> Consommation d'énergie et émissions polluantes du secteur non routier

Étude portant sur la période de 1980 à 2050

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> Consommation d'énergie et émissions polluantes du secteur non routier

Étude portant sur la période de 1980 à 2050

Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV
Berne, 2015

Impressum

Éditeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Auteurs
Dr. Benedikt Notter, Martin Schmied (INFRAS)

Accompagnement à l'OFEV
Giovanni D'Urbano, Felix Reutimann, Harald Jenk
Division Protection de l'air et produits chimiques

Référence bibliographique
Notter B., Schmied M. 2015: Consommation d'énergie et émissions polluantes du secteur non routier. Étude portant sur la période de 1980 à 2050. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1519: 238 p.

Graphisme, mise en page
Karin Nöthiger, 5443 Niederrohrdorf

Photo de couverture
La photo de couverture a été gracieusement mise à disposition par l'entreprise Zeppelin (Allemagne) et retravaillée selon les spécifications de l'OFEV.

Téléchargement au format PDF
www.bafu.admin.ch/uw-1519-f
Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et anglais.

© OFEV 2015

> Table des matières

Abstracts 7
Avant-propos 9
Résumé 10

1 Situation initiale 20

2 Objectif 21

3 Démarche 22

4 Méthode 23
4.1 Principe 23
4.2 Modélisation des effectifs de machines et d'engins 24
4.2.1 Structure 24
4.2.2 Relevé 25
4.2.3 Modèle des effectifs 27
4.2.4 Heures de service 27
4.2.5 Relation entre heures de service et âge 28
4.2.6 Répartition des effectifs et des heures de service par âge 29
4.3 Données de base des émissions 30
4.3.1 Valeurs limites d'émission 30
4.3.2 Niveaux d'émission 33
4.3.3 Coefficients d'émission 34
4.3.4 Sous-segments 41
4.3.5 Consommation de carburant 44
4.3.6 Consommation d'électricité 45
4.3.7 Facteurs d'influence 46
4.3.8 Filtres à particules 48

5 Effectifs et heures de service 50
5.1 Effectifs en 2010 50
5.2 Évolution temporelle des effectifs 51
5.3 Heures de service en 2010 54
5.4 Évolution temporelle des heures de service (1980–2050) 56
5.5 Évolution de l'effectif des machines équipées de systèmes de filtres à particules 58

6 Effectifs et heures de service des différents groupes de machines 61
6.1 Machines de chantier 61
6.1.1 Effectifs 61
6.1.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 61
6.2 Industrie 63
6.2.1 Effectifs 63
6.2.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 63
6.3 Machines agricoles 65
6.3.1 Effectifs 65
6.3.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 65
6.4 Machines destinées à l'exploitation forestière 67
6.4.1 Effectifs 67
6.4.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 67
6.5 Horticulture/loisirs 69
6.5.1 Effectifs 69
6.5.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 69
6.6 Bateaux 71
6.6.1 Effectifs 71
6.6.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 71
6.7 Rail 73
6.7.1 Effectifs 73
6.7.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 73
6.8 Armée 75
6.8.1 Effectifs 75
6.8.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050) 75

7 Consommation d'énergie et émissions polluantes 77
7.1 Consommation d'énergie en 2010 77
7.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 79
7.3 Émissions en 2010 81
7.4 Évolution des émissions 84

7.4.1 Évolution relative des émissions 84
7.4.2 Évolution des émissions par groupes 86
7.4.3 Évolution des émissions de CO_2 88

8 Consommation d'énergie et émissions polluantes des différents groupes de machines 89
8.1 Machines de chantier 89
8.1.1 Consommation d'énergie 89
8.1.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 89
8.1.3 Émissions 91
8.1.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 91
8.2 Industrie 93
8.2.1 Consommation d'énergie 93
8.2.2 Évolution de la consommation de carburant (1980–2050) 93
8.2.3 Émissions 95
8.2.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 95
8.3 Agriculture 97
8.3.1 Consommation d'énergie 97
8.3.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 97
8.3.3 Émissions 99
8.3.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 99
8.4 Exploitation forestière 101
8.4.1 Consommation d'énergie 101
8.4.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 101
8.4.3 Émissions 103
8.4.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 103
8.5 Horticulture/loisirs 105
8.5.1 Consommation d'énergie 105
8.5.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 105
8.5.3 Émissions 107
8.5.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 107
8.5.5 Émissions de benzène et influence de l'essence alkylée 107
8.6 Bateaux 109
8.6.1 Consommation d'énergie 109
8.6.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 109
8.6.3 Émissions 111
8.6.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 111
8.7 Rail 113
8.7.1 Consommation d'énergie 113
8.7.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 113
8.7.3 Émissions 115
8.7.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 115
8.8 Armée 117
8.8.1 Consommation d'énergie 117
8.8.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050) 117
8.8.3 Émissions 119
8.8.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050) 119

9 Remarques complémentaires 121
9.1 Comparaison avec les émissions du trafic routier 121
9.2 Effets de l'installation a posteriori de filtres à particules 123
9.3 Comparaison avec le rapport UW-0828 125
9.3.1 Méthode 125
9.3.2 Structures quantitatives 126
9.3.3 Coefficients d'émission 130
9.3.4 Consommation d'énergie 132
9.3.5 Émissions 134

Annexe 138
A1 Méthode de calcul 138
A2 Groupes et catégories de machines 141
A3 Valeurs limites d'émissio 146
A3-1 Machines diesel sans les bateaux et les véhicules ferroviaires 146
A3-2 Petits engins à essence 148
A3-3 Bateaux 149
A3-4 Véhicules ferroviaires 153

A4 Coefficients d'émission et de consommation d'énergie 154
A4-1 Machines diesel sans les bateaux et les véhicules ferroviaires 154
A4-2 Machines à gaz 158
A4-3 Engins à essence 159
A4-4 Bateaux 163
A4-5 Véhicules ferroviaires 169
A4-6 Machines et engins électriques 170
A4-7 Émissions de benzène des moteurs à essence, par année 171
A4-8 Facteurs de conversion pour les émissions de dioxyde de carbone 172
A4-9 Facteurs de correction pour les émissions de particules avec filtres à particules 173
A5 Puissances nominales et facteurs de charge 174
A6 Catégories de machines avec émissions polluantes dynamiques 178
A7 Effectifs et heures de service par groupes de machines 179
A8 Effectifs et heures de service par catégories de machines 180
A9 Consommation d'énergie et émissions polluantes 184
A10 Consommation d'énergie par groupes de machines 185
A11 Émissions par groupes de machines 186
A12 Consommation d'énergie par catégories de machines 188
A13 Émissions par catégories de machines 194
A14 Groupes d'experts et leurs membres 229
A14-1 Machines de chantier/Industrie 229
A14-2 Agricultre/Exploitation forestière 229
A14-3 Petits engins 229
A14-4 Spécialistes des moteurs 229

Répertoire 230
Définitions 230
Abréviations 230
Figures 232
Tableaux 234
Bibliographie 237

> Abstracts

This report quantifies non-road pollutant emissions and fuel consumption in Switzerland. This source encompasses all mobile machines and appliances that are equipped with a combustion engine and are not intended to transport passengers and goods by road. The calculations were made for eight different machine and appliance categories, and cover the period from 1980 to 2050, with 2010 as the reference year. The report thus provides an overview of the situation in the non-road segment and can also serve as a technical basis for assessing potential measures aimed at reducing air pollution.

Keywords:
Exhaust emissions from machines and appliances, Emissions of air pollutants, Non-road segment

Der Bericht quantifiziert die Luftschadstoffemissionen und den Energieverbrauch des Non-road-Sektors in der Schweiz. Diese Quellengruppe umfasst alle mit einem Verbrennungsmotor ausgerüsteten mobilen Maschinen und Geräte, die nicht zur Beförderung von Personen und Gütern auf der Strasse bestimmt sind. Die Berechnungen wurden für acht einzelne Maschinen- resp. Gerätegattungen durchgeführt. Sie decken den Zeitraum von 1980 bis 2050 ab, mit einem Schwerpunkt für das Jahr 2010. Der Bericht gibt damit einen Überblick über den Non-road-Sektor und kann zugleich als fachliche Grundlage für die Beurteilung von möglichen Massnahmen zur Verminderung der Luftverschmutzung dienen.

Stichwörter:
Abgas Maschinen und Geräte, LuftPolluantemissionen, Non-road-Sektor

Ce rapport quantifie les émissions polluantes et la consommation de l'énergie du secteur non routier en Suisse. Cette source comprend l'ensemble des machines et appareils qui sont mobiles et équipés d'un moteur à combustion interne, mais ne sont pas destinés au transport routier de personnes et de biens. Les calculs ont été effectués pour huit catégories différentes de machines et appareils. Ils couvrent la période de 1980 à 2050, en mettant l'accent sur l'année 2010. Ce rapport donne une vue d'ensemble du secteur non routier et sert en même temps de base technique pour évaluer quelles mesures permettraient de diminuer la pollution atmosphérique.

Mots-clés:
gaz d'échappement de machines et appareils, émissions de polluants atmosphériques, secteur non routier

Il presente rapporto quantifica le emissioni inquinanti e il consumo di energia del settore non-stradale in Svizzera. Detto settore comprende le macchine mobili e gli apparecchi di lavoro equipaggiati con un motore a combustione interna non destinati al trasporto di persone e di merci sulla strada. I calcoli, che riguardano otto categorie di macchine e apparecchi, sono stati effettuati per il periodo dal 1980 al 2050, con particolare accento sul 2010. Il rapporto offre una panoramica del settore non-stradale e, al contempo, funge da base tecnica per valutare possibili misure di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Parole chiave:
gas di scarico, macchine e apparecchi, emissioni di inquinanti atmosferici, settore non-stradale

> Avant-propos

Si le secteur routier rejette aujourd'hui encore des quantités importantes de polluants, c'est également le cas du secteur non routier. Celui-ci comprend les machines et les engins mobiles qui ne sont pas destinés à transporter des personnes et des marchandises par la route, c'est-à-dire les machines de chantier, les engins forestiers, mais aussi les engins de jardin et les autres outils de loisir.

