulier).
Émissions de gaz à effet de serre (émissions de GES)	Émissions (rejets) de gaz qui sont à l'origine de l'effet de serre. Selon l'art. 1 de l'ordonnance sur le CO ₂ , les gaz à effet de serre suivants sont déterminants : le dioxyde de carbone (CO ₂), le méthane (CH ₄), le protoxyde d'azote (N ₂ O), les hydrofluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF ₆), le trifluorure d'azote (NF ₃). Les émissions de ces gaz à effet de serre sont comptabilisées dans l'inventaire des gaz à effet de serre.
Émissions directes	Émissions de gaz à effet de serre générées lors de l'exploitation, notamment lors de la combustion d'agents énergétiques et lors de processus physiques ou chimiques (art. 2, al. b, LCI). Elles correspondent au scope 1 du (GHG Protocol cf. ci-après).
Émissions en amont	Émissions générées en amont par des tiers et liées aux activités de l'entreprise considérée. Elles correspondent aux émissions en amont du scope 3 (catégories 1 à 8) du GHG Protocol.
Émissions en aval	Émissions générées en aval par des tiers et résultant des activités de l'entreprise considérée. Elles correspondent aux émissions en aval du scope 3 (catégories 9 à 15) du GHG Protocol.
Émissions indirectes	Émissions de gaz à effet de serre générées lors de la mise à disposition de l'énergie achetée (art. 2, al. c, LCI). Elles correspondent au scope 2 du GHG Protocol.
Engagement de réduction	Les exploitants d'installations ayant pris un engagement de réduction sont exemptés de la taxe sur le CO ₂ . Cet engagement repose sur une convention d'objectifs et comprend un objectif d'efficacité concernant les émissions de gaz à effet de serre ou un objectif fondé sur des mesures. Les exploitants ayant pris un engagement de réduction doivent remettre un plan de décarbonation à la Confédération.
Facteur d'émission	Valeur indiquant la quantité de gaz à effet de serre émise par rapport à une valeur de référence (p. ex. en kilogramme d'équivalents de CO ₂ par mégajoule d'énergie)
Feuille de route de branche	Feuille de route zéro net réalisée dans une branche homogène qui présente, contrairement aux feuilles de route individuelles, le bilan-type des gaz à effet de serre et l'effet des mesures-type dans la branche

Feuille de route individuelle	Feuille de route zéro net qui comprend toutes les activités d'une entreprise
Feuille de route zéro net (ou feuille de route)	Instrument stratégique visant à faire l'état des lieux des émissions de gaz à effet de serre et à introduire une stratégie zéro net présentant des mesures concrètes pour atteindre l'objectif de zéro émission nette à l'horizon 2050
Garantie d'origine (GO)	Document électronique attestant l'origine de l'électricité ou des combustibles et carburants renouvelables liquides et gazeux (CCr)
<i>Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol ou GHG P)</i>	Protocole des gaz à effet de serre. Le GHG Protocol fournit des normes, des guides, des outils et des formations aux entreprises et aux autorités pour mesurer et maîtriser les émissions de gaz à effet de serre [Page d'accueil GHG Protocol].
Particules de suie	Particules non volatiles ultrafines émises à la sortie du moteur d'un avion
Petites et moyennes entreprises (PME)	Au sens de la loi sur la protection du climat (LCI) une PME est une entreprise qui emploie moins de 250 personnes et qui présente une consommation de chaleur annuelle n'excédant pas 5 gigawattheures (GWh) ou une consommation d'électricité annuelle n'excédant pas 0,5 GWh (limites selon l'article sur les gros consommateurs).
Plan de décarbonation	Plan visant la décarbonation d'une entreprise, qui fait partie de son engagement de réduction pour être exemptée de la taxe sur le CO ₂ et qu'elle doit remettre conformément à l'art. 31a, let. b, de la loi sur le CO ₂ . Le plan contient au moins les émissions de gaz à effet de serre directes ; seules celles générées par les combustibles fossiles sont obligatoirement prises en compte.
Plan de transition	Correspond à une feuille de route zéro net. Partie contraignante d'un rapport sur les questions climatiques au sens de l'art. 3, al. 3, let. a, de l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques (RS 221.434)
Programme de branche	Programme visant à encourager en vertu de l'art. 6 LCI un certain nombre de PME pour la mise en œuvre du même type de technologies ou processus innovants identifiés à l'aide d'une feuille de route de branche
Système de garanties d'origine pour l'électricité (système GO)	Banque de données centrale des GO pour l'électricité
Système de garanties d'origine pour les combustibles et carburants renouvelables liquides et gazeux (système GO CCr)	Banque de données centrale des GO pour les combustibles et carburants renouvelables liquides ou gazeux
Technologies d'émission négative (NET)	Procédés biologiques et techniques visant à extraire du CO ₂ de l'atmosphère et à le fixer durablement dans les forêts, les sols, les produits en bois ou d'autres puits de carbone (art. 2, al. a, LCI)
Zéro émission nette (ou zéro net)	Réduction la plus importante possible des émissions de gaz à effet de serre et compensation de l'effet des émissions restantes difficilement évitables grâce au recours à des technologies d'émission négative (art. 2, al. d, LCI)

Liste des abréviations

al.	alinéa
art.	article
BECCS	bioénergie avec captage et stockage de CO ₂ (<i>Bioenergy with Carbon Capture and Storage</i>)
c.-à-d.	c'est-à-dire
cat.	catégorie
cf.	confer (voir)
chap.	chapitre
CCS	captage et stockage du CO ₂ (<i>Carbon Capture and Storage</i>)
CCU	captage et utilisation du CO ₂ (<i>Carbon Capture and Utilisation</i>)
CCUS	captage, utilisation et stockage du CO ₂ (<i>Carbon Capture, Utilisation and Storage</i>)
CO	Convention d'objectifs ou code des obligations selon le contexte
CO ₂	dioxyde de carbone
DACCS	captage direct du CO ₂ dans l'air avant stockage (<i>Direct Air Carbon Capture and Storage</i>)
éq.-CO ₂	équivalent dioxyde de carbone
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GO	garantie d'origine
KBOB	Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (<i>Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren</i>)
LCI	loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique (loi sur la protection du climat)
LEne	loi sur l'énergie
let.	lettre
MVC	marché volontaire du carbone
NET	technologies d'émission négative
NOx	oxydes d'azote
nvPM	particules non volatiles ou particules de suie (<i>non-volatile Particulate Matter</i>)
OCI	ordonnance relative à la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique (ordonnance sur la protection du climat)
OEn	ordonnance sur l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFAC	Office fédéral de l'aviation civile
OFEN	Office fédéral de l'énergie
p. ex.	par exemple
PME	petites et moyennes entreprises
PPA	accord d'achat d'électricité (<i>Power Purchase Agreement</i>)
SAF	carburants d'aviation durables (<i>Sustainable Aviation Fuels</i>)
SBTi	<i>Science Based Targets Initiative</i>
SDA	approche de décarbonation sectorielle (<i>Sectoral Decarbonization Approach</i>)
SO ₂	dioxyde de soufre
système (de) GO	système de garantie d'origine
t	tonne
tab.	tableau

1 Introduction

La loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique¹ (LCI) inscrit dans le droit national les objectifs climatiques internationaux de la Suisse à l'horizon 2050. En tant que loi-cadre, la LCI comprend une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la Suisse, des valeurs indicatives pour différents secteurs et deux programmes d'encouragement d'une durée limitée qui visent à diminuer les émissions. L'art. 5 dispose que toutes les entreprises doivent avoir ramené leurs émissions nettes à zéro d'ici à 2050 au plus tard. À cette fin, les entreprises et les associations professionnelles peuvent élaborer des feuilles de route « zéro net ». Une feuille de route zéro net (ci-après « feuille de route ») permet à une entreprise ou à une branche de planifier sa décarbonation d'ici à 2050. C'est un instrument volontaire pour dresser un état des lieux des émissions de gaz à effet de serre et pour introduire une stratégie zéro net. Les feuilles de route ne sont obligatoires que pour les entreprises qui veulent demander des aides financières pour le recours à des technologies et processus innovants (art. 6 LCI). Certaines entreprises se fixent déjà aujourd'hui un objectif de zéro net selon des normes volontaires (p. ex. *Science Based Targets Initiative*, SBTi). Cependant, un engagement n'entraîne généralement pas à lui seul une réduction des émissions. En effet, une entreprise doit recenser ses émissions dans un bilan des gaz à effet de serre complet et définir des mesures à court, moyen et long termes en fixant une trajectoire de réduction afin d'atteindre cet objectif. La LCI prévoit qu'une feuille de route contient en sus une trajectoire de développement des émissions négatives qui compensent les émissions restantes difficilement évitables. Les PME peuvent utiliser les feuilles de route pour les branches (ci-après « feuilles de route de branche ») comme un instrument simplifié. Elles peuvent aussi s'en servir pour demander un encouragement pour la mise en œuvre de technologies et de processus innovants (art. 6 LCI) dans le cadre d'un programme de branche.

2 Objet et but de la présente directive

La présente directive a pour but d'aider de manière uniforme et claire les entreprises, les associations professionnelles, les conseillers en énergie et les autorités à élaborer des feuilles de route au sens de la LCI. La directive définit les bases et les méthodes pour réaliser une feuille de route et sert ainsi de document de référence aux acteurs concernés. Les méthodes décrites dans cette directive assurent que la législation fédérale sur la protection du climat de la Suisse est observée.

La présente directive précise notamment :

- les interfaces avec d'autres instruments de la législation sur la protection du climat, sur le CO₂ et sur l'énergie ;
- les différents types de feuilles de route ;
- les bases techniques ;
- les méthodes recommandées pour l'élaboration d'une feuille de route ;
- les exigences minimales relatives aux feuilles de route (sauf pour les entreprises du secteur financier).

¹ RS 814.310 [Loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique \(LCI\)](#)

3 Conditions-cadres

3.1 Bases juridiques

- Loi fédérale du 30 septembre 2022 sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique (LIC), notamment l'art. 5 Feuilles de route pour les entreprises et les branches ;
- Ordonnance relative à la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique² (ordonnance sur la protection du climat, OCl), notamment les art. 3 à 8 en la matière.

3.2 Interface avec d'autres instruments

Ce chapitre présente les principales interfaces avec d'autres instruments de la législation sur la protection du climat, sur le CO₂ et sur l'énergie. Le chapitre 6.5 explicite le rôle de la compensation avec des attestations ou des certificats de CO₂ en vue de réduire les émissions.

3.2.1 Encouragement de technologies et de processus innovants

Les entreprises peuvent demander des aides financières pour le recours à des technologies et processus innovants au titre de l'art. 6 LCI à la condition qu'elles aient réalisé une feuille de route prévue à l'art. 5 LCI indiquant les mesures nécessaires pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou pour produire des émissions négatives.

La directive relative à l'encouragement de technologies et de processus innovants³ énonce toutes les exigences relatives à la demande et à l'évaluation du projet. La mesure pour laquelle une entreprise demande un encouragement doit figurer dans la liste des mesures dressée dans la feuille de route et contribuer dans une large mesure à atteindre l'objectif de zéro net et à respecter la trajectoire de réduction tout en présentant un caractère innovant.

3.2.2 Plans de décarbonation

Avec la révision de la loi sur le CO₂ entrée en vigueur en 2025, les exploitants ayant pris un engagement de réduction afin d'être exemptés de la taxe sur le CO₂ sont tenus d'élaborer, outre la convention d'objectifs (cf. chap. 3.2.4), aussi un plan de décarbonation (art. 31a de la loi sur le CO₂). Ils doivent remettre le plan de décarbonation dans les trois ans à compter du début de l'engagement de réduction et l'actualiser tous les trois ans contre au moins tous les cinq ans pour les feuilles de route.

Les principales différences entre une feuille de route au sens de l'art. 5 LCI et un plan de décarbonation résident dans le périmètre des émissions à saisir, dans le déroulement temporel, dans les marges de fonctionnement du système et dans le format de transmission. Les exploitants doivent impérativement recenser dans le plan de décarbonation au moins les émissions directes issues de l'utilisation énergétique de combustibles fossiles. Ils peuvent y inclure d'autres émissions à titre facultatif. Par ailleurs, le plan de décarbonation contient une trajectoire de réduction d'ici à 2040. Les exploitants peuvent fixer volontairement un objectif à l'horizon 2050. Une feuille de route englobe tous les sites d'une entreprise alors que le plan de décarbonation se concentre sur les sites sur lesquels porte l'engagement de réduction.

² RS 814.310.1 [Ordonnance relative à la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique \(ordonnance sur la protection du climat, OCl\)](#)

³ [Richtlinie zur Förderung von neuartigen Technologien und Prozessen](#)

Le module de la Communication de l'OFEV « Engagement de réduction / Exemption de la taxe sur la CO₂ 2025–2040 »⁴ donne de plus amples informations. Une feuille de route peut servir de plan de décarbonation à la condition qu'elle remplisse les exigences énoncées dans ce module.