S'agissant des prescriptions en matière de gaz d'échappement et des mesures des émissions, le secteur non routier a longtemps été un domaine négligé de la protection de l'air. En 2008, l'OFEV a publié un rapport détaillé sur la consommation de carburant et les émissions polluantes de ce secteur. Depuis, on a pu constater d'importantes évolutions dans les domaines suivants: prescriptions sur les gaz d'échappement, développement des moteurs et mise au point de nouvelles technologies. Le présent rapport rend compte de ces évolutions et constitue une actualisation des bases existantes.

Le rapport, en tant que mise à jour, permet d'évaluer l'importance des différents groupes d'émetteurs, l'évolution temporelle des émissions et l'effet des mesures de réduction possibles.

Dans sa version actualisée, le rapport se fond sur des quantités de données considérables qui ont été rassemblées grâce à la précieuse collaboration de nombreuses personnes. Les données recueillies, bien que des plus récentes, peuvent toutefois changer au regard des nouveaux développements et des nouvelles connaissances. Toute information sur les dernières évolutions en la matière est donc la bienvenue; c'est uniquement de cette manière que l'OFEV sera en mesure de poursuivre l'actualisation et l'optimisation des données.

Dr. Martin Schiess
Chef de la division Protection de l'air et produits chimiques
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

Des quantités considérables de différents polluants atmosphériques sont émises non seulement par le trafic routier, mais encore par les moteurs mobiles les plus divers généralement utilisés ailleurs que sur les routes, c'est-à-dire par le trafic non routier. La Suisse doit connaître le plus précisément possible l'état actuel des émissions de ce secteur. Elle en a besoin, notamment pour dresser son inventaire annuel des gaz à effet de serre, obligation qui lui incombe en vertu du Protocole de Kyoto, ou pour disposer des bases nécessaires à l'élaboration de programmes de mesures en vue de lutter contre la pollution de l'air. Telles sont les raisons qui ont poussé l'OFEV à actualiser la banque de données des émissions du secteur non routier datant de 2008 (OFEV 2008) et utilisée jusqu'à présent.

Sources d'émissions

Le secteur non routier englobe toutes les machines et tous les engins mobiles équipés d'un moteur à combustion et ne servant pas à transporter des personnes ou des marchandises par la route. Pour les calculs, ces machines et engins ont été répartis en huit groupes:

- machines de chantier,
- industrie,
- machines agricoles,
- exploitation forestière,
- horticulture/loisirs,
- bateaux,
- rail,
- armée.

Le terme «non routier» remplace le terme «offroad» utilisé dans l'étude précédente, et cela, pour diverses raisons: premièrement, «offroad» suggère que les émissions considérées sont exclusivement produites en dehors des routes; or certains véhicules non routiers tels que tracteurs ou machines de chantier circulent épisodiquement sur la route et portent donc aussi des plaques minéralogiques. Deuxièmement, «non routier» est actuellement la dénomination usuelle de ce secteur employée au niveau international. Enfin, cela évite l'association incorrecte faite parfois avec les «offroaders», c'est-à-dire les voitures de tourisme tout-terrain.

Les machines et engins mobiles dotés d'un moteur électrique ne sont pas rangés dans le secteur non routier au sens classique du terme. Néanmoins, la présente étude les recense du fait que l'on observe depuis quelques années un remplacement graduel des moteurs à combustion par des moteurs électriques dans certaines catégories d'engins, en raison tout à la fois de l'amélioration de la technologie des batteries (accus) et de considérations de santé publique. Cela garantit que l'inventaire continuera à recenser la

totalité de la consommation d'énergie des catégories d'engins considérées. Aucune émission polluante n'est portée au débit des engins électriques étant donné que le rapport cible exclusivement les émissions directes et ne comptabilise pas les émissions générées par la production de courant ou de carburant.

Outre les engins électriques, le présent inventaire admet les nouvelles catégories de machines suivantes, qui ne faisaient pas partie de l'étude précédente (OFEV 2008):

- génératrices utilisées dans l'industrie et l'artisanat,
- véhicules et machines mobiles en usage dans le périmètre aéroportuaire (espace airside),
- bateaux à marchandises sur le Rhin.

Polluants atmosphériques

Comme dans l'étude précédente, le présent rapport a calculé les émissions des quatre polluants atmosphériques «classiques», à savoir:

- monoxyde de carbone (CO),
- hydrocarbures (HC),
- oxydes d'azote (NO_x),
- particules fines (PM),

ainsi que celles du gaz à effet de serre

- dioxyde de carbone (CO_2).

Toutes sont exprimées en tonnes par année (t/a).

En complément de l'étude précédente, on trouvera aussi dans ce rapport les émissions de polluants atmosphériques non réglementés suivants:

- composants des hydrocarbures:
- méthane (CH_4)
- hydrocarbures non méthaniques (NMHC, correspondent à la différence entre HC et CH_4)
- benzène (C_6H_6)
- protoxyde d'azote (N_2O)

Méthode de calcul

Les calculs d'émissions reposent essentiellement sur deux groupes de paramètres:

- les effectifs, les heures de service et les puissances nominales des machines et des engins non routiers;
- les facteurs de charge, les coefficients d'émission et les facteurs de correction appliqués à ces machines et engins.

Pour chaque type de machine et pour chaque polluant, on obtient les émissions totales en multipliant les heures de service par les coefficients d'émission correspondants, puis en additionnant les résultats.

Les coefficients d'émission des polluants atmosphériques dépendent beaucoup du type de machine et de son mode d'exploitation. Au contraire, les émissions de CO_2 sont une conséquence directe de la consommation de carburant, et directement corrélées à celle-ci par des facteurs de conversion fixes.

Effectifs, heures de service et consommation d'énergie du secteur non routier en 2010

Le tab. 1 montre qu'en 2010, le secteur non routier est quantitativement dominé par les engins servant à l'horticulture/loisirs, qui y occupent une part de 80 %, et par les machines agricoles, qui représentent 11 % de l'effectif total.

L'image de la consommation d'énergie du secteur non routier est toute différente (tab. 2): du fait de leur nombre élevé d'heures de service et de leur grande puissance nominale, les machines de chantier représentent 33 % de la consommation totale d'énergie du secteur non routier. En dépit de leur grand nombre, les engins du groupe horticulture/loisirs ne représentent que 3 % de cette consommation. En revanche, les machines agricoles accaparent 29 % de l'énergie consommée par ce secteur.

Tab. 1 > Effectifs et heures de service du secteur non routier en 2010

Effectifs et heures de service des groupes d'émetteurs du secteur non routier en 2010, valeurs arrondies.

Groupe de machines	Effectifs de machines [-]	Heures de service [mio. h/a]	Heures de service/machine [h/a]
Mach. de chantier	57'100	23,8	420
Industrie	69'800	47,5	680
Agriculture	319'000	33,0	100
Exploitat. forestière	11'900	2,3	190
Horticulture/loisirs	2'320'000	149,7	60
Bateaux	95'100	3,4	40
Rail	700	0,5	780
Armée	13'100	0,9	70
Total secteur non routier	**2'890'000**	261,1	**90**

Tab. 2 > Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010

Effectifs et heures de service des groupes d'émetteurs du secteur non routier en 2010, valeurs arrondies.

Groupe de machines	Consommation de carburant [t/a]			Consommation d'électricité [GJ]	Consommation totale d'énergie [PJ]
	Diesel[1]	Essence	Gaz liquide		
Mach. de chantier	135'800	2'561	-	-	5,92
Industrie	57'200	2'610	5'840	799	3,57
Agriculture	106'700	14'390	-	-	5,18
Exploitat. forestière	7'460	1'770	-	-	0,39
Horticulture/loisirs	-	10'560	-	122	0,57
Bateaux	24'010	12'586	-	-	1,56
Rail	11'500	-	-	-	0,49
Armée	5'990	426	-	-	0,27
Total secteur non routier	**348'700**	**44'900**	**5'840**	**921**	**18,0**

Émissions polluantes du secteur non routier en 2010

La fig. 1 met en évidence les parts respectives des différents groupes d'émetteurs aux émissions du secteur non routier pour les quatre polluants réglementés, à savoir le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines (PM). Les groupes de machines et d'engins qui produisent le plus d'émissions varient d'un polluant à l'autre.

Dans le cas du monoxyde de carbone (CO) et des hydrocarbures (HC), ce sont les machines agricoles qui sont responsables de la plus grande partie des émissions (resp. 41 % et 37 %, voir aussi le tab. 3). Cela est surtout dû aux faucheuses à un essieu utilisées dans l'agriculture, car elles ont une puissance nominale relativement grande et présentent en outre des facteurs de charge élevés. Cela dit, les engins de jardin et ceux utilisés dans l'exploitation forestière contribuent eux aussi pour une part importante aux émissions de CO et de HC (engins de jardin 28 % des émissions de CO et 24 % de celles de HC, engins forestiers 5 % des émissions de CO et 8 % de celles de HC). Cela tient à la forte présence des moteurs à essence dans ces groupes d'engins.

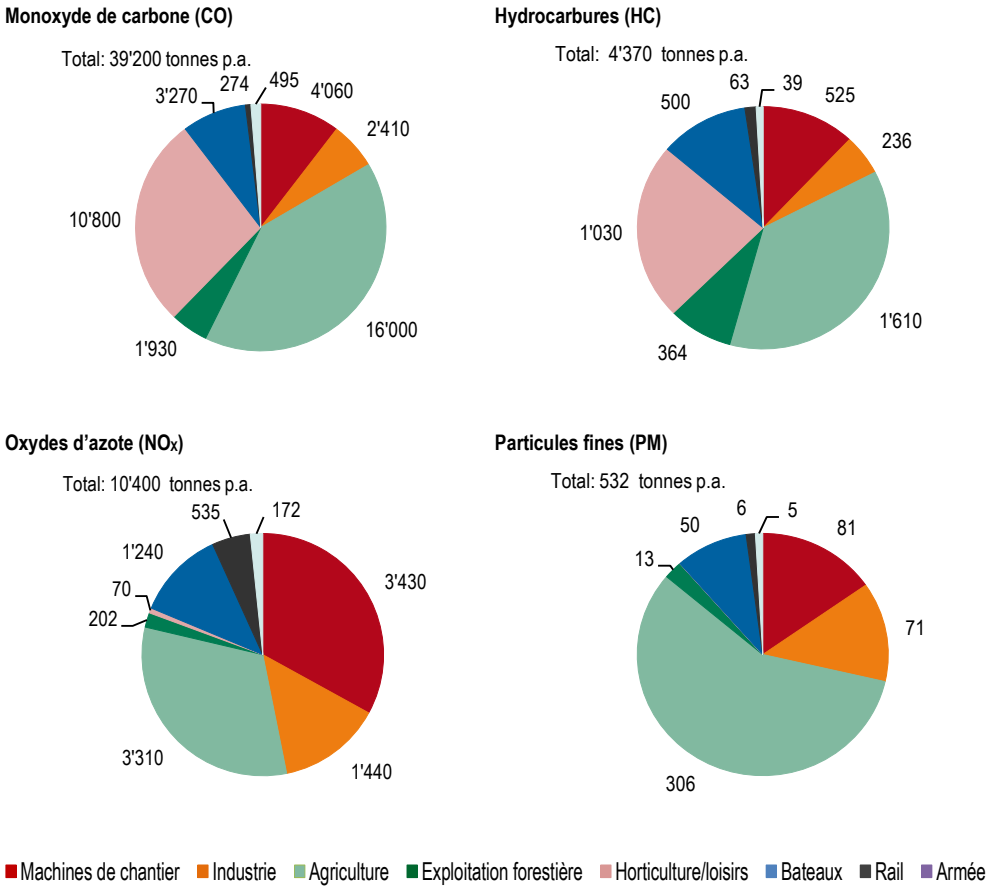
Pour ce qui est des oxydes d'azote (NO_x), les machines de chantier (33 % des émissions du secteur non routier) et les machines agricoles (32 %) sont de loin les plus grandes sources d'émissions. Toutefois, l'industrie (14 %) et les bateaux (12 %), ainsi que, dans une moindre mesure, le rail (5 %) occasionnent une part significative des émissions de NO_x du secteur non routier.

S'agissant des particules fines, c'est actuellement l'agriculture qui est de loin la principale responsable des émissions du secteur non routier avec 58 %. En 2005, les machines de chantier produisaient à peu près autant d'émissions de particules que les machines agricoles (OFEV 2008). Grâce, notamment, à l'obligation d'installer des

[1] Pour les bateaux, y compris le mazout nécessaire aux bateaux à vapeur

filtres à particules inscrite dans l'OPair (en vigueur depuis 2009), les particules fines émises par les machines de chantier ne représentaient plus, en 2010, que le quart de celles produites par l'agriculture, et cela, quand bien même les émissions de l'agriculture avaient diminué de 19 % dans la même période grâce à l'application accrue de nouvelles technologies.

Fig. 1 > Émissions de polluants réglementés dues au secteur non routier en 2010



Les valeurs sont indiquées dans le tab. 3.

Tab. 3 > Émissions de polluants réglementés dues au secteur non routier en 2010

Valeurs arrondies.

Groupe de machines	Monoxyde de carbone (CO) [t/a]	Hydrocarbures (HC) [t/a]	Oxydes d'azote (NO_x) [t/a]	Particules fines (PM) [t/a]	Dioxyde de carbone (CO_2) [t/a]
Machines de chantier	4'060	525	3'430	81	435'800
Industrie	2'410	236	1'440	71	203'200
Agriculture	16'000	1'610	3'310	306	381'300
Exploitat. forestière	1'930	364	202	13	29'000
Horticulture/loisirs	10'800	1'030	70	-	33'200
Bateaux	3'270	500	1'240	50	115'000
Rail	274	63	535	6	36'200
Armée	495	39	172	5	20'200
Total secteur non routier	**39'200**	**4'370**	**10'400**	**532**	**1'254'000**

La fig. 2 met en évidence l'apport relatif des différents groupes d'émetteurs aux émissions du secteur non routier pour les polluants non réglementés que sont les composants des hydrocarbures, le méthane (CH_4), les hydrocarbures non méthaniques (NMHC) et le benzène (C_6H_6), ainsi que le protoxyde d'azote (N_2O), l'ammoniac (NH_3) et le nombre de particules (PN).

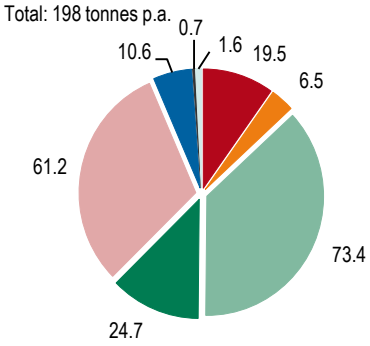
Pour ce qui est des composants des hydrocarbures, la part totale des différents groupes d'émetteurs est naturellement similaire à celle des hydrocarbures totaux. Elle se distingue cependant légèrement suivant les composants car les parts de chacun d'eux aux hydrocarbures totaux varient suivant le type de carburant et la technologie des moteurs. Ainsi, les engins de jardin contribuent plus aux émissions totales de méthane qu'aux hydrocarbures totaux (31 % pour le méthane contre 24 % pour les hydrocarbures totaux), du fait que ces engins sont très souvent équipés de moteurs à essence 2 temps et que ces derniers présentent des concentrations de méthane plus élevées dans les émissions d'hydrocarbures totaux (7 %) que les moteurs à essence 4 temps et les moteurs diesel (resp. 3,4 et 2,4 %). L'effet est par conséquent inversé pour les hydrocarbures non méthaniques.

Dans le cas du benzène, les engins de jardin, l'agriculture et l'exploitation forestière prennent une part plus élevée aux émissions totales qu'aux hydrocarbures totaux. Cela s'explique par le fait que, dans ces groupes sont généralement utilisés beaucoup de moteurs à essence et que ceux-ci, avec un apport de 0,8 % aux hydrocarbures totaux, même après l'introduction de la valeur limite abaissée du benzène dans l'essence en 2000, présentent des émissions spécifiques de benzène beaucoup plus élevées que les moteurs diesel avec 0,15 % des hydrocarbures totaux. L'utilisation d'essence alkylée sans benzène, de plus en plus fréquente surtout dans l'exploitation forestière, mais aussi dans d'autres champs d'application n'est pas prise en considération.

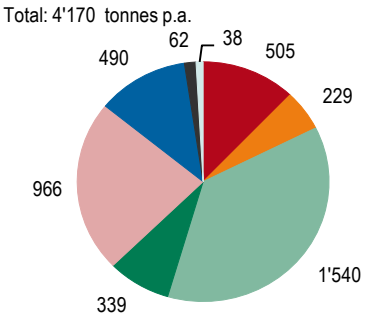
Les machines de chantier sont les plus importantes émettrices de protoxyde d'azote, suivies de l'agriculture et de l'industrie. Cela tient au fait que les moteurs diesel et les moteurs à essence 4 temps, les plus représentés dans ces groupes, ont des émissions spécifiques environ trois fois plus élevées que les moteurs 2 temps.

Fig. 2 > Émissions de polluants non réglementés du secteur non routier en 2010

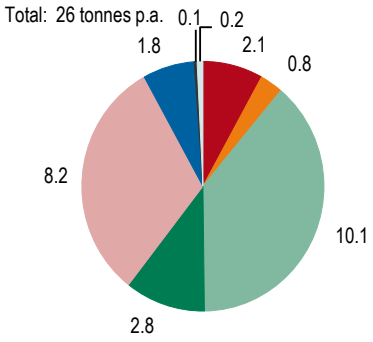
Méthane (CH_4)



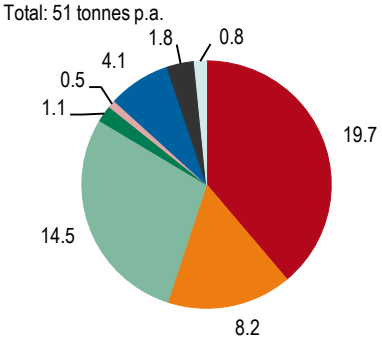
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)



Benzène (C_6H_6)



Protoxyde d'azote (N_2O)



Machines de chantier Industrie Agriculture Exploitation forestière Horticulture/loisirs Bateaux Rail Armée

Les valeurs sont indiquées dans le tab. 4.

Tab. 4 > Émissions de polluants non réglementés du secteur non routier en 2010

Valeurs arrondies.

Groupe de machines	Méthane (CH_4) [t/a]	Hydrocarbures non méthaniques (NMHC) [t/a]	Benzène (C_6H_6) [t/a]	Protoxyde d'azote (N_2O) [t/a]
Machines de chantier	20	505	2	20
Industrie	7	229	1	8
Agriculture	73	1'540	10	14
Exploitat. forestière	25	339	3	1
Horticulture/loisirs	61	966	8	–
Bateaux	11	490	2	4
Rail	1	62	–	2
Armée	2	38	–	1
Total secteur non routier	**198**	**4'170**	**26**	**51**

Évolution des émissions du secteur non routier (1980–2050)

L'évolution temporelle des émissions totales du secteur non routier ressort de la fig. 3. Celle-ci montre un accroissement des émissions de presque tous les polluants considérés jusqu'en 1995. Les émissions de benzène ont drastiquement régressé en raison de l'abaissement, instauré en l'an 2000, de la valeur limite pour cette substance dans l'essence. À partir de 2002, année de l'entrée en force des premiers niveaux d'émission de l'UE, les émissions de tous les polluants ont sensiblement diminué à l'exception du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote. Les plus touchées sont les émissions de particules, qui ont reculé de plus de moitié.