3.2.3 Feuilles de route pour les entreprises du secteur financier

En ce qui concerne les entreprises du secteur financier (établissements financiers et investisseurs institutionnels), l'accent doit être mis sur les activités ayant un fort impact sur le climat et, par conséquent, sur une orientation des flux financiers compatible avec la protection du climat. Des exigences distinctes sont nécessaires à cet effet. Les exigences minimales applicables aux feuilles de route pour les entreprises du secteur financier en ce qui concerne l'orientation des flux financiers seront définies dans l'ordonnance du 23 novembre 2022⁵ relative au rapport sur les questions climatiques, dans le cadre d'une précision des plans de transition (= feuilles de route) selon l'art. 3, al. 3, let. a de ladite ordonnance⁶. La présente directive ne donne pas de précision à ce sujet, étant donné que l'actualisation de l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques n'était pas encore achevée le 3.4.2025⁷.

3.2.4 Conventions d'objectifs conclues avec la Confédération visant l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de CO₂

La convention d'objectifs et la feuille de route visent toutes deux la réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais sont deux instruments distincts qui ont une portée et un but différents.

La convention d'objectifs est une convention conclue entre une entreprise et la Confédération. Elle a pour objectif la réduction de la consommation d'énergie et/ou des émissions de CO₂ en vue de l'exemption de la taxe sur le CO₂ dans le cadre d'un engagement de réduction et/ou afin d'obtenir le remboursement du supplément perçu sur le réseau. Par ailleurs, la plupart des cantons reconnaissent les conventions d'objectifs conclues avec la Confédération pour l'exécution du modèle cantonal pour les grands consommateurs. Ces processus reposent sur un engagement direct envers la Confédération pris dans une convention commune sur des objectifs spécifiques à atteindre. Ils s'inscrivent dans le moyen terme (10 ans en général). L'entreprise doit établir un rapport tous les ans afin de prouver qu'elle remplit ses obligations.

La convention d'objectifs définit des objectifs de réduction temporaires spécifiques qui prennent en compte la rentabilité des mesures. La feuille s'inscrit dans une perspective plus large et reflète une stratégie globale vers le zéro net à l'horizon 2050 adoptée par l'entreprise. Elle prend en considération toutes les activités de l'entreprise et vise un objectif de zéro net à long terme.

Le tableau suivant compare les principales caractéristiques des conventions d'objectifs et celles des feuilles de route pour les entreprises. Les feuilles de route de branche ne sont pas établies pour une seule entreprise et ne peuvent par conséquent pas être comparées avec les conventions d'objectifs.

⁴ Il sera publié sur [la page web de l'OFEV sur l'exemption de la taxe sur le CO₂ en cas d'engagement de réduction : informations aux exploitants d'installations exemptés](#).

⁵ RS 221.434 [Ordonnance du 23 novembre 2022 relative au rapport sur les questions climatiques](#)

⁶ Le Conseil fédéral a chargé le 24.1.2024 le Département fédéral des finances (DFF) de fixer jusqu'à fin 2024 des exigences minimales applicables aux plans de transition pour les établissements financiers dans l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques afin de garantir la mise en œuvre des objectifs climatiques prévus dans la LCI. (cf. [Le Conseil fédéral met en consultation l'ordonnance sur la protection du climat](#))

⁷ Cf. communiqué de presse du Conseil fédéral du 6.12.2024 [Le Conseil fédéral met en consultation une modification de l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques](#)

Critère	Feuille de route pour les entreprises	Convention d'objectifs
But	Atteindre l'objectif de zéro net à long terme par la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou par la réduction la plus importante possible des émissions de gaz à effet de serre et par le recours à des technologies d'émission négative (NET) seulement pour les émissions difficilement évitables Prérequis pour demander une aide financière au titre de l'art. 6 LCI	Réduction des émissions GES ou amélioration de l'efficacité énergétique pour un engagement de réduction en vue de l'exemption de la taxe sur le CO ₂ ou pour le remboursement du supplément réseau Respect des prescriptions cantonales dans le cadre du modèle pour les grands consommateurs
Marges de fonctionnement du système	Entreprise dans son ensemble, au moins les émissions directes et indirectes (scopes 1 et 2) en Suisse La prise en compte des émissions générées en amont et en aval (scope 3) est également recommandée.	Site des installations pour l'engagement de réduction en vue de l'exemption de la taxe sur le CO ₂ Entreprise dans son ensemble pour le remboursement du supplément réseau
Base initiale	Bilan des GES couvrant au moins les émissions directes et indirectes (scopes 1 et 2) en Suisse. Il est recommandé d'étendre le bilan aux émissions des scopes 1 et 2 à l'étranger et aux émissions générées en amont et en aval (scope 3).	Bilan des agents énergétiques couvrant la consommation d'électricité, de combustibles et l'approvisionnement en chaleur et froid Bilan des GES comprenant toutes les émissions directes (scope 1) en Suisse
Objectifs	Objectif <i>top-down</i> de zéro net pour les émissions des scopes 1 et 2 d'ici à 2050 au plus tard, avec des objectifs intermédiaires pour 2030 et 2040 Des objectifs intermédiaires pour 2035 et 2045 sont également recommandés.	Objectif <i>bottom-up</i> pour l'efficacité énergétique et l'efficacité GES Les objectifs dépendent du potentiel économique des mesures.
Plan de mesures	Toutes les mesures nécessaires pour atteindre l'objectif de zéro net sont planifiées.	Seules les mesures rentables sont intégrées dans la trajectoire de l'objectif.
Mise en œuvre des mesures	Facultative Lorsque la feuille de route est utilisée dans le cadre d'une demande d'encouragement selon l'art. 6 LCI, la mise en œuvre de la mesure encouragée est obligatoire.	Obligatoire
Surveillance et rapports	Pas de rapport à la Confédération Suivi interne du degré de réalisation des objectifs. Il est recommandé de définir des indicateurs supplémentaires (p. ex. émissions de GES par rapport au chiffre d'affaires). Comme plan de transition : publication conformément à l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques (selon les art. 964a à 964c CO)	Rapports annuels (suivi) à la Confédération pour contrôler le respect des objectifs définis et, le cas échéant, pour percevoir le remboursement annuel de la taxe sur le CO ₂ ou du supplément réseau
Incitations	Avantages économiques (réduction des coûts, amélioration de la compétitivité, opportunité d'innover) Amélioration de la gestion des risques climatiques Demande d'encouragement au titre de l'art. 6 LCI	Réduction de la facture énergétique et des GES de l'entreprise Incitation financière (exemption de la taxe sur le CO ₂ , remboursement du supplément réseau)
Sanctions en cas de non-respect	Non	Oui
Adaptation	Adaptation de l'objectif de zéro net seulement possible quand il est déjà atteint avant 2050 Mise à jour régulière des plans de mesures Suivi recommandé	Adaptation possible en respectant les prescriptions (cf. art. 41 OEné)
Horizon temporel	À long terme (d'ici à 2050 au plus tard)	À moyen terme (10 ans en général)

4 Recours à des experts pour élaborer les feuilles de route

Les entreprises ou les associations professionnelles peuvent faire appel à des experts internes ou externes pour réaliser les feuilles de route. L'OFEN enregistre au fur et à mesure les conseillers justifiant des formations et compétences requises et en publie une liste qui comprend les informations suivantes sur leur profil :

- Nom, prénom et coordonnées ;
- Langue et région ;
- Site web de l'entreprise ;
- Domaines d'expertise ;
 - Bilan des émissions GES scopes 1 et 2 ;
 - Bilan des émissions GES scope 3 ;
 - Conseils dans l'élaboration des mesures scopes 1 et 2 ;
 - Conseils dans l'élaboration des mesures scope 3 ;
 - Branches d'expertise.

La liste non exhaustive est fournie à titre informatif. Elle permet aux entreprises de prendre contact à leurs frais avec des conseillers en fonction de leurs besoins et d'instaurer la collaboration entre les conseillers de différents domaines d'expertise. Les entreprises sont libres par ailleurs de faire appel à des conseillers non enregistrés.

L'OFEN proposera par ailleurs aux conseillers enregistrés et aux experts internes aux entreprises intéressés des sessions d'information sur les bases et les processus pertinents pour les feuilles de route.

Les conseillers doivent avoir achevé une formation de base dans un domaine technique ou en sciences de l'environnement, de niveau diplôme fédéral (ES ou équivalent) ou ingénieur (HES, EPF ou équivalent), ou dans un autre domaine, complétée par une formation continue (CAS, MAS, etc.) ou une expérience significative dans le domaine de l'énergie ou de la durabilité pour demander à être enregistrés en tant que tels par l'OFEN. Les conseillers disposant d'une accréditation pour la réalisation de conventions d'objectifs, d'audits énergétiques PEIK, d'analyses PinCH ou de conseil Reffnet peuvent faire valoir leurs connaissances spécialisées dans les domaines pour lesquels ils sont accrédités. Une expérience de conseil dans plusieurs entreprises de la même branche doit également être justifiée pour attester de connaissances spécialisées dans une branche donnée. La procédure d'enregistrement est décrite sur le site web de l'OFEN⁸.

5 Bases d'une feuille de route

5.1 Feuille de route individuelle pour les entreprises et feuille de route de branche

5.1.1 Finalité et marges de fonctionnement du système

La finalité et les marges de fonctionnement du système d'une feuille de route sont différentes selon qu'elle est élaborée pour une entreprise ou pour une branche. Dans tous les cas, une feuille de route sert à planifier la décarbonation à court, moyen et long termes.

⁸ www.bfe.admin.ch > Mesures d'encouragement > Décarbonation > Feuilles de routes net zéro

Le tableau suivant présente les différences entre les deux types de feuilles de route en termes de finalité et de marge de fonctionnement du système.

Feuille de route	Finalité	Marge de fonctionnement du système
Feuille de route individuelle pour les entreprises	– Facultative, en tant que base de la stratégie zéro net d'une entreprise ; – Prérequis pour une demande d'aide financière pour le recours à des technologies et à des processus innovants (art. 6 LCI) dans une entreprise ou un groupement d'entreprises ; – En tant que plan de transition selon l'art. 3 de l'ordonnance relative au rapport sur les questions climatiques.	– Entreprise dans son ensemble ; – Au moins les émissions directes et indirectes (scopes 1 et 2) en Suisse ; – Il est recommandé de prendre en compte également les émissions en amont et en aval (scope 3).
	– En tant que plan de décarbonation selon l'art. 31a de la loi sur le CO₂ pour les exploitants ayant pris un engagement de réduction.	– En plus : sites sur lesquels porte l'engagement de réduction des émissions directes de l'utilisation énergétique de combustibles fossiles.
Feuille de route de branche	– Facultative, en tant que base de la stratégie zéro net d'une branche ; – Prérequis pour une demande d'aide financière pour le recours à des technologies et à des processus innovants (art. 6 LCI) dans le cadre d'un programme de branche (art. 13, al. 3, OCI)⁹.	– Branche dans son ensemble ; – Au moins les émissions directes et indirectes (scopes 1 et 2) en Suisse ; – Il est recommandé de prendre en compte également les émissions en amont et en aval (scope 3).

5.1.2 Aperçu de la feuille de route individuelle pour les entreprises

Une feuille de route pour les entreprises (ci-après « feuille de route individuelle ») contient :

- Un bilan actuel des émissions de gaz à effet de serre (point de départ de la trajectoire de réduction des GES d'ici à 2050) comprenant au moins les émissions directes (scope 1) et les émissions indirectes (scope 2) de gaz à effet de serre. Il est de plus recommandé de prendre en considération les émissions de gaz à effet de serre générées par les procédés situés en amont et en aval (scope 3).
- Une description des installations et processus et de leurs émissions respectives.
- Une analyse et une description des solutions techniques permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de produire des émissions négatives.
- Un objectif de zéro net pour les émissions directes (scope 1) et indirectes (scope 2) d'ici à 2050 au plus tard. Les objectifs correspondant à la réduction la plus importante possible des émissions et à la compensation des émissions restantes grâce aux émissions négatives résultent de l'analyse des solutions.
- Une trajectoire de réduction pour les émissions directes (scope 1) et indirectes (scope 2) d'ici à 2050 au plus tard. Pour autant que cela soit techniquement réalisable, cette trajectoire est linéaire, s'oriente sur les valeurs indicatives figurant à l'art. 4 LCI et prévoit des objectifs intermédiaires pour les années 2030 et 2040. Il est de plus recommandé de définir une trajectoire de réduction des émissions générées en amont et en aval (scope 3).
- Une trajectoire de développement pour compenser les émissions restantes difficilement évitables (au moins pour les scopes 1 et 2, recommandée pour le scope 3) avec des émissions négatives pour atteindre zéro émission nette d'ici à 2050 au plus tard. La trajectoire de développement peut aussi conduire à un bilan négatif net.
- Un plan de mesures comprenant un calendrier de mise en œuvre réaliste et permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de recourir à des émissions négatives de sorte à ce que la trajectoire de réduction et la trajectoire de développement soient respectées.

⁹ Pour les entreprises qui emploient moins de 250 personnes et qui présentent : a) une consommation de chaleur de 5 GWh au plus par année, ou b) une consommation d'électricité de 0,5 GWh au plus par année.

Le chap. 6 décrit les méthodes pour établir des feuilles de route pour les entreprises.

5.1.3 Aperçu de la feuille de route de branche

La responsabilité d'élaborer des feuilles de route de branche appartient aux associations professionnelles. Le contenu d'une feuille de route de branche diffère sur certains points de celui d'une feuille de route pour une entreprise individuelle (cf. art. 4, al. 2, LCI). Une feuille de route de branche contient :

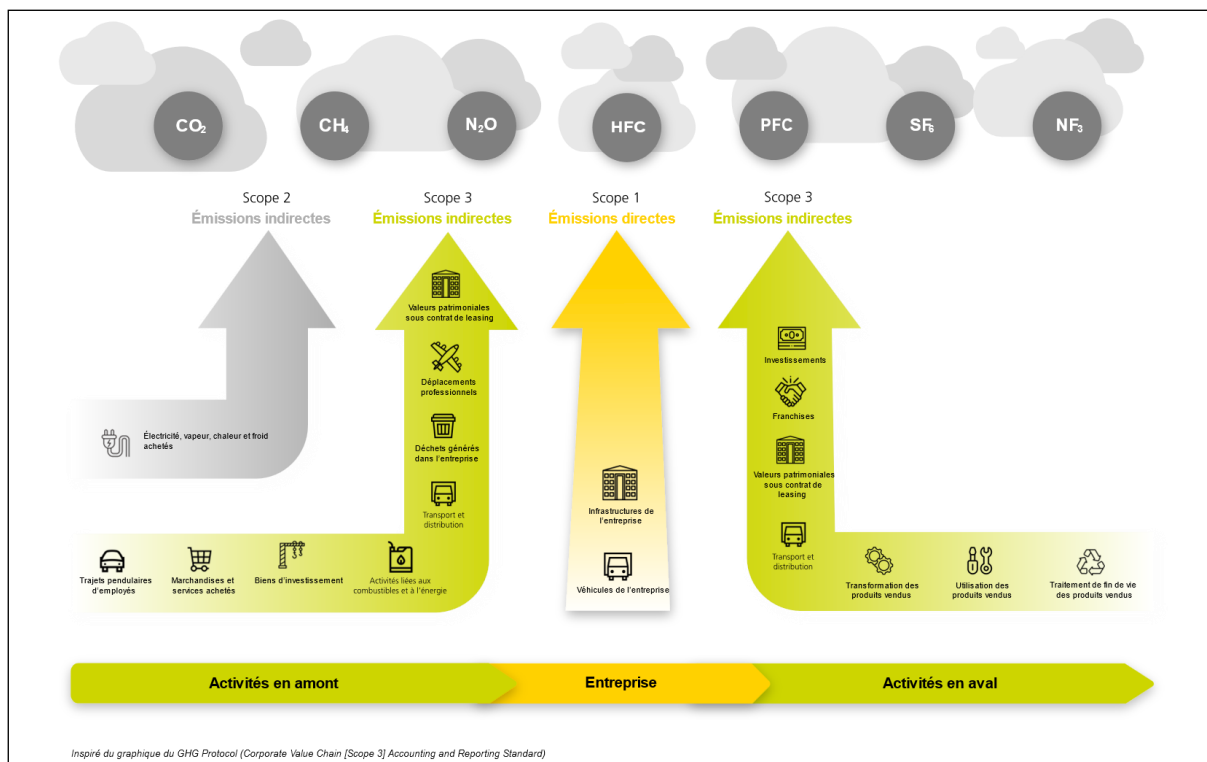
- Un bilan-type des émissions de gaz à effet de serre pour une entreprise de la branche (point de départ de la trajectoire de réduction des GES d'ici à 2050) comprenant au moins les émissions directes (scope 1) et les émissions indirectes (scope 2) de gaz à effet de serre. Il est de plus recommandé de prendre en considération les émissions de gaz à effet de serre générées par les procédés situés en amont et en aval (scope 3).
- Une description des installations et processus existants typiques de la branche et de leurs émissions respectives.
- Une analyse et une description des solutions techniques spécifiques à la branche permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou d'obtenir des émissions négatives.
- Un objectif de zéro net pour les émissions directes (scope 1) et indirectes (scope 2) d'ici à 2050 au plus tard. Les objectifs correspondant à la réduction la plus importante possible des émissions et la compensation des émissions restantes difficilement évitables avec des émissions négatives résultent de l'analyse des solutions spécifiques à la branche.
- Une trajectoire de réduction pour les émissions directes (scope 1) et indirectes (scope 2) d'ici à 2050 au plus tard. Pour autant que cela soit techniquement réalisable, cette trajectoire est linéaire, s'oriente sur les valeurs indicatives figurant à l'art. 4 LCI et prévoit des objectifs intermédiaires pour les années 2030 et 2040. Il est de plus recommandé de définir une trajectoire de réduction des émissions générées en amont et en aval (scope 3).
- Une trajectoire de développement pour compenser les émissions restantes difficilement évitables (au moins pour les scopes 1 et 2, recommandée pour le scope 3) avec des émissions négatives pour atteindre zéro émission nette d'ici à 2050 au plus tard. La trajectoire de développement peut aussi conduire à un bilan négatif net.
- Un plan de mesures avec des périodes de mise en œuvre permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de recourir à des émissions négatives de sorte à ce que la trajectoire de réduction et la trajectoire de développement soient respectées.

Le chap. 7 décrit la méthode pour établir des feuilles de route de branches.

5.2 Catégorisation des émissions

La méthodologie du GHG Protocol¹⁰ est utilisée pour établir le bilan des émissions de gaz à effet de serre. Les totaux des émissions directes (scope 1), des émissions indirectes (scope 2) et, le cas échéant, des émissions générées en amont et en aval (scope 3) sont calculés séparément et présentés dans la feuille de route. Ceci garantit la comparabilité avec l'inventaire des gaz à effet de serre et permet une attribution précise des émissions aux catégories respectives. La figure suivante présente les émissions des scopes 1, 2 et 3 et leurs interactions.

¹⁰ [Page d'accueil | GHG Protocol](#) et norme « [A Corporate Accounting and Reporting Standard](#) »



5.2.1 Émissions du scope 1

Les émissions du scope 1 sont toutes les émissions directes. Ces émissions sont générées par des sources possédées et directement contrôlées par l'entreprise qui doit établir le bilan ¹¹.

Le scope 1 comprend les émissions directes suivantes :

- Émissions directes des sources fixes de combustion (pour produire de la chaleur, de la vapeur, de l'électricité) ;
- Émissions directes des sources mobiles de combustion (véhicules) ;
- Émissions directes des procédés physiques ou chimiques ;
- Émissions directes fugitives (p. ex., fuites de fluides frigorigènes).

5.2.2 Émissions du scope 2

Les émissions du scope 2 sont les émissions indirectes de gaz à effet de serre survenant sur le lieu de production de l'électricité, de la vapeur, de la chaleur et du froid achetés. Contrairement aux émissions du scope 1, les émissions du scope 2 sont générées par la production d'énergie hors des marges de fonctionnement du système de l'entreprise.¹²

5.2.3 Émissions du scope 3

Les émissions du scope 3 comprennent les émissions de gaz à effet de serre de tiers générées en amont et en aval, tout au long de la chaîne de valeur et qui sont hors du contrôle direct de l'entreprise¹³. Ces émissions peuvent être générées par des activités situées en amont (« upstream » dans le GHG

¹¹ [The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition](#)

¹² [The Greenhouse Gas Protocol - Scope 2 Guidance](#)

¹³ Cf. annexe 1 de l'[ordonnance relative à la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique \(ordonnance sur la protection du climat, OCl\)](#)

Protocol) comme la production et le transport des matières premières ou par des activités situées en aval (« downstream » dans le GHG Protocol) comme l'utilisation et l'élimination des produits vendus.¹⁴

Les émissions du scope 3 comprennent par exemple les émissions générées par les déplacements professionnels, la production de biens et de services vendus, la gestion des déchets ou la consommation d'énergie des produits vendus. Par conséquent, la maîtrise des émissions du scope 3 requiert aussi une étroite collaboration avec les fournisseurs, les partenaires et les clients pour réduire les émissions tout au long de la chaîne de valeur.

Conformément au GHG Protocol, une distinction est opérée entre les émissions générées en amont et celles générées en aval, réparties en quinze catégories. Les émissions en amont et en aval sont classées dans les catégories suivantes :

Émissions en amont		Émissions en aval	
N°	Catégorie	N°	Catégorie
1	Marchandises et services achetés	9	Transport et distribution en aval
2	Biens d'investissement	10	Transformation des produits vendus
3	Émissions liées aux combustibles et émissions générées lors de la production des agents énergétiques qui ne sont pas déjà prises en compte comme émissions directes ou indirectes	11	Utilisation des produits vendus
4	Transport et distribution en amont	12	Traitement de fin de vie des produits vendus
5	Déchets générés dans l'entreprise	13	Valeurs patrimoniales sous contrat de leasing en aval
6	Déplacements professionnels	14	Franchises
7	Trajets pendulaires d'employés	15	Investissements
8	Valeurs patrimoniales sous contrat de leasing en amont		

Au sens du GHG Protocol, le terme « produits » désigne aussi bien les biens que les services.

5.2.4 Émissions difficilement évitables

Malgré tous les efforts déployés pour réduire les émissions, des émissions dites difficilement évitables subsistent en raison de défis inhérents aux technologies ou aux infrastructures. Ces émissions représentent un défi particulier, car elles sont souvent générées lors de processus ou d'opérations indispensables à l'activité de base d'une entreprise.¹⁵

On distingue deux catégories d'émissions difficilement évitables (cf. rapport explicatif sur l'OCI¹⁶) :

- Les émissions directes difficilement évitables provenant d'installations et qui ne peuvent pas être réduites avec des mesures conventionnelles telles que la substitution des combustibles fossiles. Cette première catégorie comprend, par exemple, les émissions issues des procédés dans les cimenteries ou de l'incinération de déchets fossiles. En l'état actuel de la technique, le captage du CO₂ à la source et son stockage durable (CCS) permettent de réduire ces émissions d'environ 90 %.
- Les émissions directes industrielles restantes après le recours au CCS et les autres émissions qui ne peuvent pas être réduites de manière conventionnelle ou en recourant au CCS. Ces émissions restantes doivent être compensées avec des émissions négatives pour atteindre zéro émission nette.

¹⁴ [The Greenhouse Gas Protocol - Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions](#)

¹⁵ Cf. communiqué du 28.1.2021 [Protection du climat : le Conseil fédéral adopte la Stratégie climatique à long terme de la Suisse](#)

¹⁶ [Ordonnance sur la protection du climat \(OCI\). Rapport explicatif.](#)

L'art. 4 (Valeurs indicatives pour les différents secteurs) de la LCI précise que les émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs du bâtiment et des transports doivent être intégralement réduites d'ici à 2050, ce qui signifie qu'il ne peut pas subsister d'émissions directes difficilement évitables devant être compensées d'ici à 2050 dans ces secteurs. Il faut en tenir compte lors de l'élaboration des mesures de la feuille de route.

5.3 Facteurs d'émission

Les facteurs d'émission indiquent la quantité d'un gaz à effet de serre donné émise par grandeur de référence lors d'une activité donnée telle que la combustion de combustibles fossiles. Ils sont en général exprimés en unités telles que le kilogramme d'équivalent CO₂ (éq. -CO₂) par grandeur de référence (p. ex. mégajoule d'énergie ou litre de carburant). Les facteurs utilisés pour le rapport de la Suisse au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) servent de base au calcul des émissions du scope 1. Ces facteurs sont le plus souvent basés sur des valeurs moyennes issues des prescriptions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). De même pour le scope 2, il faut recourir à des facteurs d'émission standard dans la plupart des cas.

L'OFEV fournit des bases pour établir des bilans des GES, notamment des facteurs d'émission pour les émissions directes et indirectes, ainsi que pour les émissions générées en amont ou en aval. Lorsqu'il existe des facteurs d'émission publiés par la Confédération pour le calcul des émissions des scopes 1 et 2, il convient de les utiliser pour autant qu'aucune donnée plus spécifique ne soit disponible. L'OFEV met à disposition un outil Excel¹⁷ comprenant les facteurs d'émissions les plus couramment utilisés pour établir des bilans des GES. Les facteurs d'émission seront complétés au fur et à mesure.