On s'attend à l'avenir à ce que cette baisse se poursuive pour la plupart des polluants, grâce au durcissement des valeurs limites et à l'amélioration technologique consécutive des moteurs. Seule croissance prévue, même si elle sera plus lente que par le passé, celle des gaz à effet de serre (CO_2 et N_2O). Les émissions de particules devraient enregistrer la plus importante diminution: on pronostique une baisse à 12 % de leur niveau de 2010 d'ici en 2030 et à 5 % de ce même niveau à l'horizon 2050. Ce recul est à mettre au compte, d'une part, des moteurs moins polluants et, d'autre part, de la consolidation croissante du marché des filtres à particules. S'agissant des pronostics, force est de relever que plus leur horizon est lointain, plus leur fiabilité baisse.

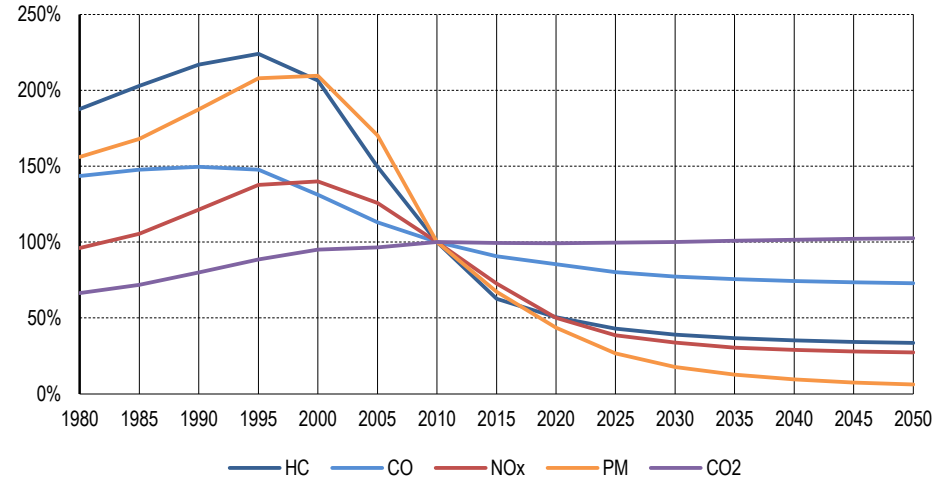
Fig. 3 > Évolution relative des émissions polluantes du secteur non routier comparativement aux valeurs de l'année 2010

a) Évolution relative des polluants réglementés et du CO_2
b) Évolution relative des polluants non réglementés

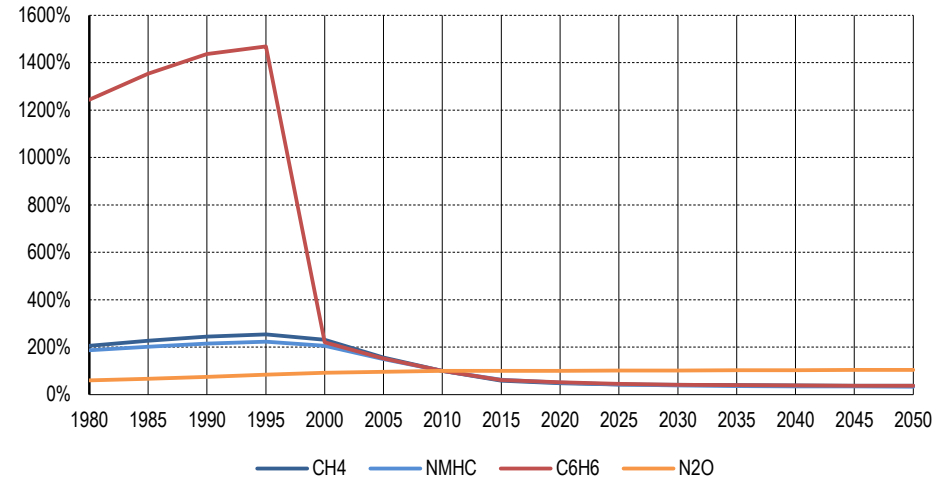
L'évolution des émissions polluantes est indexée sur l'année 2010.

*Le profil des émissions de particules (PM) repose sur une évolution de l'effectif des machines équipées de filtres à particules (selon fig. **23**).*

a)



b)



Les valeurs sont indiquées dans le Tab. 54, p. 186

Comparaison avec la consommation d'énergie et les émissions du trafic routier

Le tab. 5 compare la consommation de carburant et d'énergie ainsi que les émissions polluantes du secteur non routier et du trafic routier en 2010. Comparées à celles du trafic routier, les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures, d'oxydes d'azote et de microparticules du secteur non routier sont beaucoup plus élevées. Alors qu'il ne consomme que 9 % de l'énergie totale (non routier + routier), le secteur non routier est responsable de 20 % (hydrocarbures, NO_x) à 32 % (particules) des émissions polluantes totales.

Tab. 5 > Comparaison entre le secteur non routier et le trafic routier pour 2010

Valeurs arrondies.

	Secteur non routier [t/a]	Trafic routier [t/a]	Part du secteur non routier à la quantité totale (non routier + routier)
Consommation			
Diesel	348'700	1'726'600	17 %
Essence	44'900	2'807'100	2 %
Énergie	18 PJ	193 PJ	9 %
Émissions polluantes			
Monoxyde de carbone (CO)	39'200	124'200	24 %
Hydrocarbures (HC)	4'370	17'100	20 %
Oxydes d'azote (NO_x)	10'400	39'300	21 %
Particules fines (PM)	532	1'135	32 %
Dioxyde de carbone (CO_2)	1'254'000	14'373'100	8 %

Source: Trafic routier: OFEV 2010

Perspective

Les chiffres du présent rapport montrent que des efforts considérables seront encore nécessaires ces prochaines années pour lutter contre la pollution de l'air dans le secteur non routier. Les émissions de suie diesel, par exemple, pourront être massivement réduites grâce aux systèmes de filtres à particules. Certes, il apparaît que les normes européennes sur les gaz d'échappement (niveaux UE IIIB et UE IV) pourront être respectées non seulement au moyen de filtres à particules, mais encore grâce à des technologies alternatives telles que la SCR («selective catalytic reduction»); l'entrée en vigueur des prescriptions du niveau UE V à partir de 2019 nécessitera cependant d'équiper de filtres à particules toutes les machines diesel de 19 à 560 kW. En Suisse, ces filtres sont obligatoires sur les machines de chantier en activité depuis l'entrée en force de l'OPair 2009. Quant aux autres groupes de machines qui ne sont pas encore soumises à cette obligation, leurs émissions de poussières fines ne commenceront à reculer que nettement plus tard.

1 > Situation initiale

En dépit d'une législation sur la protection de l'air toujours plus sévère, les émissions de polluants significatifs pour la qualité de l'air demeurent trop élevées. Une grande partie de ces émissions a pour origine le trafic routier motorisé, mais le secteur appelé non routier y contribue aussi pour une part importante. Ce secteur rassemble toutes les machines et tous les engins mobiles opérant en plein air, et qui ne sont pas destinés à transporter des personnes ou des marchandises par la route. Selon la définition classique, le secteur non routier n'englobait que les machines et les engins équipés d'un moteur à combustion; étant donné le remplacement graduel de ces moteurs par des moteurs électriques dans certaines catégories d'engins, la présente étude recense aussi les engins électriques correspondants.

Afin de continuer à améliorer la qualité de l'air, l'OFEV et plusieurs cantons et communes mettent en application ou proposent des directives et des programmes de mesures de lutte contre la pollution de l'air dans le secteur non routier. À cet effet, ils ont pris pour référence le rapport UW-0828 publié par l'Office fédéral de l'environnement en 2008 (OFEV 2008) portant sur les émissions polluantes et la consommation de carburant du secteur non routier. Les chiffres de ce rapport n'étant plus d'actualité, de nouvelles données sont nécessaires.

2 > Objectif

Le but du présent rapport est de calculer les valeurs actuelles des émissions de polluants atmosphériques et de la consommation de carburant du secteur non routier en Suisse.

Ces calculs doivent être effectués pour huit groupes de machines et d'engins: machines de chantier, industrie, agriculture, exploitation forestière, horticulture/loisirs, bateaux, rail et armée.

Au vu de l'amélioration de la technologie des accumulateurs et pour des considérations de santé publique, on observe depuis quelques années le remplacement graduel des moteurs à combustion par des moteurs électriques dans certaines catégories d'engins. La présente étude se doit donc de recenser aussi les engins électriques correspondants, afin d'assurer que l'inventaire continuera à comptabiliser la totalité de la consommation d'énergie des catégories d'engins considérées. Aucune émission polluante n'est portée au débit des engins électriques étant donné que le rapport se concentre sur les émissions directes et ne calcule pas les émissions générées par la production de courant ou de carburant.

Le rapport doit couvrir la période commençant en 1980, proposer des prévisions jusqu'en 2050 et s'articuler autour de l'année 2010. Il doit donner une bonne vue d'ensemble du secteur non routier, tout en servant de base objective pour l'évaluation de mesures pouvant contribuer à réduire la pollution de l'air.

3 > Démarche

Les données du secteur non routier utilisées actuellement proviennent de l'inventaire de l'année 2008, documenté dans le rapport UW-0828 de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV 2008), lequel actualisait le premier calcul datant de 1996 (OFEFP 1996). Les bases de calcul utilisées dans ce rapport ont été actualisées lors des travaux préliminaires à la présente publication, à savoir l'actualisation des effectifs de machines et d'engins et de leurs heures de service, la révision des données de base servant au calcul des coefficients d'émission ainsi que l'amélioration et l'affinage de la méthode de calcul.

Il était devenu nécessaire d'examiner les structures quantitatives (effectifs et heures de service) sur la base de nouvelles données statistiques et des estimations d'experts, et de les réajuster le cas échéant. L'annexe A2 (page 141) donne un aperçu des définitions et des données de base utilisées.