5.4 Autres émissions ayant un effet climatique générées par le trafic aérien

Outre les émissions de GES, la combustion de carburant en haute altitude génère d'autres émissions ayant un effet climatique. Les exploitants d'aéronefs peuvent inclure dans la feuille de route les émissions d'oxydes d'azote, de particules de suie et de composés soufrés oxydés dans la troposphère supérieure et la stratosphère inférieure et élaborer des mesures visant à les réduire. Les émissions pertinentes pour les feuilles de route sont celles qui sont générées avec des carburants dont les pleins sont effectués en Suisse.

5.4.1 Émissions d'oxydes d'azote

Les émissions d'oxydes d'azote résultent de l'efficacité thermodynamique élevée des moteurs d'avion. Elles ont un effet climatique, sont toxiques sous la forme de NO₂ et ne peuvent pas être réduites p. ex. avec les carburants d'aviation durables. Il est possible de les réduire en diminuant la consommation de carburants, d'une part, et en installant des moteurs optimisés émettant moins de NOx (indice d'émission EI NOx en anglais), d'autre part.

5.4.2 Émissions de particules de suie

Les moteurs d'avion peuvent présenter de grandes différences en ce qui concerne les émissions de suie. La banque de données de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) sur les émissions des moteurs d'aéronefs¹⁸ utilise le terme défini de particules non volatiles (nvPM) pour l'expression courante « particules de suie ». Elle distingue la mesure en masse et la mesure en nombre de nvPM.

¹⁷ [Scope Emissions Tool](#)

¹⁸ [ICAO Aircraft Engine Emissions Databank | EASA \(europa.eu\)](#)

Dans le cadre des feuilles de route, c'est la mesure nombre de nvPM (*nvPM number*) qui est déterminante.

5.4.3 Émissions de composés soufrés oxydés

Les composés soufrés résultent de la teneur en soufre des carburants utilisés. Les carburants sans soufre sont préférables du point de vue de l'environnement et du climat. La plus grande partie du soufre est émise lors de la combustion du carburant sous forme de dioxyde de soufre (SO₂). Quelques pour-cent du soufre sont rejetés sous forme d'acide sulfurique (H₂SO₄). Le H₂SO₄ associé à l'eau contribue dans une large mesure à la nucléation des particules formant les nuages. Pour simplifier, les émissions de SO₂ constituent une bonne approximation des émissions soufrées et des activateurs des noyaux de condensation à l'origine des nuages dans le cadre des feuilles de route.

6 Feuilles de route individuelles pour les entreprises

6.1 Bilan des émissions de gaz à effet de serre (bilan des GES)

Le bilan des GES est établi en suivant les prescriptions de la norme « Corporate Accounting and Reporting Standard »¹⁹ du GHG Protocol. Lorsque des émissions sont générées par des activités à l'étranger, il faut au moins prendre en considération les émissions directes (scope 1) et les émissions indirectes (scope 2) en Suisse. La prise en compte des émissions des scopes 1 et 2 à l'étranger et des émissions générées en amont et en aval (scope 3) est recommandée.

Les différents gaz à effet de serre sont indiqués en équivalents CO₂ (éq.-CO₂). L'OFEV met à disposition un outil Excel²⁰ pour établir le bilan des GES.

6.1.1 Bilan des émissions du scope 1

Les émissions du scope 1 sont en général calculées sur la base des quantités achetées de combustibles ou de carburants commerciaux au moyen des facteurs d'émission publiés. Pour le calcul des émissions de la combustion de combustibles, les facteurs d'émission sont rapportés au pouvoir calorifique inférieur (PCI ou valeur H_i).

Achat de biogaz

L'achat de biogaz produit ou importé physiquement en Suisse peut être pris en compte.

Les exploitants d'installations participant au système d'échange de quotas d'émissions (SEQUE) ou ayant pris un engagement de réduction peuvent comptabiliser l'achat de gaz renouvelable étranger transporté par conduites si les conditions énoncées aux art. 15, al. 3 et 31, al. 5 de la loi sur le CO₂ révisée²¹ et concrétisées dans les art. 92c bis à 92f de l'ordonnance sur le CO₂ sont remplies. Ils doivent notamment prouver que l'OFEV a délivré en quantité suffisante des attestations internationales pour du gaz renouvelable étranger transporté par conduites et que les parts du gaz renouvelable étranger transporté par conduites figurent dans les factures.

À partir de 2025, les agents énergétiques renouvelables liquides et gazeux produits ou importés physiquement en Suisse peuvent être comptabilisés à la condition que les garanties d'origine correspondantes (GO) soient attribuées à l'instrument SEQUE ou engagement de réduction et annulées dans le système de GO pour les combustibles et carburants renouvelables liquides et gazeux (CCr).

¹⁹ [The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition](#)

²⁰ [Scope Emissions Tool](#)

²¹ RS 641.71 [Loi fédérale du 23 décembre 2011 sur la réduction des émissions de CO₂ \(loi sur le CO₂\)](#)

6.1.2 Bilan des émissions du scope 2

Le bilan des émissions du scope 2 est établi selon le principe de la double déclaration : il est dressé selon l'approche basée sur la localisation (*location-based*) ainsi que selon l'approche basée sur le marché (*market-based*). Le tab. 7.1 et le chap. 7.5 du *GHG Protocol Scope 2 Guidance* (guide du GHG Protocol relatif aux émissions du scope 2)²² précisent les exigences de qualité à remplir pour utiliser l'approche basée sur le marché.

Calcul des émissions liées à l'électricité

Dans l'approche basée sur la localisation, le calcul des émissions de la consommation d'électricité prend en considération le mix d'électricité suisse. Dans l'approche basée sur le marché, il prend en considération le contrat de fourniture d'électricité. Les instruments contractuels utilisés dans l'approche basée sur le marché pour établir le bilan des émissions du scope 2 doivent provenir du même marché que celui où se trouve le site où l'électricité a été consommée et où ils sont applicables, ce qui signifie que seulement les GO suisses et les accords d'achat d'électricité (*Power Purchase Agreements*, PPA) conclus pour des installations de production en Suisse peuvent être comptabilisés. Si des GO sont utilisées, elles doivent être annulées dans le système de GO pour l'électricité. Le calcul des émissions de la consommation d'électricité restante prend en considération le mix résiduel suisse.

6.1.3 Bilan des émissions du scope 3

Lorsque les émissions générées en amont ou en aval sont prises en compte pour l'élaboration de la feuille de route, toutes les catégories pertinentes pour l'entreprise doivent être mentionnées et présentées²³. La liste des catégories figure au chapitre 5.2.3.

Une analyse de pertinence est nécessaire pour déterminer les catégories à faire figurer au bilan. Elle prend en considération au moins les critères suivants :

- a. Importance : les émissions de gaz à effet de serre estimées pour une catégorie en amont ou en aval représentent une part importante du bilan total des émissions générées en amont et en aval ;
- b. Possibilité d'influencer ou d'orienter : la réduction des émissions gaz à effet de serre peut être orientée ou influencée par des activités menées par l'organisation elle-même (p. ex. clause contractuelle dans le cadre d'achats).

D'autres critères sont mentionnés dans le *GHG Protocol Scope 3 Guidance* (guide du Protocole des gaz à effet de serre relatif aux émissions du scope 3). L'analyse de pertinence montre pour quelles catégories des mesures de réduction des émissions devraient figurer au bilan lors d'une prise en compte facultative des émissions générées en amont et en aval dans les feuilles de route pour les entreprises ou les branches.

6.2 Calcul des autres émissions ayant un effet climatique générées par le trafic aérien

Le calcul des émissions d'oxydes d'azote, de particules de suie et de composés soufrés oxydés est spécifique au moteur et s'effectue donc avec les facteurs d'émission pour ledit moteur. La consommation de carburants des aéronefs équipés de ce moteur est déterminante pour calculer les émissions. La détermination des émissions de soufre constitue une exception dans la mesure où ces émissions dépendent pour l'essentiel uniquement du carburant et de la consommation de carburant.

²² [GHG Protocol Scope 2 Guidance](#)

²³ Cf. annexe 1 de l'[ordonnance relative à la loi fédérale sur les objectifs en matière de protection du climat, sur l'innovation et sur le renforcement de la sécurité énergétique \(ordonnance sur la protection du climat, OCl\)](#)

L'utilisation d'enregistreurs de données de vol collectant toutes les secondes les paramètres de fonctionnement de l'aéronef et des moteurs ainsi que la composition de l'air ambiant permettrait d'obtenir la meilleure qualité possible de données pour calculer les émissions d'oxydes d'azote, de particules de suie et de composés soufrés oxydés. On utiliserait alors des méthodes reconnues pour convertir les données d'émission du moteur certifiées en fonction des conditions de vol, les calculs et le total des émissions n'étant effectués que pour les altitudes de vol supérieures à huit kilomètres. Ces méthodes nécessitent cependant beaucoup de ressources. Une méthode d'estimation des émissions d'oxydes d'azote et de particules de suie en vol de croisière ainsi que des émissions de soufre est proposée en annexe. Les exploitants sont libres de choisir des procédures complexes ou d'appliquer les procédures simplifiées décrites en annexe. Il est possible de poser directement des questions sur les méthodes et sur les calculs à l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)²⁴.

6.3 Description des installations et processus existants

Cette partie descriptive recense les installations et processus de l'entreprise avec leur situation énergétique initiale et leurs émissions respectives. Elle porte au moins sur les installations qui sont pertinentes du point de vue du bilan des gaz à effet de serre. Elle sert de base à l'analyse et à la description des solutions techniques permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de produire des émissions négatives. Si les émissions en amont et en aval sont prises en compte lors de l'élaboration de la feuille de route, les processus des domaines pertinents en amont et en aval de la chaîne de valeur doivent également être décrits (cf. analyse de pertinence au chap. 6.1.3).

6.4 Analyse des solutions de décarbonation

Cette partie analytique identifie les mesures techniques ou non techniques qui pourraient être prises en compte pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou pour recourir à des NET sur la base du bilan des gaz à effet de serre et de la description des installations et processus existants. L'analyse couvre l'ensemble des activités au sein des marges de fonctionnement du système. Elle sert de base à l'élaboration d'un plan de mesures réaliste.

Les solutions sont brièvement décrites et leur effet (réduction des émissions ou compensation des émissions restantes à l'aide des NET) ainsi que leur coût estimé. Lorsqu'elles sont disponibles, les données de la littérature ou des associations professionnelles sont utilisées pour estimer l'effet des solutions. L'analyse montre quelles sont les meilleures mesures pour l'entreprise en question compte tenu des restrictions, de la disponibilité des agents énergétiques envisagés, des infrastructures nécessaires et des autres avantages potentiels. Lorsque l'analyse des processus et des solutions techniques révèle qu'une partie des émissions sont considérées comme difficilement évitables (cf. chap. 5.2.4), il faut estimer les émissions restantes.

Si les émissions générées en amont et en aval sont prises en compte lors de l'élaboration de la feuille de route, l'analyse décrit également les solutions visant à réduire ou à compenser à l'aide des NET les émissions pertinentes en amont et en aval (cf. analyse de pertinence au chap. 6.1.3).

6.5 Trajectoire de réduction

La feuille de route doit contenir une trajectoire de réduction qui représente la réduction des émissions des scopes 1 et 2 visée par l'entreprise. Le point de départ du tracé de la trajectoire de réduction est le bilan des gaz à effet de serre le plus récent de l'entreprise. Il est possible de déterminer les émissions du scope 2 pour la trajectoire de réduction selon l'approche basée sur le marché ou l'approche basée sur la localisation (cf. tab. 7.1 et chap. 7.5 du *GHG Protocol Scope 2 Guidance*). La trajectoire de réduction est construite sur la base d'une année de référence, l'année à partir de laquelle le bilan des

²⁴ Par courriel à : info@bazl.admin.ch. Concerne : évaluation des émissions autres que le CO₂

émissions de gaz à effet de serre a été établi (p. ex. 2024), d'objectifs intermédiaires au moins pour les années 2030 et 2040 ainsi que d'un objectif final. Il est recommandé de fixer également des objectifs intermédiaires pour les années 2035 et 2045. Les objectifs intermédiaires et l'objectif final s'orientent sur les valeurs indicatives prévues à l'art. 4 LCI pour les différents secteurs. L'objectif final correspond typiquement à zéro émission (brutte) à l'horizon 2050 ou, le cas échéant, à la quantité d'équivalent CO₂ correspondant aux émissions difficilement évitables restantes en 2050. L'objectif final en 2050 peut aussi conduire à un bilan des gaz à effet de serre négatif net (cf. chap. 6.6).

La trajectoire de réduction devrait être linéaire, hormis lorsque cela n'est pas possible pour des raisons spécifiques à la branche (p. ex. si des solutions de décarbonation ne sont pas encore disponibles sur le marché) ou à l'entreprise (p. ex. si l'entreprise a déjà mis en œuvre les mesures les plus significatives pour décarboner ses activités). Dans de tels cas, il faut justifier l'impossibilité technique. D'autres méthodes ou des trajectoires de réduction non linéaires peuvent être utilisées dès lors qu'elles reposent sur des méthodes ou des normes scientifiquement reconnues (p. ex. approche de décarbonation sectorielle [SDA] de SBTi). La réduction effective des émissions d'une entreprise ne se déroulant vraisemblablement pas de manière linéaire, la trajectoire de réduction linéaire s'entend comme une ligne directrice pour la réduction des émissions visée.

Lorsque la feuille de route couvre les émissions générées en amont et en aval, la réduction des émissions du scope 3 est représentée par une trajectoire de réduction séparée. La trajectoire de réduction commence la même année de référence que la trajectoire de réduction des émissions des scopes 1 et 2 et l'entreprise fixe librement les objectifs de réduction en fonction du potentiel de réduction identifié dans l'analyse des solutions de décarbonation.

Compensation avec des attestations ou des certificats CO₂ pour réduire les émissions

Seules les mesures prises au sein de l'entreprise peuvent contribuer au respect de la trajectoire de réduction. Les attestations émises en vertu de la loi sur le CO₂ ou les certificats CO₂ émis selon des normes volontaires (marché volontaire du carbone, MVC) qui résultent de projets de réduction extérieurs à l'entreprise ne peuvent pas être pris en compte dans la trajectoire de réduction. Il est renvoyé au chapitre 6.6 pour la pratique concernant les attestations ou les certificats émis sur le MVC qui résultent du recours à des NET.

En revanche, les entreprises peuvent acquérir des attestations ou des certificats émis sur le MVC *en sus* de la trajectoire de réduction et le mentionner dans la feuille de route (pour les scopes 1, 2 et 3), p. ex. quand elles veulent soutenir des projets de protection du climat en Suisse ou à l'étranger en plus de leur propre prestation de réduction. En ce qui concerne les certificats relatifs aux réductions obtenues à l'étranger, il faut respecter les exigences de l'Accord de Paris sur le climat (notamment pour éviter les doubles comptages). Les attestations internationales délivrées en vertu de la loi sur le CO₂ remplissent ces exigences ; elles sont émises dans le cadre d'accords internationaux bilatéraux²⁵ (art. 6, par. 2, Accord de Paris sur le climat) ou d'un mécanisme multilatéral dont les modalités de mise en œuvre doivent encore être définies (art. 6, par. 4, Accord de Paris sur le climat). S'agissant des certificats émis sur le MVC pour les réductions des émissions réalisées en Suisse et des attestations nationales délivrées en vertu de la loi sur le CO₂, il faut noter que l'effet de ces mesures est en général enregistré dans l'inventaire suisse des émissions de gaz à effet de serre établi par l'OFEV. Par conséquent, cet effet est pris en compte dans les objectifs climatiques nationaux de la Suisse fixés dans la loi sur le CO₂ ainsi que dans les objectifs de la Suisse définis par l'Accord de Paris sur le climat. Les entreprises qui acquièrent de tels certificats et attestations devraient prendre en compte la comptabilisation dans l'objectif suisse dans leur éventuelle communication sur la mise en œuvre de la feuille de route, ceci pour éviter les doubles comptages au niveau des objectifs nationaux, d'une part, et des objectifs volontaires, d'autre part. Les attestations ou certificats achetés devraient être radiés du registre ad hoc (registre suisse des échanges de quotas d'émission²⁶ ou registre selon une norme volontaire MVC) pour éviter les doubles comptages.

²⁵ [Accords bilatéraux sur le climat](#)

²⁶ [Registre suisse des échanges de quotas d'émission \(EHR\)](#)

6.6 Trajectoire de développement des émissions négatives

L'art. 5 LCI dispose que toutes les entreprises doivent avoir ramené leurs émissions à zéro net d'ici à 2050 au plus tard. Dans ce contexte, il faut prendre en compte au moins les émissions directes (scope 1) et indirectes (scope 2). Comme il n'est pas possible d'éviter toutes les émissions, les feuilles de route doivent contenir une trajectoire de développement des émissions négatives pour compenser, le cas échéant, les émissions directes et indirectes difficilement évitables d'ici à 2050 au plus tard (art. 3 OCl). Il est recommandé également de compenser avec des émissions négatives les émissions de gaz à effet de serre difficilement évitables générées par les processus en amont et en aval (scope 3). Les émissions négatives peuvent être produites au sein de l'entreprise ou acquises sous forme d'attestations nationales et internationales en vertu de la loi sur le CO₂.²⁷ Une trajectoire de développement continue, idéalement linéaire, d'ici à 2050 tracée à partir d'une année de référence antérieure à 2030 avec des objectifs intermédiaires pour 2030, 2035, 2040 et 2045 est préconisée. La somme de la trajectoire de réduction et de la trajectoire de développement des émissions négatives doit être égale à zéro émission nette d'ici à 2050 au plus tard. La trajectoire de développement peut aussi conduire à ce que l'entreprise parvienne à un bilan des émissions négatif net, p. ex. en stimulant le développement du marché des NET avec une demande supplémentaire d'attestations ou en voulant apporter une contribution supplémentaire à la limitation à long terme du réchauffement moyen mondial à si possible 1,5 °C conformément à l'Accord de Paris sur le climat. Le chapitre 6.7.2 précise d'autres exigences spécifiques à la trajectoire de développement.

6.7 Plan de mesures

Un plan de mesures est établi sur la base de l'analyse des solutions de décarbonation. La planification des mesures de réduction et de leur effet s'effectue selon la trajectoire de réduction définie. L'effet cumulatif des mesures de réduction des émissions et des mesures de recours aux émissions négatives doit permettre de respecter la trajectoire de réduction et la trajectoire de développement afin d'atteindre finalement l'objectif de zéro net. Si on prend en considération les émissions générées en amont et en aval lors de l'élaboration de la feuille de route, on doit également décrire les mesures visant à réduire ou à compenser à l'aide des NET les émissions pertinentes en amont et en aval (cf. analyse de pertinence au chap. 6.1.3). Le plan de mesures définit les trajectoires effectives de la réduction des émissions des scopes 1 et 2 ainsi que, le cas échéant, des émissions du scope 3 prévue par l'entreprise.

Il convient de prioriser les mesures afin d'éviter en priorité les agents énergétiques fossiles, notamment par le recours à des technologies existantes ou innovantes. Si cela n'est pas possible, il faut appliquer des mesures visant à stocker durablement le CO₂ issu de sources fossiles ou lié aux processus dans des produits (CCUS = captage, utilisation et stockage du CO₂) ou dans le sous-sol (CCS = captage et stockage du CO₂) ou des mesures constituant une étape préliminaire à un stockage durable (CCU = captage et utilisation du CO₂). Ces mesures peuvent toutes contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Ce n'est que lorsqu'il n'est pas possible de réduire les émissions que la compensation s'effectue à l'aide des NET. Cette utilisation en cascade souligne le fait que le CO₂ sera extrait et stocké uniquement si les émissions ne peuvent pas être réduites d'une autre façon. Les mesures de type CCU pour le CO₂ issu de sources fossiles ou lié aux processus sont utiles au sens d'une technologie de transition lorsque des agents énergétiques fossiles peuvent ainsi être remplacés et qu'un stockage durable du CO₂ est prévu ultérieurement.

Les mesures prises en compte dans la feuille de route ne doivent pas avoir un impact négatif significatif sur l'environnement en Suisse et à l'étranger et sur la consommation de ressources naturelles (p. ex., augmentation des émissions toxiques ou déclin de la biodiversité) et doivent respecter la législation applicable à tous les domaines pertinents.

²⁷ Pour de plus amples informations sur les attestations : [Compensation des émissions de CO₂](#)

Les exemples de mesures ci-après peuvent être pris en considération dans une feuille de route (liste non exhaustive) :

Exemples de mesures visant à réduire les émissions directes et indirectes	Scope
Mesures concernant des installations de production, des processus de production, l'infrastructure commune à plusieurs processus, la technique du bâtiment et l'enveloppe du bâtiment	1 et 2
Mesures visant la substitution d'agents énergétiques fossiles	1
Modifications apportées aux procédés ou aux produits	1 et 2
Électrification de la flotte de véhicules (trafic marchandises et trafic voyageurs)	1
Meilleur taux d'occupation des véhicules	1
Évitement du trafic et utilisation de processus numériques	1
Optimisation des processus logistiques, transfert vers le rail, trafic combiné et plateformes de correspondance	1
Mesures concernant l'organisation et les comportements	1 et 2
CCS, CCUS et CCU (source de CO ₂ fossile ou liée aux processus)	1
CCU (source de CO ₂ présent dans l'atmosphère ou dans la biomasse)	1
Mesures visant à compenser les émissions directes et indirectes ainsi que les émissions générées en amont ou en aval difficilement évitables	Scope
Recours à des NET au sein de l'entreprise	1
Acquisition d'attestations nationales ou internationales en vertu de la loi sur le CO ₂ pour le recours à des NET (renforcement des prestations dites de puits de carbone)	1, 2 et 3
Exemples de mesures visant à réduire les émissions générées en amont et en aval	Scope, catégorie
Marchandises et services achetés : préférence accordée aux fournisseurs ayant de faibles émissions de CO ₂ , acquisition de matériaux plus durables, décarbonation des chaînes de livraison	3, cat. 1
Biens d'investissement : investissement dans des biens d'équipement durables à faible taux d'émission, application de stratégies d'économie circulaire telles que le recyclage et la réutilisation de matériaux	3, cat. 2
Émissions liées aux combustibles et émissions générées lors de la production des agents énergétiques qui ne sont pas déjà prises en compte comme émissions directes ou indirectes : gains d'efficacité lors de l'approvisionnement énergétique, acquisition d'énergies renouvelables, investissements dans des sources d'énergie locales (p. ex. installations solaires)	3, cat. 3
Transport et distribution en amont : optimisation des processus logistiques, report sur des modes de transport plus respectueux de l'environnement (p. ex. rail, mobilité électrique), réduction des capacités à vide lors des transports	3, cat. 4
Déchets générés dans l'entreprise : amélioration du tri des déchets et du recyclage, limitation des déchets par l'optimisation des processus, introduction de programmes zéro déchet	3, cat. 5
Déplacements professionnels : recours aux vidéoconférences pour éviter les déplacements, promotion des moyens de transport à faible taux d'émission (p. ex. train, véhicules électriques), élaboration d'une stratégie de compensation du CO ₂ rejeté par les déplacements nécessaires	3, cat. 6
Trajets pendulaires d'employés : promotion du télétravail et des modèles de travail flexibles, incitations à utiliser les moyens de transport respectueux de l'environnement (p. ex. leasing de vélo, abonnements de transports publics), programmes d'autopartage	3, cat. 7
Valeurs patrimoniales sous contrat de leasing en amont : introduction de systèmes de gestion de l'énergie pour les bâtiments et les installations loués, promotion des équipements, des rénovations et des méthodes de construction efficaces sur le plan énergétique pour les biens locatifs	3, cat. 8
Transport et distribution en aval : collaboration avec des partenaires logistiques visant à réduire les émissions, recours à des solutions de conditionnement plus durables, réduction des distances de transport par la décentralisation des sites de production	3, cat. 9
Transformation des produits vendus : développement de produits efficaces sur le plan énergétique, introduction d'améliorations de conception de produits visant à réduire les émissions lors de l'utilisation, promotion de la réutilisation et de la réparation	3, cat. 10
Utilisation des produits vendus : développement de produits plus durables et efficaces sur le plan énergétique, production de combustibles et de carburants renouvelables, formation de la clientèle à l'utilisation plus respectueuse de l'environnement, collaboration avec la clientèle visant à améliorer le bilan CO ₂ lors de l'utilisation	3, cat. 11

Traitement de fin de vie des produits vendus : promotion des initiatives de recyclage, programmes de reprise des produits, développement de produits biodégradables ou facilement recyclables à la fin de leur cycle de vie	3, cat. 12
Valeurs patrimoniales sous contrat de leasing en aval : promotion des mesures d'efficacité énergétique par les locataires, mise en place de nouvelles sources d'énergies renouvelables dans les biens immobiliers en location	3, cat. 13
Franchises : introduction de directives de durabilité pour les franchisés, soutien à la réduction de la consommation d'énergie et de matériaux	3, cat. 14
Investissements : priorité accordée aux investissements dans des projets et des entreprises à faible taux d'émission, intégration des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) dans les décisions d'investissement, financement de projets visant à réduire les émissions	3, cat. 15

Les mesures pour lesquelles un encouragement est demandé au titre de l'art. 6 LCI doivent être décrites dans le plan de mesures et doivent, outre leur caractère innovant, contribuer significativement à atteindre l'objectif de zéro net et à respecter la trajectoire de réduction.