La révision des données de base des émissions s'est révélée nécessaire en raison de l'entrée en vigueur, en 2008, de nouvelles prescriptions européennes sur les gaz d'échappement des nouveaux moteurs non routiers. Ces prescriptions exigent une amélioration permanente de ces moteurs au vu de leurs émissions polluantes spécifiques. Il fallait répercuter cette évolution dans le calcul des coefficients d'émission.

Enfin, on a amélioré et affiné ponctuellement la méthode de calcul comparativement à celle du rapport UW-0828, afin de pouvoir y intégrer de nouvelles connaissances (p. ex. l'influence des filtres à particules sur les émissions de moteurs plus récents).

4 > Méthode

4.1 Principe

Les calculs des émissions du secteur non routier reposent essentiellement sur deux éléments:

- structures quantitatives, à savoir les effectifs et les heures de service, différenciés par catégorie de machine, type de moteur, classe de puissance et année de construction.
- coefficients d'émission: des coefficients d'émission, qui pondèrent leurs émissions polluantes en g/kWh, sont attribués aux machines, suivant le type de moteur dont elles sont équipées et leur année de construction. Ces coefficients sont subdivisés en niveaux d'émission qui couvrent la période (d'après l'année de construction) durant laquelle des coefficients d'émission donnés sont caractéristiques. Pour les machines plus récentes, les niveaux d'émission correspondent à la période à partir de laquelle des valeurs limites bien précises sont contraignantes pour des machines neuves.

Sur la base de ces deux familles de données (structures quantitatives, coefficients d'émission), il est alors possible de calculer les émissions par segment de machines (machines de même catégorie, de même type et de même classe de puissance ainsi que d'année de construction similaire, auxquelles peuvent être attribués les mêmes coefficients d'émission) avec la formule suivante (exposée en détail dans l'annexe A1 à la page 138):

$$Em = N \cdot H \cdot P \cdot \lambda \cdot \varepsilon \cdot CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3$$

où

- Em = émission par type de machine, pour chaque polluant ou niveau d'émission (en g ou t/a)
- N = effectif des engins (nombre)
- H = nombre d'heures de service (h/a)
- P = puissance nominale moyenne (kW)
- λ = facteur de charge effectif (sans dimension)
- ε = coefficient d'émission (g/kWh)
- CF_1 = facteur de correction tenant compte de l'écart entre la charge effective et la charge normale dans le cycle sur lequel est basé le coefficient d'émission (sans dimension)
- CF_2 = facteur de correction tenant compte de l'utilisation dynamique de la machine (sans dimension)
- CF_3 = facteur de correction tenant compte de l'usure d'une machine (sans dimension)

En additionnant les émissions de tous les segments de machines pour chaque année de référence, on peut déterminer les émissions annuelles totales du secteur non routier.

La méthode de calcul indiquée plus haut se rapporte aux polluants atmosphériques «classiques», à savoir monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures (HC), oxydes d'azote (NO_x) et particules fines (PM). Les coefficients d'émission utilisés à cet effet dépendent des machines et de leur exploitation.

En revanche, les émissions de CO_2 résultent directement de la consommation de carburant. Les facteurs de conversion correspondants sont indiqués au tab. 44 à la page 172.

Les émissions de polluants atmosphériques non réglementés sont calculées de la manière suivante:

- composants des hydrocarbures (méthane, hydrocarbures non méthaniques, benzène): ils sont calculés comme parts différenciées aux hydrocarbures (HC) suivant le type de carburant et la technologie des moteurs. Pour le benzène, on fait en outre la distinction entre les périodes antérieure et postérieure à 2000, puisque c'est cette année-là qu'est entrée en force la valeur limite de 1 % frappant la teneur maximale en benzène de l'essence. Les facteurs de conversion utilisés entre les HC et leurs composants sont indiqués à l'annexe A4 à partir de la page 154 dans les notes de bas de page associées aux différents tableaux des coefficients d'émission.
- protoxyde d'azote (N_2O): pour ce gaz, on utilise des coefficients d'émission en g/kWh différenciés en fonction de la technologie des moteurs. Ceux-ci peuvent également être consultés à l'annexe A4, à partir de la page 154.

4.2 Modélisation des effectifs de machines et d'engins

4.2.1 Structure

La structure quantitative des machines et des engins du secteur non routier a été établie en collaboration avec des groupes d'experts spécialisés (voir annexe A14, page 229). Les machines et les engins ont été classés dans les huit «groupes de machines» suivants, conformément aux définitions du CORINAIR[2]:

- machines de chantier,
- industrie,
- machines agricoles,
- exploitation forestière,
- horticulture/loisirs,
- bateaux,
- rail,
- armée.

Ces huit groupes sont subdivisés eux-mêmes en catégories, types de moteurs et classes de puissance (fig. 4). Les classes de puissance sont parfois spécifiques à des types de moteurs ou à des catégories. Les ensembles formés par ces subdivisions sont appelés

[2] CORINAIR (**COR**e **IN**ventory of **AIR** emissions) est un projet réalisé par le «European Topic Centre on Air Emissions» et l'Agence européenne de l'environnement (AEE). Son but est de récolter, actualiser et publier des informations sur des émissions dans l'atmosphère au moyen d'un système européen d'inventaire et de banque de données d'émissions.

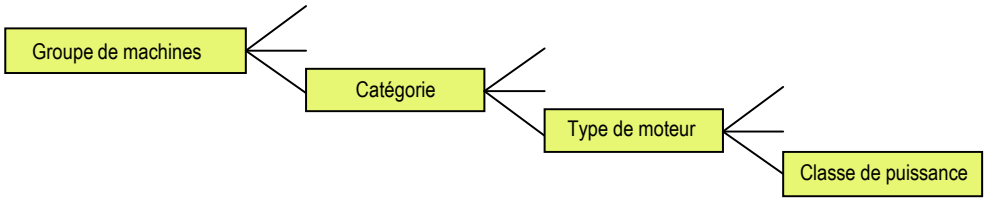
segments. Par ailleurs, la banque de données du secteur non routier établit une répartition par âge pour chaque segment. À l'aide de cette répartition, on peut déterminer, dans le calcul des émissions, quels sont les niveaux doivent être attribués à quels engins.

L'annexe A2 (page 141) renferme une liste de toutes les catégories par groupe de machines.

Outre les engins électriques désormais intégrés dans l'inventaire non routier en raison du remplacement progressif des moteurs à combustion par des moteurs électriques (voir chap. 2, page 21), le présent inventaire contient aussi les nouvelles catégories de machines suivantes qui ne figuraient pas encore dans l'étude précédente (OFEV 2008):

- génératrices utilisées dans l'industrie et l'artisanat (auparavant, seules les génératrices opérant dans la construction étaient prises en considération)
- véhicules et machines mobiles en usage dans le périmètre aéroportuaire (espace airside)
- bateaux de transport de marchandises sur le Rhin

Fig. 4 > Segmentation de la banque de données du secteur non routier à l'exemple de la composition d'un segment de machines ou d'engins



4.2.2 Relevé

Pour l'évolution des effectifs et des heures de service entre 1980 et 2000, on a eu recours à la banque de données non routières actuelle (OFEV 2008, structure quantitative selon EWI 2005). Dans certains cas isolés seulement, on a adapté rétroactivement les effectifs ou les heures de service, lorsque des informations plus récentes étaient à disposition et induisaient des corrections.

Plusieurs voies ont été suivies pour réunir les données nécessaires pour la période de 2000 à 2014. Dans la mesure où elles existaient, on a exploité les statistiques disponibles en Suisse et à l'étranger, par exemple la banque de données du Contrôle fédéral des véhicules (MOFIS), les données de base de l'inventaire de la Société suisse des entrepreneurs (SSE 2013), le Recensement des entreprises agricoles effectué périodiquement ou la statistique des importations/exportations de la Confédération (Swiss-Impex, AFD 2014). Les études de marché (Off-Highway Research 2005, 2008, 2012) ont été une importante source d'information sur l'évolution des effectifs de machines de chantier et de tracteurs. Par ailleurs, on a consulté les sites internet de fabricants, envoyé des questionnaires à des importateurs et à des exploitants, et analysé les de-

mandes de remboursement de l'impôt sur les huiles minérales ainsi que les demandes d'utilisation d'huile de chauffage adressées à la Direction générale des douanes (DGD). Des groupes d'experts ont été créés pour les différents groupes de machines et d'engins. Du fait de la base de données relativement modeste utilisée dans les statistiques existantes, ces groupes d'experts ont effectué des estimations sur la base des données évaluées et des expériences de leurs membres. Dans la plupart des cas, les répartitions par âge ont été reprises du EWI (2005); elles n'ont été adaptées que dans quelques cas précis.

Les pronostics à l'horizon 2050 se fondent sur diverses valeurs clés:

- Construction, industrie: prévisions relatives à l'évolution de la valeur ajoutée brute des secteurs considérés jusqu'en 2030 (UTP 2012), ainsi que poursuite de cette évolution compte tenu de la croissance démographique pronostiquée («scénario médian» de l'Office fédéral de la statistique, OFS 2014). Pour les machines de chantier, l'évolution de l'activité globale (en kWh) liée à la poursuite de la tendance des différents groupes de machines coïncide très bien avec l'évolution pronostiquée de la valeur ajoutée brute. Dans le groupe de l'industrie, l'évolution des effectifs et des heures de service se situe cependant nettement en dessous de l'évolution de la valeur ajoutée brute. La raison en est que cette dernière reflète l'évolution de l'ensemble de l'industrie, tandis que l'inventaire non routier se limite aux machines et aux engins mobiles, dont les élévateurs à fourches et les dameuses de piste constituent une grande proportion. Les activités des élévateurs à fourches sont en léger recul actuellement, et celles des dameuses de piste croissent moins fortement que la valeur ajoutée brute de l'industrie.
- Agriculture: évolution de la surface agricole utile et poursuite de la tendance.
- Armée, rail: données respectives de la BLA (base logistique de l'armée), des CFF et du BLS jusqu'à l'horizon de leur planification, puis, poursuite des tendances avec un fléchissement croissant de la courbe.
- Autres secteurs: poursuite des tendances actuelles avec un fléchissement à partir de 2020.