6.7.1 Informations sur les mesures

Il faut fournir pour chacune mesure au moins les informations suivantes :

- Description de la mesure ;
- Calcul ou estimation des coûts et bénéfices de la mise en œuvre (coûts de planification et d'investissement, coûts et économies d'exploitation, effet de la mesure, c.-à-d. calcul de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de la production d'émissions négatives en tonnes éq.-CO₂, ainsi que de l'augmentation ou la baisse de la consommation d'énergie) ;
- Année de mise en œuvre prévue et calendrier de la mise en service à l'obtention de l'effet complet ;
- Durée de l'effet de la mesure

Pour le calcul de l'effet de la mesure, la réduction des émissions ou les émissions négatives attendues sont déterminées directement à partir de données mesurées ou des indications des fournisseurs. En voici des exemples :

- Mesure de la différence d'utilisation des rejets thermiques suite à l'installation d'un nouvel échangeur thermique ;
- Calcul de la différence sur la base de l'économie par unité de production et du volume de production.

Pour l'évaluation de l'effet de la mesure, La réduction des émissions ou les émissions négatives attendues sont déterminées sur la base des indications des fournisseurs ou de l'estimation de l'économie qui sera réalisée en lien avec une installation ou des processus. On estime par exemple le pourcentage d'économies réalisables en optimisant l'exploitation d'un complexe d'installations dans son ensemble ou l'impact de l'utilisation de produits vendus sur les émissions générées en aval.

On devrait si possible calculer l'effet des mesures dont la réalisation est prévue à court et à moyen termes (d'ici à 2035). L'estimation des coûts et des bénéfices de la mise en œuvre devrait être aussi précise que possible. Une estimation sommaire suffit pour les mesures dont la réalisation est prévue à long terme (après 2035).

6.7.2 Exigences particulières

Des critères supplémentaires doivent être pris en considération dans les domaines ci-après.

Transports : mesures visant à réduire les émissions générées par l'utilisation de carburants

Dans le secteur des transports, on applique les quatre principes suivants visant à réduire les émissions et à accroître l'efficacité énergétique :

- Éviter
 - Numériser les processus, limiter les déplacements professionnels et promouvoir le télétravail.
 - Optimiser la logistique, éviter des trajets, augmenter le taux d'occupation.
- Transférer
 - Utiliser des moyens de transport efficaces sur le plan énergétique à faible taux d'émission (train, transports publics, mobilité douce).
- Éco-concevoir
 - Électrifier la flotte de véhicules.
 - Conduire de manière économe, en mode écoconduite (EcoDrive) et optimiser les itinéraires.
 - Utiliser des carburants durables dans l'aviation.
 - Utiliser des aéronefs équipés de moteurs efficaces.
- Mettre en réseau
 - Partager les offres et promouvoir les moyens de transports alternatifs.
 - Créer des hubs de mobilité.

Recours aux combustibles et aux carburants biogènes ou synthétiques

Cette catégorie comprend notamment le recours au biogaz, au bois, à l'hydrogène renouvelable et aux carburants d'aviation durables (SAF).

Les combustibles ou les carburants biogènes ou synthétiques ne doivent être utilisés que lorsqu'ils constituent la solution la plus judicieuse du point de vue économique pour la sécurité de l'approvisionnement et la protection du climat et qu'il n'existe aucune autre alternative renouvelable. Ceci s'applique par exemple pour la production de chaleur de processus à haute température, pour la couverture des charges de pointe dans les réseaux thermiques (qui sont surtout exploités avec des énergies renouvelables), pour les installations de couplage chaleur-force exploitées en mode «chaleur» et pour les carburants d'aviation. En revanche, la production de chaleur ambiante directe et d'eau chaude ne doit plus s'effectuer avec des combustibles liquides ou gazeux, mais avec d'autres sources (énergies renouvelables ou rejets thermiques). Le recours à des combustibles ou à des carburants biogènes ou synthétiques doit être motivé explicitement.

La disponibilité et les potentiels conflits d'utilisation doivent être pris en compte dans les mesures s'appuyant sur l'utilisation de combustibles ou carburants biogènes ou synthétiques. La feuille de route doit notamment préciser la provenance prévue des combustibles ou des carburants biogènes ou synthétiques à court, à moyen et à long termes.

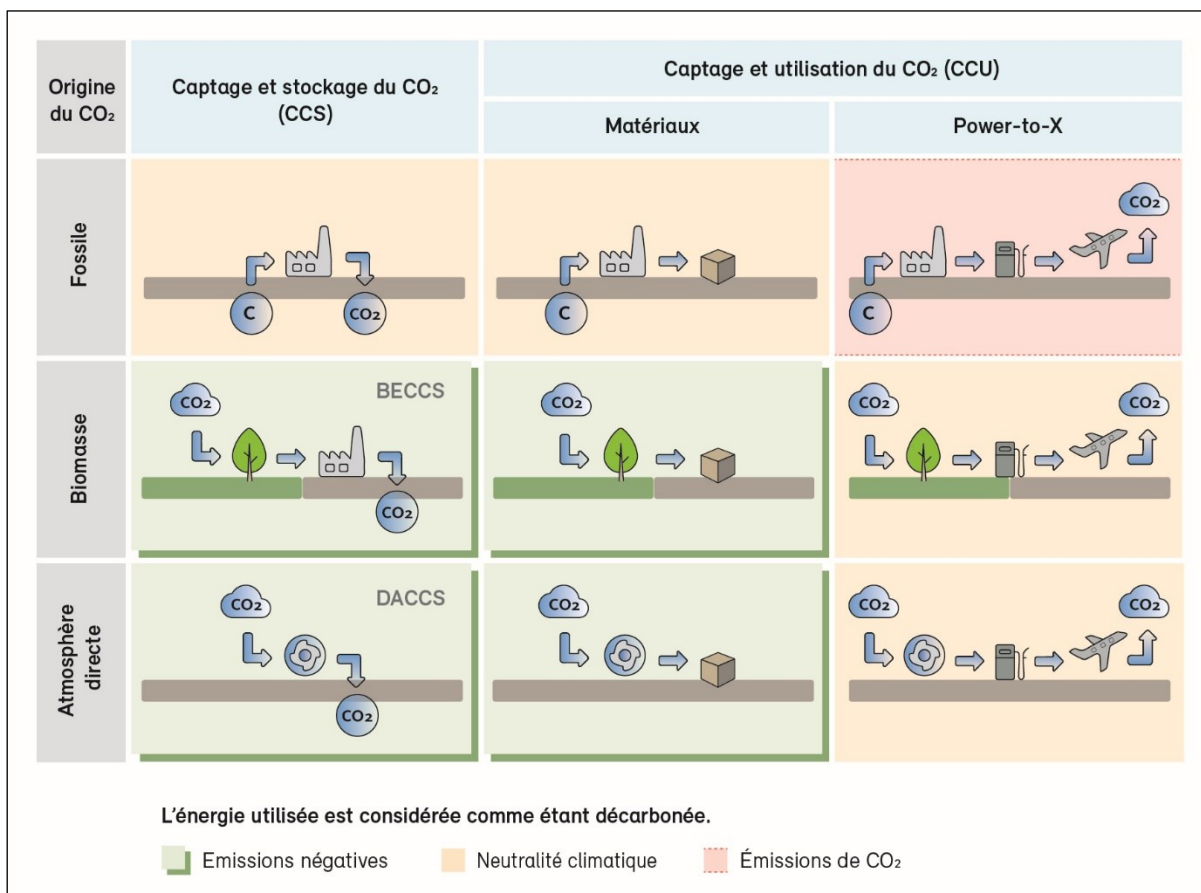
Pour les mesures s'appuyant sur l'utilisation de combustibles synthétiques et nécessitant une infrastructure spécifique, la feuille de route doit indiquer comment les combustibles synthétiques seront produits et transportés. Les coûts de l'infrastructure nécessaire à la mise en œuvre des mesures prévues doivent être chiffrés.

Production de combustibles ou de carburants biogènes ou synthétiques

Pour les mesures visant à réduire les émissions du scope 3 (cat. 11, utilisation des produits vendus) qui impliquent la production et, le cas échéant, le stockage intermédiaire de combustibles ou de carburants biogènes ou synthétiques, L'entreprise doit indiquer dans la feuille de route comment les émissions du scope 1 sont réduites dans les entreprises situées en aval de la chaîne de valeur. Les combustibles ou carburants biogènes ou synthétiques ne doivent être utilisés que lorsqu'ils constituent la solution la plus judicieuse du point de vue économique pour la sécurité de l'approvisionnement et pour la protection climatique et qu'il n'existe aucune autre alternative renouvelable.

Mesures de captage du CO₂ (visant à réduire les émissions ou à recourir à des NET)

Les technologies qui extraient le CO₂ de l'atmosphère ou des effluents gazeux (CCS, CCUS, CCU, NET) entrent dans ce champ d'application. Le graphique suivant donne un aperçu des catégories relevant de ce domaine.



La feuille de route doit préciser comment il est prévu de transporter et de stocker le CO₂ capté à court, moyen et long termes pour les mesures de captage du CO₂ nécessitant une infrastructure spécifique. Les coûts de l'infrastructure nécessaire à la mise en œuvre des mesures planifiées doivent être chiffrés.

Concernant les mesures visant à capter le CO₂ de sources fossiles ou issues de procédés en vue d'un stockage temporaire (CCU), l'entreprise qui capte le CO₂ doit indiquer dans sa feuille de route comment le CO₂ sera stocké de manière permanente d'ici à 2050 au plus tard. L'entreprise qui utilise temporairement le CO₂ doit préciser dans sa feuille de route comment elle passera à du CO₂ de source biogène ou atmosphérique d'ici à 2050 au plus tard.

Recours à des NET au sein de l'entreprise

Les mesures au sein de l'entreprise qui produisent des émissions négatives (p. ex. CCUS avec du CO₂ rejeté par une installation de biogaz ou CCS avec du CO₂ émis par une centrale thermique à bois) devraient s'aligner sur les exigences posées aux projets de compensation en Suisse par l'ordonnance sur le CO₂ (projets et programmes de renforcement des prestations de puits de carbone en Suisse, art. 5 de l'ordonnance sur le CO₂). L'entreprise l'indique de façon crédible et compréhensible dans la feuille de route. Les entreprises ont également la possibilité d'enregistrer ces projets comme des projets de compensation (renforcement des prestations de puits de carbone) auprès de la Confédération et de recevoir, en lien avec ceux-ci, des attestations pour leur propre usage. Une entreprise qui vend à des tiers des attestations ou des certificats délivrés selon des normes volontaires (MVC) pour des émissions

négligables produites en son sein ne peut pas imputer l'effet attesté ou certifié de cette mesure à sa trajectoire de développement des émissions négatives (pour éviter les doubles comptages).²⁸

Acquisition d'attestations pour le recours à des NET (renforcement des prestations de puits de carbone)

Les attestations nationales ou internationales émises en vertu de la loi sur le CO₂ pour le recours à des NET (renforcement des prestations de puits de carbone, cf. exigences énoncées à l'art. 5 de l'ordonnance sur le CO₂) peuvent être imputées à la trajectoire de développement. Ces attestations pourront être délivrées sur la base de la loi sur le CO₂ également après 2030 (indépendamment de l'obligation de compensation imposée aux importateurs de carburants par ladite loi). Sont considérées comme attestations internationales non seulement celles établies conformément à des accords bilatéraux au titre de l'art. 6, par. 2 de l'Accord de Paris sur le climat, mais en principe aussi celles délivrées en vertu de l'art. 6, par. 4, dudit accord (dont le mécanisme multilatéral doit encore être défini).

Les certificats émis selon des normes volontaires (MVC) pour le recours à des NET ne peuvent en revanche pas être imputés à la trajectoire de développement. Les entreprises peuvent aussi acquérir des certificats de recours aux NET *en sus* de la trajectoire de développement et les mentionner dans la feuille de route de la même manière que pour les certificats de projets de réduction de gaz à effet de serre (cf. chap. 5). En ce qui concerne les certificats d'émissions négatives obtenues à l'étranger vendus sur le MVC, il est recommandé de respecter les exigences de l'Accord de Paris sur le climat (notamment pour éviter les doubles comptages). S'agissant des certificats d'émissions négatives obtenues en Suisse émis sur le MVC (et des attestations nationales délivrées en vertu de la loi sur le CO₂), il faut noter que l'effet de ces mesures est en général enregistré dans l'inventaire suisse des émissions de gaz à effet de serre établi par l'OFEV. L'effet est par conséquent aussi imputé aux objectifs climatiques nationaux de la Suisse fixés dans la loi sur le CO₂ ainsi que dans les objectifs de la Suisse définis par l'Accord de Paris sur le climat. Les acquéreurs de tels certificats (et attestations) devraient prendre en compte la comptabilisation à l'objectif suisse dans leur éventuelle communication sur la mise en œuvre de la feuille de route, ceci pour éviter un double comptage au niveau des objectifs nationaux, d'une part, et des objectifs volontaires, d'autre part.

Les attestations ou les certificats achetés devraient être radiés du registre ad hoc (registre suisse des échanges de quotas d'émission²⁹ ou registre selon une norme volontaire MVC) pour éviter les doubles comptages.

7 Feuilles de route de branche

7.1 Déroulement de l'élaboration d'une feuille de route de branche

L'association professionnelle définit son groupe cible dans la feuille de route et évalue dans quelle mesure elle le considère comme homogène. Ce type de feuille de route est surtout adapté aux branches homogènes, c'est-à-dire où les activités et les processus des différentes entreprises de la branche sont similaires. Même au sein d'une branche homogène, les entreprises sont différentes en termes de taille, de type et d'état des infrastructures, de véhicules et d'installations ainsi que des domaines d'activités annexes. Après identification de ces différences et similitudes, l'élaboration de la feuille de route de branche commence par l'analyse de plusieurs feuilles de route individuelles d'entreprises représentatives de la branche. Le nombre de feuilles de route individuelles requises pour l'élaboration d'une feuille de route de branche dépend du degré d'homogénéité de la branche et se situe en général entre trois et dix.

²⁸ Cf. à ce sujet « Fiche d'information Communication concernant les feuilles de route net zéro et les projets de compensation » du 18 janvier 2023 de l'OFEV, Secrétariat Compensation > [Projets de compensation menés en Suisse](#) > Documents

²⁹ [Registre suisse des échanges de quotas d'émission \(EHR\)](#)

Les données des feuilles de route individuelles sont ensuite extrapolées (cf. chap. 7.2) et complétées, si elles sont disponibles, par des données d'autres sources telles que statistiques, littérature ou rapports d'études.

Les feuilles de route individuelles qui servent de base à l'élaboration de la feuille de route de branche doivent remplir les exigences décrites dans la présente directive. Elles doivent de plus toutes avoir été élaborées ou actualisées au cours de la même année.

Comme pour les feuilles de route individuelles, la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre générées en amont et en aval (scope 3) est facultative, mais recommandée. Si les émissions générées en amont et en aval sont prises en compte lors de l'élaboration de la feuille de route de branche, celles-ci doivent aussi avoir été prises en compte dans les feuilles de route individuelles représentatives et le seront dans chaque partie de la feuille de route de branche.

7.2 Bilan-type des émissions de gaz à effet de serre

La feuille de route de branche contient le bilan des émissions de GES caractéristique d'une entreprise de la branche (ci-après « bilan-type des GES » ; art. 4, al. 2, let. a, OCI). Les données des bilans des GES figurant dans les feuilles de route individuelles représentatives sont utilisées pour définir le bilan-type des GES (cf. chap. 7.1). Le bilan-type des GES est indiqué en pourcentage des émissions moyennes des entreprises représentatives pour chaque scope et, le cas échéant, pour chaque catégorie (cf. chap. 5.2). Il est possible de pondérer pour la branche les bilans des feuilles de route individuelles en fonction de la représentativité des entreprises considérées. Lorsqu'il est usuel dans une branche que d'autres activités soient exercées en sus de l'activité principale, le bilan-type peut englober des activités annexes. Dans le cas contraire, les hypothèses de calcul doivent être exposées. Toutes les hypothèses et les sources des données utilisées pour établir le bilan-type doivent être présentées. Le bilan-type est mis en perspective avec le nombre d'entreprises et, si elles sont disponibles, les émissions totales de la branche.

7.3 Description des installations et processus existants typiques de la branche

Cette partie liste et décrit les types de processus et d'installations primaires spécifiques à la branche, les met en relation avec les émissions qui leur sont associées sur la base des feuilles de routes individuelles représentatives afin de refléter l'état de la technique dans la branche. Elle porte au moins sur les installations pertinentes en raison du bilan des gaz à effet de serre. On peut compléter les données des feuilles de route individuelles avec les données disponibles d'autres sources telles que statistiques, littérature ou rapports d'études. Comme pour les feuilles de routes individuelles, cette description sert de base à l'analyse et à la description des solutions techniques permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre ou de produire des émissions négatives.

7.4 Analyse des solutions de décarbonation spécifiques à la branche

Les solutions de décarbonation spécifiques à la branche sont identifiées sur la base des solutions techniques ou non techniques potentielles relevées dans les feuilles de route individuelles représentatives. Lorsqu'il existe plusieurs variantes de solutions de décarbonation pour la branche, celles-ci doivent être décrites. Ces variantes peuvent dépendre de variantes de processus et d'installations, de restrictions, de la disponibilité des agents énergétiques envisagés, de l'infrastructure nécessaire et de potentiels autres avantages. Les feuilles de route exposent, le cas échéant, l'influence des principaux facteurs sur la variante de solution, l'effet ou les coûts et bénéfices des mesures potentielles. L'effet (réduction des émissions ou compensation des émissions restantes à l'aide des NET) des mesures potentielles est estimé par rapport au bilan-type des émissions de la branche et aux indications figurant dans la description des installations et processus spécifiques à la branche. Lorsque

l'analyse des processus et des solutions techniques révèle qu'une partie des émissions est difficilement évitable (cf. chap. 5.2.4), les émissions restantes doivent être estimées. Si les émissions générées en amont et en aval sont prises en compte lors de l'élaboration de la feuille de route, l'analyse décrit également les solutions visant à réduire ou à compenser à l'aide des NET les émissions pertinentes en amont et en aval (cf. analyse de pertinence au chap. 6.1.3).

7.5 Trajectoire de réduction

La feuille de route de branche contient une trajectoire de réduction qui présente la réduction des émissions des scopes 1 et 2 de la branche (art. 4, al. 2, let. e, OCl). Le point de départ du tracé de la trajectoire de réduction correspond à 100 % des émissions figurant au bilan-type des GES l'année de référence, soit l'année d'établissement du bilan. Les objectifs intermédiaires et finaux sont indiqués en pourcentage et la trajectoire de réduction est fixée par ailleurs conformément aux exigences décrites au chap. 6.5. Il faut disposer d'une trajectoire de réduction séparée pour la réduction des émissions du scope 3 lorsque la feuille de route couvre les émissions générées en amont et en aval. La trajectoire de réduction du scope 3 commence la même année de référence que la trajectoire de réduction des émissions des scopes 1 et 2. La branche fixe librement les objectifs de réduction des émissions du scope 3 exprimés en pourcentage en fonction du potentiel de réduction identifié lors de l'analyse des solutions de décarbonation qui lui sont spécifiques.

7.6 Trajectoire de développement des émissions négatives

La feuille de route de branche contient une trajectoire de développement des émissions négatives afin de compenser les émissions directes et indirectes difficilement évitables (scopes 1 et 2) d'ici à 2050 au plus tard (art. 4, al. 2, let. f, OCl). Les objectifs intermédiaires et finaux sont indiqués en pourcentage. Il est recommandé de compenser avec des émissions négatives les émissions de gaz à effet de serre difficilement évitables générées par les processus en amont et en aval (scope 3). Les exigences applicables à la trajectoire de développement sont pour le reste les mêmes que celles applicables aux feuilles de route individuelles (cf. chap. 6.6).

7.7 Plan de mesures-type

Les mesures identifiées dans les feuilles de route individuelles représentatives servent de base à l'élaboration des mesures de la feuille de route de branche. Le plan de mesures est établi sur la base de l'analyse des solutions de décarbonation spécifiques à la branche. Il décrit les variantes de mesures retenues lorsque plusieurs variantes de solutions de décarbonation sont prévues parallèlement pour la branche. L'ordre de priorité des mesures est fixé comme décrit au chap. 6.7.

Il faut fournir pour chaque mesure au moins les informations suivantes :

- Description de la mesure ;
- Estimation des coûts et bénéfices de la mise en œuvre (coûts de planification et d'investissement, coûts et économies d'exploitation, effet des mesures) ; les coûts et les bénéfices sont indiqués en CHF par tonne d'éq-CO₂ ;
- Calendrier prévu pour la mise en œuvre

Les mesures de réduction et leur effet sont planifiés en fonction de la trajectoire de réduction définie pour la réduction des émissions des scopes 1 et 2 et, le cas échéant, des émissions du scope 3. L'effet des variantes de mesures est combiné et l'effet cumulatif de toutes les mesures visant à réduire les émissions et à recourir à des émissions négatives doit permettre de respecter la trajectoire de réduction et la trajectoire de développement de la branche et ainsi d'atteindre l'objectif de zéro net.

8 Mise à jour de la feuille de route

Une feuille de route doit être suffisamment à jour et adaptée régulièrement (au moins tous les cinq ans ou en cas de changement, p. ex. d'acquisition, d'extension, de vente ou de mise hors service d'installations). Par ailleurs, les évolutions technologiques offrent la possibilité d'envisager des mesures qui n'étaient pas encore prévisibles ou quantifiables lors de l'élaboration de la feuille de route et qui peuvent y être intégrées lors d'une mise à jour. Les évolutions de la méthode d'établissement du bilan ne donnent pas lieu à une actualisation des feuilles de route, mais elles devront être prises en compte lors d'une mise à jour. Il est de plus recommandé d'assurer un suivi régulier pour évaluer l'effet des mesures mise en œuvre et l'atteinte des objectifs. Si un écart est constaté entre la trajectoire de réduction théorique et les émissions effectives, il est judicieux de réévaluer les mesures ou le potentiel de réduction.

Annexe : Estimation des émissions d'oxydes d'azote et de suie en vol de croisière et des émissions de soufre

Émissions d'oxydes d'azote en vol de croisière pour un vol au départ de la Suisse

Les formules suivantes aident à prouver les réductions d'oxydes d'azote résultant de la baisse de consommation de carburants, d'une part, et de l'installation de moteurs améliorés pour émettre moins de NOx (facteur d'émission, en anglais *emission index*, EI NOx), d'autre part. Pour les feuilles de route, il faudrait utiliser les consommations de carburant applicables aux vols au départ de la Suisse. Si les facteurs d'émission ne sont pas encore publiés pour une partie de la future flotte, il convient de prendre contact avec les constructeurs et avec l'OFAC quant aux hypothèses.

a) Distance orthodromique jusqu'à 2 000 km

$$\text{NOx}_{\text{climat}}(\text{g}) = (\text{EI NOx}_{\text{App}}(\text{g/kg}) + \text{EI NOx}_{\text{C/O}}(\text{g/kg})) / 2 \times c_{\text{vol}}(\text{kg}) \times (0,00025 \times d(\text{km}) + 0,3)(1/\text{km})$$

Équation 1

b) Distance orthodromique supérieure à 2 000 km

$$\text{NOx}_{\text{climat}}(\text{g}) = (\text{EI NOx}_{\text{App}}(\text{g/kg}) + \text{EI NOx}_{\text{C/O}}(\text{g/kg})) / 2 \times (c_{\text{vol}}(\text{kg}) \times 0,8$$

Équation 2

où :

EI NOx_{App} = facteur d'émission de NOx du moteur spécifique lors d'une poussée statique de 30 % en approche (*Approach*) (g/kg)

EI NOx_{C/O} = facteur d'émission de NOx du moteur spécifique lors d'une poussée statique de 85 % en montée (*Climb-Out*, abrégé C/O) (g/kg)

c_{vol} = consommation totale de carburant du vol au départ de la Suisse jusqu'à la destination (kg), indépendamment du fait que le plein ait été fait avec des SAF ou non.

d = distance orthodromique du vol (en km)

Les facteurs d'émission standardisés et les consommations de carburant en cycle d'atterrissage et de décollage (CAD ou *landing and take-off cycle*, LTO) de moteurs spécifiques avec certification des émissions sont publiés dans la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs³⁰.