Cette énumération montre que plus l'horizon des pronostics est lointain, plus leur fiabilité baisse. Il s'agit donc, dans le présent rapport, d'interpréter avec une grande prudence les données relatives aux structures quantitatives et aux émissions lorsque ces données sont valables pour plusieurs années.

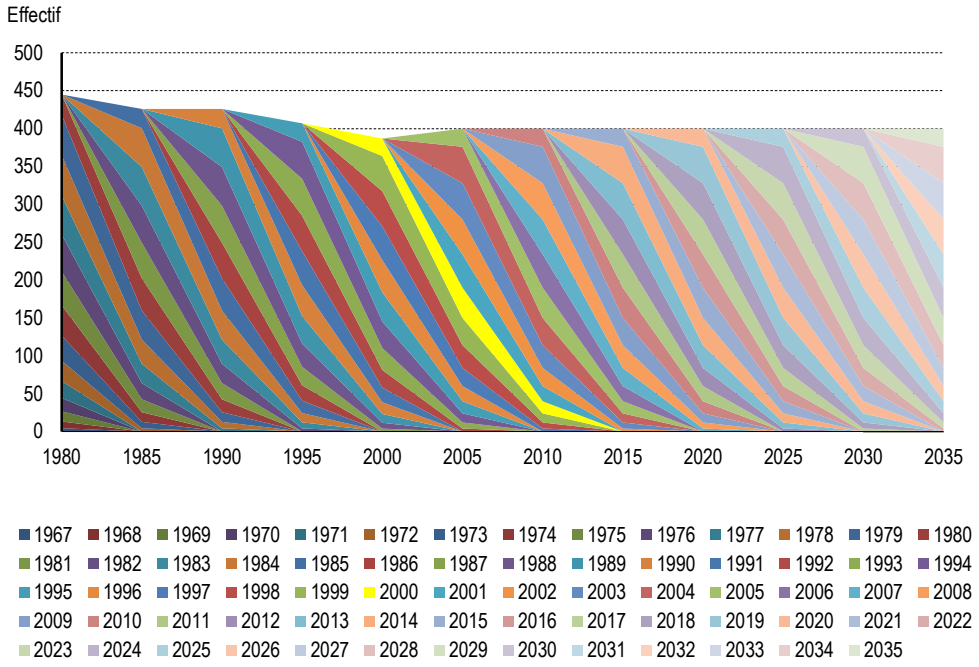
Les définitions et les bases de données par catégorie de machines sont réunies dans l'annexe A2 à partir de la page 141.

4.2.3 Modèle des effectifs

À partir de la répartition des machines et des engins par âge et de leurs effectifs, il est possible de calculer, pour les années considérées, des modèles spécifiques à chaque segment pour les diverses catégories de machines et d'engins. Ce modèle ordonne l'effectif des machines et engins d'un segment en fonction de l'âge ou de l'année de construction.

Fig. 5 > Modèle des effectifs à l'exemple des finisseuses de routes (groupe machines de chantier)

Répartition de l'effectif sur une année donnée en fonction de l'année de construction des machines. Le modèle des effectifs a été calculé pour des intervalles de cinq ans, sur la base des données tirées de la nouvelle banque de données non routières. C'est ce qui explique le profil discontinu des courbes.



Exemple de lecture: l'effectif des finisseuses de routes mises en circulation en 2000 (courbe jaune) est pris en compte de la manière suivante dans le modèle (voir aussi la fig. 7 concernant la répartition par âge): en 2000, avec 23 véhicules, on considère la moitié des véhicules mis en circulation cette année-là, parce qu'en moyenne annuelle, la moitié des nouvelles immatriculations est présente si l'on considère que les véhicules sont mis en circulation à intervalle régulier tout au long de l'année. 40 véhicules sur les 46 mis en circulation en l'an 2000 sont encore en service en 2005, et 16 le sont encore en 2010. En 2015, toutes les finisseuses de routes mises en circulation en 2000 sont déjà retirées de la circulation.

4.2.4 Heures de service

Dans la structure quantitative, les heures de service ont été indiquées par classes de puissance pour toutes les catégories de machines. En outre, des hypothèses ont été faites à propos de l'évolution des heures de service des machines et engins des différentes classes de puissance sur la période considérée. On a admis ainsi que la durée d'utilisation d'une machine augmente avec sa puissance. Cette estimation repose sur les données tirées du EWI (2005), sur les données de base d'inventaire de la Société suisse des entrepreneurs (SSE 2013), les expériences des membres des groupes

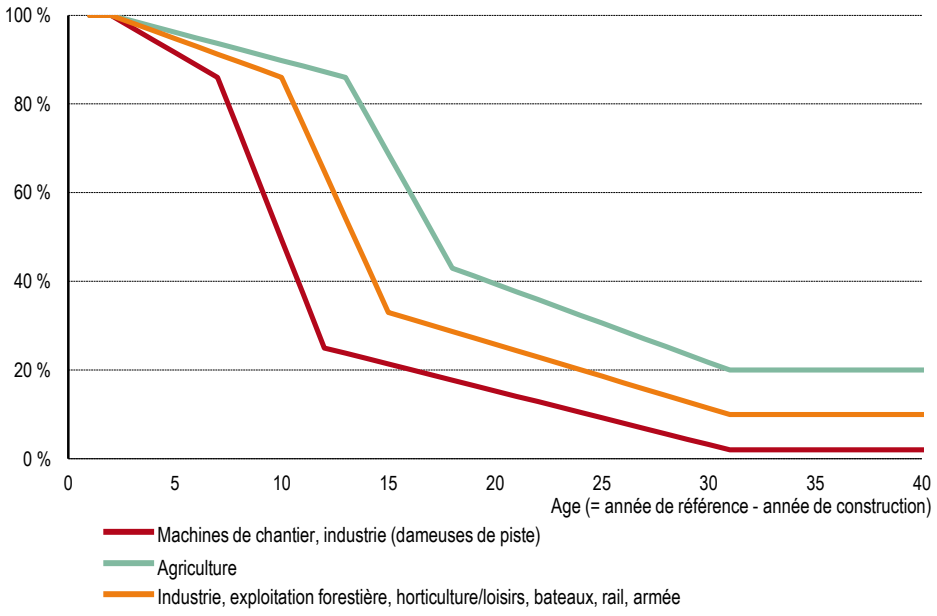
d'experts (annexe A14, page 229) ainsi que d'autres données tirées de la littérature (IFEU 2004).

4.2.5 Relation entre heures de service et âge

Les machines récentes sont davantage utilisées que les plus anciennes. Le modèle tient compte de ce fait par le biais d'une fonction décrivant la relation entre les heures de service des machines et leur âge. On admet que cette relation est plus forte pour les machines de chantier que pour toutes les autres catégories. Ces fonctions sont présentées à la fig. 6.

Fig. 6 > Diminution des heures de service annuelles d'une machine en fonction de son âge

Relation entre heures de service et âge d'une machine selon OFEFP 1994.

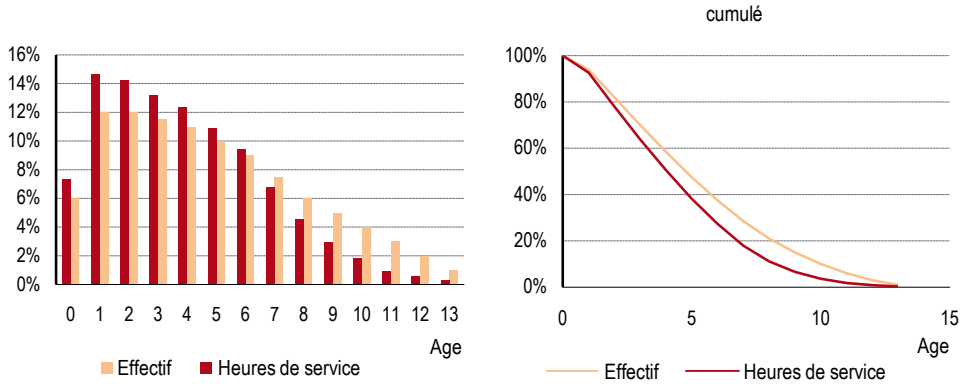


4.2.6 Répartition des effectifs et des heures de service par âge

À l'exemple des tombereaux (groupe des machines de chantier), la fig. 7 reproduit le profil des effectifs et des heures de service en fonction de l'âge de ces engins. Ce profil varie en fonction de la catégorie de machines et de la classe de puissance. Étant donné que les heures de service dépendent de l'âge des machines (voir fig. 6), la répartition des heures de service selon l'âge est différente de celle des effectifs.

Fig. 7 > Répartition des effectifs et des heures de service des excavatrices hydrauliques et des tombereaux selon leur âge

Année de référence 2010.



Exemple de lecture de la figure de gauche: les machines âgées de 2 ans représentent 12 % de l'effectif et 14 % des heures de service.
Figure de droite: les engins de plus de 8 ans représentent 20 % de l'effectif et 10 % des heures de service accomplies.

4.3 Données de base des émissions

4.3.1 Valeurs limites d'émission

Les données de base des émissions (valeurs limites d'émission, niveaux d'émission, coefficients d'émission et de consommation, ainsi que d'autres paramètres) varient d'une catégorie de machines et d'un type de moteur à l'autre. A priori, on identifie les groupes suivants:

- machines diesel (sans les bateaux et le rail),
- petits engins à essence,
- bateaux,
- véhicules ferroviaires.

Cette subdivision est issue, d'une part, du type de construction des moteurs et, d'autre part, des distinctions faites dans la législation. Dans la législation de l'Union européenne (EU) sur les émissions, les machines à moteur diesel sont réunies dans les groupes «machines de chantier», «industrie», «exploitation agricole et forestière» ainsi que «armée». Dans l'UE, les moteurs diesel équipant des «bateaux» ou des «véhicules ferroviaires» sont soumis à des valeurs limites d'émission distinctes, dans le cadre de la même directive UE 97/68/CE (EC 1997). C'est la raison pour laquelle leurs données de base relatives aux émissions sont traitées séparément.

En Suisse, les machines et engins du secteur non routier ne sont soumis que partiellement à la législation sur les émissions (p. ex. machines de chantier en vertu des modifications de l'OPair du 19 septembre 2008). Dans les pages suivantes, on admet néanmoins, en raison de la taille réduite du marché, que les machines et les engins mis en service en Suisse respectent tous les valeurs limites de l'UE.

Machines à moteur diesel (sans bateaux et rail)

Les moteurs diesel sont très nombreux dans le secteur non routier. À la différence du trafic routier, les lois limitant les émissions polluantes de ces moteurs dans le secteur non routier ne sont en vigueur que depuis 2001 au sein de l'UE. Depuis lors, les machines du secteur non routier mises en circulation dans l'UE doivent respecter les valeurs limites d'émission de la directive UE 97/68/CE (EC 1997). Ces limites sont subdivisées en niveaux (UE I à UE V), dont le but est de réduire progressivement les émissions polluantes. Le tab. 6 en énumère quelques-unes.

S'agissant de la mise en vigueur des valeurs limites d'émission des divers niveaux, des différences existent d'une part entre les machines de chantier, les machines industrielles et les véhicules militaires et, d'autre part, entre les machines agricoles et les engins forestiers. Le tab. 7 récapitule les années de l'entrée en force des valeurs limites d'émission. Les valeurs et les années d'entrée en force du niveau UE V sont une proposition de la commission; elles ne sont pas encore en vigueur.

Tab. 6 > Valeurs limites d'émission de l'UE pour les machines diesel non routières (en g/kWh)

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs limites pour la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ($HC+NO_x$); les valeurs limites d'émission pour le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC) ainsi que pour les bateaux, véhicules ferroviaires et engins à essence sont indiquées à l'annexe A3 à partir de la page 146.

Classe de puissance	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Oxydes d'azote (NO_x)						
<18 kW[3]	-	-	-	-	-	(7,5)
18–37 kW	-	8,0	(7,5)	-	-	(4,7)
37–56 kW	9,2	7,0	(4,7)	(4,7)	-	(4,7)
56–75 kW	9,2	7,0	(4,7)	3,3	0,4	0,4
75–130 kW	9,2	6,0	(4,0)	3,3	0,4	0,4
130–560 kW	9,2	6,0	(4,0)	2,0	0,4	0,4
>560 kW	-	-	-	-	-	3,5
Particules fines (PM)						
<18 kW	-	-	-	-	-	0,4
18–37 kW	-	0,8	0,6	-	-	0,015
37–56 kW	0,85	0,4	0,4	0,025	-	0,015
56–75 kW	0,85	0,4	0,4	0,025	0,025	0,015
75–130 kW	0,7	0,3	0,3	0,025	0,025	0,015
130–560 kW	0,54	0,2	0,2	0,025	0,025	0,015
>560 kW	-	-	-	-	-	0,045

Source: EC 1997, EC 2014

Petits engins à essence

Pour ce qui est des données de base des émissions des petits engins à essence (tronçonneuses, tondeuses à gazon, pilonneuses/vibreuses, etc.), distinction doit être faite entre engins à moteur à 4 temps et les engins à moteur à 2 temps. La législation sur les émissions différencie les petits engins à main et les grands engins non portables. Dans le présent rapport, cette distinction est assimilée à la distinction faite entre moteurs à 2 temps et moteurs à 4 temps.

Les premières valeurs limites d'émission de l'UE sont entrées en vigueur en 2004 pour une grande partie des petits engins (tab. 32 et tab. 34, resp. p. 159 et 161). Elles visent en premier lieu à réduire les émissions d'hydrocarbures. À partir du niveau II de l'UE s'appliquent aux moteurs à 2 temps (engins à main) des valeurs limites d'émission similaires à celles qui régissent les moteurs à 4 temps (engins non portables). On ne tient pas compte des exceptions concernant certaines catégories d'engins en raison de leur faible nombre.

[3] La limite des classes de puissance se situe à 19 kW pour certains niveaux UE.

Tab. 7 > Année d'entrée en vigueur des valeurs limites de l'UE applicables aux machines diesel

Les valeurs ont été arrondies à l'année considérée.

Classe de puissance	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Machines de chantier, machines industrielles, véhicules militaires						
<18 kW	-	-	-	-	-	2019
18–37 kW	-	2002	2007	-	-	2019
37–56 kW	2002	2004	2008	2013	-	2019
56–75 kW	2002	2004	2008	2012	2014	2020
75–130 kW	2002	2003	2007	2012	2014	2020
130–560 kW	2002	2002	2006	2011	2014	2019
>560 kW	-	-	-	-	-	2019
Machines agricoles et engins forestiers						
<18 kW	-	-	-	-	-	2019
18–37 kW	-	2003	2007	-	-	2019
37–56 kW	2003	2004	2008	2013	-	2019
56–75 kW	2003	2004	2008	2012	2014	2020
75–130 kW	2003	2004	2007	2012	2014	2020
130–560 kW	-	2003	2006	2011	2014	2019
>560 kW	-	-	-	-	-	2019

Source: EC 1997, EC 2014

Bateaux

La législation sur les émissions distingue deux groupes de bateaux:

- bateaux,
- bateaux de plaisance et bateaux de sport.

Les grands bateaux sont exclusivement propulsés par des moteurs diesel en raison de leur taille. Les autres sont équipés de moteurs diesel ou de moteurs à essence.

Le règlement de la navigation sur le lac de Constance (RNC) avait déjà édicté des valeurs limites d'émission en 1993 pour les bateaux. Ces valeurs ont été intégrées dans l'ordonnance sur les prescriptions relatives aux gaz d'échappement des moteurs de bateaux dans les eaux suisses (OEMB), et sont contraignantes pour toutes les eaux suisses depuis 1995. En 1996, les prescriptions sur les gaz d'échappement appliquées sur le lac de Constance ont été renforcées par un deuxième niveau, qui n'a toutefois jamais été repris dans l'OEMB, et qui n'a donc pas valeur obligatoire dans les autres lacs suisses.

L'OEMB a été révisée en 2007, dans le sillage de l'harmonisation européenne. Depuis, sont aussi admis sur les lacs suisses les bateaux de plaisance et les bateaux qui satisfont aux dispositions de la directive UE 2003/44/CE. Les valeurs limites d'émission de la directive UE sont moins sévères pour les bateaux à essence que le niveau I de l'OEMB valable jusqu'à présent. Mais en Suisse, les bateaux à moteur à 2 temps restent soumis aux mêmes valeurs limites d'émission que ceux qui sont équipés de moteurs à 4 temps.

Les bateaux d'une puissance >37 kW, utilisés à des fins commerciales (à savoir bateaux de transport de passagers, ferries et chalands), doivent respecter les valeurs limites d'émission du Règlement de visite des bateaux du Rhin, dont le premier niveau a valeur contraignante depuis 2003. Un second niveau est entré en vigueur en juillet 2007.

Depuis 2007, les bateaux à usage commercial peuvent en outre être homologués en vertu du niveau IIIA de la directive UE 97/68/CE.

Véhicules ferroviaires

Depuis les années 1980, l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) propose pour les véhicules ferroviaires des recommandations de limites d'émission qui n'ont toutefois pas un caractère obligatoire. Pour ces véhicules, l'UE a mis en vigueur en 2005 les prescriptions sur les gaz d'échappement de la directive UE 97/68/CE, dans laquelle les valeurs limites d'émission sont différentes pour les locomotives et les autorails, mais identiques pour les classes de puissance considérées ici.

4.3.2 Niveaux d'émission

Le modèle de calcul des émissions prend en compte la législation sur les émissions, c'est-à-dire l'amélioration permanente des émissions polluantes des moteurs par le biais des niveaux d'émission. À cet effet, une distinction plus poussée est faite des structures quantitatives de telle sorte que les machines ne sont plus seulement définies par groupes, catégories, types de moteur et classes de puissance, mais aussi en fonction de leur année de construction. De ce fait, on peut classer les machines soit en fonction des valeurs limites d'émission découlant de la législation en la matière, soit en raison de leur âge, dans le groupe des machines et engins non encore soumis à une telle législation.

Machines à moteur diesel (sans bateaux et rail)

Dans le modèle de calcul, les coefficients d'émission des machines diesel sont différenciés en fonction de divers niveaux d'émission, UE I à UE V correspondant aux directives de l'UE sur les émissions (p. ex. EC 1997; voir aussi tab. 28, page 154). Les machines plus anciennes sont classées dans deux niveaux différents. Cela permet de tenir compte du fait que, déjà avant l'introduction des valeurs limites, les progrès de la technologie des moteurs (p. ex. passage des moteurs à aspiration naturelle aux turbomoteurs) ont permis de réduire les émissions polluantes.

Petits engins à essence

Les niveaux d'émission des petits engins s'alignent sur les deux niveaux de la législation de l'UE sur les émissions. Les niveaux I et II sont entrés en force, respectivement, en 2004 et 2008. Les niveaux III et IV n'ont pas prescrit de nouvelles valeurs limites pour les petits engins; les valeurs limites du niveau II s'appliqueront donc jusqu'à l'entrée en vigueur du niveau V en 2019. Les engins d'un certain âge, qui n'étaient encore soumis à aucune législation en l'espèce, sont classés selon trois niveaux d'émission en fonction de leur âge (préUE). La subdivision en trois niveaux d'émission pour ces engins s'impose en raison de l'introduction tardive de valeurs limites d'émission pour les petits engins.

Bateaux

Pour la période de 1995 à 2003, les niveaux d'émission des moteurs de bateaux sont cadrés par les prescriptions de l'OEMB sur les gaz d'échappement. Le niveau II du règlement de la navigation sur le Lac de Constance (RNC) n'est pas considéré comme un niveau d'émission proprement dit dans la modélisation.