Exemples illustratifs :

Exemple 1 : un avion de 180 sièges avec deux moteurs CFM56-5B4/3 (identifiant unique OACI [ICAO UID] 01P08CM105) consomme c_{vol} = 2 874 kg de carburant pour un vol d'une distance orthodromique d = 900 km

Valeurs extraites de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs :

EI NOx_{App} = 8,85 g/kg

EI NOx_{C/O} = 17,23 g/kg

Dans l'équation 1 :

NOx_{climat}(g) = 19 675 g (= 19,7 kg)

Exemple 2 : un avion de 180 sièges avec deux moteurs LEAP-1A26 (identifiant unique OACI [ICAO UID] 01P20CM128) consomme c_{vol} = 2 510 kg de carburant pour un vol d'une distance orthodromique d = 900 km

Valeurs extraites de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs :

³⁰ [ICAO Aircraft Engine Emissions Databank | EASA \(europa.eu\)](https://www.easa.europa.eu/en/aircraft-engine-certification/engine-emissions)

IE NO_x_App = 8,75g/kg

EI NO_x_C/O = 13,38 g/kg

Dans l'équation 1 :

NO_x_climat(g) = 14 581 g (= 14,6 kg)

Émissions de particules de suie en vol de croisière pour un vol au départ de la Suisse

L'estimation du nombre de particules non volatiles (nvPM) comporte des incertitudes bien plus élevées que l'estimation des émissions de NO_x. Une autre différence essentielle est que les données de certification des émissions de nvPM pour le cycle d'atterrissage et de décollage de l'aéronef ne suffisent pas à représenter directement le comportement d'émission des moteurs en vol de croisière. Cette lacune sera certes comblée sur l'initiative de l'OFAC, mais seulement à l'avenir pour les nouvelles certifications de moteurs.

On obtiendrait la meilleure qualité d'estimation des émissions possible en utilisant les données des enregistreurs de vol combinées avec la méthode MEEM (*nvPM Mission Emissions Estimation Methodology*)³¹, y compris les instructions y figurant pour adapter au vol de croisière les facteurs d'émission de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs. Pour les feuilles de route, il faudrait utiliser les consommations de carburant applicables aux vols au départ de la Suisse. Si les facteurs d'émission ne sont pas encore publiés pour une partie de la future flotte, il convient de prendre contact avec les constructeurs et avec l'OFAC quant aux hypothèses.

Une procédure simplifiée inspirée de la MEEM qui peut être utilisée pour élaborer les feuilles de route est décrite ci-après. Les réductions du nombre de nvPM émises peuvent être prouvées par la réduction de la consommation de carburants, par l'utilisation de SAF et par le recours à des moteurs améliorés rejetant moins de nvPM (paramètre Facteur d'émission en nombre de nvPM, abrégé en anglais EInum) : dans ces cas, c'est la technologie qui fournit la plus grande contribution.

Les moteurs en service actuellement et les futurs moteurs améliorés ou nouveaux doivent être répartis en trois catégories comme solution transitoire afin que les feuilles de route puissent représenter l'influence du choix des moteurs au moins pour esquisser la tendance des émissions.

Catégorie 1 : moteurs pour lesquels les remarques dans les données de certification indiquent que le facteur d'émission le plus élevé (en anglais, max. EI) a été mesuré lors d'une poussée comprise entre 30 et 85 %.

Catégorie 2 : moteurs pour lesquels il est précisé TAPS (pour *Twin Annular Premixing Swirler*, soit chambre à combustion pré-tourbillonnaire à double anneau) dans les remarques relatives à la chambre de combustion ou, en général, moteurs équipés de systèmes à combustion en mélange pauvre (*Lean Burn Systems*).

Catégorie 3 : tous les autres moteurs.

Attention : toute mesure de particules implique des pertes pour des raisons physiques. Dans le cadre de l'élaboration des feuilles de route, il faut utiliser les facteurs d'émission corrigés des pertes qui figurent dans la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs³². Ce sont les valeurs retenues pour l'élaboration des inventaires d'émission ou celles qui correspondent aux émissions à la sortie du moteur (échappement du moteur). Dans la banque de données en format Excel, ces facteurs d'émission sont signalés par l'ajout de l'abréviation anglaise « _SL » (*System Loss corrected*).

Émissions de particules de suie en vol de croisière avec utilisation de kérosène fossile conventionnel :

Moteurs de catégorie 3 :

³¹ [A New Approach to Estimate Particulate Matter Emissions From Ground Certification Data: The nvPM Mission Emissions Estimation Methodology, Ahrens et al., Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2022](#)

³² [ICAO Aircraft Engine Emissions Databank](#)

a) Distance orthodromique jusqu'à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_App}} (\#/kg) + \text{nvPMnum}_{\text{SL_C/O}} (\#/kg)) \times 0,31 \times (c_{\text{vol}} (kg) \times (0,00025 \times d (km) + 0,3)(1/km))$$

Équation 3

b) Distance orthodromique supérieure à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_App}} (\#/kg) + \text{nvPMnum}_{\text{SL_C/O}} (\#/kg)) \times 0,248 \times (c_{\text{vol}} (kg))$$

Équation 4

Moteurs de catégorie 2 :

a) Distance orthodromique jusqu'à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_C/O}} (\#/kg)) \times 0,62 \times (c_{\text{vol}} (kg) \times (0,00025 \times d (km) + 0,3)(1/km))$$

Équation 5

b) Distance orthodromique supérieure à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_C/O}} (\#/kg)) \times 0,496 \times (c_{\text{vol}} (kg))$$

Équation 6

Moteurs de catégorie 1 :

a) Distance orthodromique jusqu'à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{Max_SL}} (\#/kg)) \times 0,62 \times (c_{\text{vol}} (kg) \times (0,00025 \times d (km) + 0,3)(1/km))$$

Équation 7

b) Distance orthodromique supérieure à 2 000 km

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat}} (\#) = (\text{nvPM Elnum}_{\text{Max_SL}} (\#/kg)) \times 0,496 \times (c_{\text{vol}} (kg))$$

Équation 8

où :

$\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_App}}$ = facteur d'émission en nombre de nvPM du moteur spécifique à la sortie du moteur lors d'une poussée statique de 30 % en approche (*Approach*) (g/kg)

$\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_C/O}}$ = indice d'émission en nombre de nvPM du moteur spécifique à la sortie du moteur lors d'une poussée statique de 85 % en montée (*Climb-Out*) (g/kg)

$\text{nvPM Elnum}_{\text{Max_SL}}$ = facteur d'émission le plus élevé en nombre de nvPM du moteur, corrigé des pertes. À utiliser lorsque cette valeur maximale se situe entre 30 et 85 % de poussée statique (#/kg). Attention : la banque de données n'indique que la valeur maximale mesurée, sans correction des pertes. Par conséquent, la valeur de la banque de données doit être corrigée vers le haut avec un facteur de perte k :

$$\text{nvPM Elnum}_{\text{Max_SL}} = k \times \text{nvPM Elnum}_{\text{Max}}$$

Équation 9

où :

$\text{nvPM Elnum}_{\text{Max}}$ = facteur d'émission mesuré le plus élevé en nombre de nvPM du moteur (#/kg).

$$k = ([\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_C/O}}] / [\text{nvPM Elnum}_{\text{C/O}}] + [\text{nvPM Elnum}_{\text{SL_App}}] / [\text{nvPM Elnum}_{\text{App}}]) / 2$$

Équation 10

où :

$\text{nvPM Elnum}_{\text{C/O}}$ = facteur d'émission mesuré en nombre de nvPM du moteur spécifique lors d'une poussée statique de 85 % en montée (*Climb-Out*, abrégé *C/O*) (g/kg)

$\text{nvPM Elnum}_{\text{App}}$ = facteur d'émission mesuré en nombre de nvPM du moteur spécifique lors d'une poussée statique de 30 % en approche (*Approach*) (g/kg)

Exemples illustratifs :

Exemple 3: un avion de 180 sièges avec deux moteurs CFM56-5B4/3 (identifiant unique OACI [ICAO UID] 01P08CM105) consomme $c_{vol} = 2\,874$ kg de carburant pour un vol d'une distance orthodromique $d = 900$ km

Le moteur appartient à la catégorie 3.

Valeurs extraites de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs :

$nvPM\ E_{num_SL_App} = 3,49 \times 10^{14}$ / kg (formulation dans la banque de données $3.49E+14$ / kg)

$nvPMnum_SL_C/O = 1,32 \times 10^{15}$ / kg

Dans l'équation 3 :

Particules de suie_{climat} (#) = $7,81 \times 10^{17}$

Exemple 4: un avion de 180 sièges avec deux moteurs LEAP-1A26 (identifiant unique OACI [ICAO UID] 01P20CM128) consomme $c_{vol} = 2\,510$ kg de carburant pour un vol d'une distance orthodromique $d = 900$ km

Le moteur appartient à la catégorie 2.

Valeurs extraites de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs :

$nvPMnum_SL_C/O = 1,0 \times 10^{11}$ / kg

Dans l'équation 5 :

Particules de suie_{climat} (#) = $8,17 \times 10^{13}$

Exemple 5: un avion de 350 sièges avec deux moteurs Trent XWB-84 (version identifiant unique OACI [ICAO UID] 01P18RR124) consomme $c_{Flug} = 53\,410$ kg de carburant sur un vol longue distance ($d > 2\,000$ km).

Le moteur appartient à la catégorie 1.

Valeurs extraites de la banque de données de l'OACI sur les émissions des moteurs :

$nvPM\ E_{num_Max} = 1,03 \times 10^{15}$ / kg

$nvPM\ E_{num_SL\ C/O} = 4,42 \times 10^{14}$ / kg

$nvPM\ E_{num\ C/O} = 2,83 \times 10^{14}$ / kg

$nvPM\ E_{num_SL\ App} = 2,15 \times 10^{15}$ / kg

$nvPM\ E_{num\ App} = 9,92 \times 10^{14}$ / kg

Dans l'équation 10 :

$k = 1,86$

Dans l'équation 9 :

$nvPM\ E_{num_Max_SL} = 1,92 \times 10^{15}$ / kg

Dans l'équation 7 :

Particules de suie_{climat} (#) = $5,09 \times 10^{19}$

Adaptation du calcul des émissions de particules de suie en vol de croisière

en cas d'utilisation de SAF pouvant être pris en compte (obligation d'incorporer, ETS, CORSIA) en Suisse :

Les SAF testés avant l'élaboration de la présente directive réduisent en général les émissions de particules de suie générées par les turbines à gaz des avions, la réduction la plus grande étant obtenue lors d'un vol à vide. Pour une poussée donnée, c'est la teneur en hydrogène d'un kérosène qui est la

plus corrélée avec la réduction : en effet, la teneur en hydrogène est caractéristique des précurseurs des suies contenus dans le carburant, notamment des composés aromatiques qui produisent beaucoup de suie. Les exploitants d'aéronefs ne sont en général pas informés de la teneur en hydrogène des carburants utilisés pour faire le plein : les feuilles de route doivent donc de toute façon reposer sur des hypothèses. Les valeurs standard suivantes sont proposées à cette fin :

Teneur en hydrogène du kérosène conventionnel $H_{\text{fossile}} = 13,8$ % de la masse

Teneur en hydrogène d'un SAF pur $H_{\text{SAF}} = 15$ % de la masse

Détermination de la teneur en hydrogène d'un mélange de SAF et de carburant fossile :

$$H_{\text{mélange_SAF}} = (1 - \text{CAS}) \times H_{\text{fossile}} + \text{SAF} \times H_{\text{SAF}} \quad \text{Équation 11}$$

Exemple :

Pour une part de SAF de 30 %, $H_{\text{mélange_SAF}} = (1 - 0,3) \times 13,8 + 0,3 \times 15 = 14,16$ % de la masse

Il est ainsi possible d'estimer la réduction des émissions de particules de suie obtenues en rajoutant du SAF :

$$\text{Particules de suie}_{\text{climat_SAF}} (\#) = k_{\text{SAF}} \times \text{particules de suie}_{\text{climat}} (\#) \quad \text{Équation 12}$$

où :

$$k_{\text{SAF}} = \exp \{-0,48 \times (H_{\text{mélange_SAF}} - 13,8)\} \quad \text{Équation 13}$$

Exemple :

Pour $H_{\text{mélange_SAF}} = 14,16$ % de la masse, $k_{\text{SAF}} = 0,86588...$ ce qui signifie que la réduction du nombre de particules de suie en vol de croisière avec une part de 30 % de SAF est de l'ordre de 13 % (sur la base des valeurs standard).

Émissions de composés soufrés pour un vol au départ de la Suisse

Les exploitants d'aéronefs n'ont en général pas connaissance de la teneur en soufre des carburants utilisés pour faire le plein. La teneur en soufre du kérosène fossile conventionnel utilisé pour faire le plein en Suisse se situait ces dernières années autour de 0,5 g par kg de carburant. Comme un gramme de soufre se transforme en deux grammes de SO₂, il s'ensuit que :

$$\text{SO}_2 \text{ (g)} = c_{\text{vol}} \text{ (kg)} \times 1 \text{ (g/kg)} \quad \text{Équation 14}$$

Adaptation des émissions de SO₂ en cas d'utilisation de SAF pouvant être pris en compte (obligation d'incorporer, ETS, CORSIA) en Suisse :

On peut partir de l'hypothèse que les SAF ne contiennent pas de soufre, ce qui signifie que la part de SAF réduit proportionnellement les émissions de SO₂ :

$$\text{SO}_2 \text{ (g)} = c_{\text{vol}} \text{ (kg)} \times 1 \text{ (g/kg)} \times (1 - \text{SAF}) \quad \text{Équation 15}$$