Les moteurs de bateau d'un certain âge qui ne sont soumis à aucune prescription sur les gaz d'échappement sont classés selon un seul niveau d'émission (préOEMB). Les bateaux à usage commercial construits à partir de 2003 (bateaux de passagers, ferries et chalands) obéissent aux deux niveaux d'émission du Règlement de visite des bateaux du Rhin (RVBR), et ceux construits à partir de 2007/2009, au niveau d'émission UE IIIA de la directive UE 97/68/CE. En 2019, le niveau V entrera également en force pour les bateaux; les niveaux IIIB et IV seront court-circuités.

Les bateaux de plaisance et les bateaux construits jusqu'en 2006 étaient soumis au niveau I de l'OEMB. Depuis 2007, ils doivent satisfaire au niveau I de la directive UE sur les bateaux de sport (2003/44/CE). Mais la Suisse applique aux moteurs 2 temps les valeurs limites des gaz d'échappement plus sévères en vigueur pour les moteurs à essence à 4 temps. Le niveau d'émission II du Règlement de la navigation sur le lac de Constance n'est pas explicitement pris en compte dans la modélisation des émissions car ce niveau n'est contraignant que pour le lac de Constance et seuls quelques bateaux y satisfont[4].

Rail

Depuis les années 1980, l'Union Internationale des Chemins de fer édicte des propositions de valeurs limites pour les moteurs diesel de véhicules ferroviaires. Elle propose trois niveaux d'émission pour les années de construction jusqu'en 2008 (UIC I à UIC III). Le calcul des émissions du présent rapport reprend les niveaux UIC I et UIC II. Le niveau UIC III n'est pas significatif étant donné que depuis 2006, ce sont les valeurs limites d'émission de l'UE qui s'appliquent aux moteurs diesel de ces véhicules ferroviaires (niveaux IIIA et IIIB). Dès 2019, les véhicules ferroviaires seront, eux aussi, soumis au niveau V; le niveau IV sera court-circuité. Les moteurs plus anciens sont rangés dans un niveau d'émission spécifique (préUE).

4.3.3 Coefficients d'émission

Les coefficients d'émission appliqués aux divers groupes de machines pour les polluants réglementés sont énumérés dans le tableau de l'annexe A4 à partir de la page 154. Il s'agit du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures (HC), des oxydes d'azote (NO_X) et des particules fines (PM). Chaque valeur du tableau (= coefficients d'émission) est imprimée sur un fond dont la couleur en précise l'origine.

Les coefficients d'émission appliqués aux polluants non réglementés sont également énumérés à l'annexe A4 à partir de la page 154.

[4] Selon des informations du Ministère bavarois de l'économie, de l'industrie, des transports et de la technologie, des bateaux dotés de vieux moteurs ont été exploités pendant des durées supérieures à la moyenne sur le lac de Constance afin de ne pas devoir équiper a posteriori des moteurs récents devant satisfaire aux exigences du niveau II (www.bootsport.info).

Les pages qui suivent décrivent la démarche de base, les hypothèses et les éléments de base permettant de déterminer ces facteurs.

Machines à moteur diesel

Secteur non réglementé (moteurs d'un certain âge)

Les coefficients d'émission des petites machines d'un certain âge qui ne sont soumises à aucun règlement reposent sur des évaluations d'experts en moteurs (voir OFEV 2008), s'appuyant sur trois différentes sources. Pour les moteurs diesel, il s'agit:

- de la série de données du rapport nonroad n° 49 de 1996 (OFEFP 1996), compte tenu uniquement des données mesurées dans le cycle ISO C1.
- des données de l'étude EPA[5] de 2004 (EPA 2004).
- des valeurs d'émission des poussières fines établies par les experts en moteurs sous la direction de l'EMPA à partir des mesures de fumée noire de l'Agroscope ART et des recherches d'IVECO sur les moteurs. Les données de l'Agroscope ART proviennent de quelque 400 mesures effectuées sur des tracteurs entre 1979 et 2006. Mais comme la conversion de valeurs de mesure de fumée noire en émissions de particules fines est affectée d'incertitudes[6], ces chiffres servent en premier lieu à établir la plausibilité des coefficients d'émission.

Compte tenu de ces trois sources, les moteurs entrant dans le secteur non réglementé (c.-à-d. dont l'année de construction est antérieure au premier niveau UE) sont subdivisés en deux niveaux d'émission, à savoir en moteurs antérieurs à 1996 (préUE A) et moteurs construits entre 1996 et l'instauration du niveau UE I (préUE B). Ainsi, il est possible de tenir compte du fait que les émissions polluantes spécifiques ont déjà été réduites avant l'instauration du premier niveau UE grâce aux améliorations technologiques apportées aux moteurs (turbomoteurs).

Entre le premier (préUE A) et le deuxième niveau (préUE B), on admet, pour les coefficients d'émission des PM et des NO_x, un taux de réduction qui (en rapport avec les conditions suisses) correspond à ceux des mesures de fumée noire de l'Agroscope ART et de la recherche IVECO. Les valeurs moyennes des coefficients d'émission de ces deux niveaux préUE ont été choisies de telle sorte qu'elles correspondent aux valeurs EPA du niveau Tier 0. Les coefficients d'émission qui en résultent pour le premier niveau (avant 1996) présentent une relativement bonne corrélation avec les valeurs de mesure des cycles ISO 8178 C1 de la série de données du rapport n° 49 (OFEFP 1996).

Le tab. 8 présente les valeurs des sources de données ainsi que les coefficients d'émission fixés par les experts pour les émissions de particules.

[5] Environmental Protection Agency (autorité de protection de l'environnement des États-Unis).

[6] En vertu des prescriptions internationales sur les gaz d'échappement, la masse de particules fines doit être déterminée par gravimétrie. Les conversions effectuées à partir de mesures de la fumée noire ne sont pas reconnues dans l'expertise type, mais sont souvent utilisées par les fabricants de moteurs dans le développement.

Tab. 8 > Comparaison des valeurs des trois sources de données et des coefficients d'émission fixés par les spécialistes des moteurs (uniquement valeurs d'émissions de particules)

Les valeurs indiquées ne proviennent que de moteurs qui n'étaient encore soumis à aucun niveau d'émission UE. Les données provenant de l'évaluation de mesures de fumée noire ont servi en premier lieu à établir la plausibilité des coefficients d'émission.

Classe de puissance	Série de données tirées du rapport OFEFP n° 49 (uniquement valeurs de mesure tirées des cycles ISO C1)[6]	EPA	Évaluations des mesures de fumée noire ART/IVECO/EMPA	Coefficients d'émission choisis
Niveau	**Moteurs construits <1996**	**Tier 0**	**Moteurs construits <1996**	**préEU A**
<18 kW	2,62 g/kWh	1,34 g/kWh	0,91 g/kWh	1,50 g/kWh
18–37 kW	1,40 g/kWh	1,07 g/kWh	0,76 g/kWh	1,20 g/kWh
37–75 kW	1,17 g/kWh	0,97 g/kWh	0,69 g/kWh	1,09 g/kWh
75–130 kW	0,72 g/kWh	0,54 g/kWh	0,63 g/kWh	0,61 g/kWh
130–220 kW	0,26 g/kWh	0,54 g/kWh	-	0,61 g/kWh
Niveau			**Moteurs construits ≥1996**	**préUE B**
<18 kW			-	1,18 g/kWh
18–37 kW			0,58 g/kWh	0,94 g/kWh
37–75 kW			0,60 g/kWh	0,85 g/kWh
75–130 kW			0,49 g/kWh	0,47 g/kWh
130–220 kW			-	0,47 g/kWh

L'influence de la teneur en soufre du carburant, qui a sensiblement diminué entretemps, est négligée. Sur les moteurs plus anciens, non dotés d'un dispositif de post-traitement des gaz d'échappement, les émissions de particules dues au soufre ont une incidence relativement secondaire

Pour le CO et les HC, on utilise les mêmes valeurs pour les deux niveaux (préUE A et B), à savoir celles de l'étude EPA pour le niveau Tier 0. Pour ce qui est des machines de moins de 18 kW, on applique en principe la réglementation EPA. Lorsque celle-ci n'est pas plausible de l'avis des experts, on applique les estimations de ceux-ci sur la base des trois sources citées (rapport n° 49 OFEFP, étude EPA et évaluation des mesures de fumée noire).

On admet que les coefficients d'émission des moteurs à essence correspondent aux données du rapport n° 49 (OFEFP 1996).

Secteur réglementé (moteurs plus récents)

Les coefficients d'émission des moteurs plus récents, en ce qui concerne le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines (PM), découlent des valeurs limites d'émission européennes (EC 1997) décrites au chapitre 4.3.1. Dans le calcul des émissions, jusqu'au niveau UE IIIA, les valeurs limites sont généralement appliquées compte tenu de la déduction d'une marge de tolérance de 10 %. Les hydrocarbures et les oxydes d'azote constituent un cas particulier dans le niveau IIIA de l'UE: ce niveau ne connaît qu'une valeur limite cumulée réunissant les émissions spécifiques d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures ($HC + NO_x$). Les coefficients d'émission des oxydes d'azote et des hydrocarbures ont par consé-

quent été déduits de la valeur cumulée: le coefficient d'émission du niveau UE IIIA appliqué aux hydrocarbures a été calculé à partir des coefficients d'émission des niveaux I et II de l'UE, étant admis que le taux de réduction du niveau UE II au niveau UE IIIA est identique à celui du passage du niveau UE I au niveau UE II. Le coefficient d'émission correspondant au niveau UE IIIA pour les oxydes d'azote résulte alors de la valeur limite cumulée pour les HC + NO_x diminuée de 10 %, moins le coefficient d'émission préalablement déterminé pour les hydrocarbures.

À partir du niveau UE IIIB, les coefficients d'émission sont calculés sur la base des valeurs limites selon les règles suivantes:

- Lorsque les valeurs limites cumulées réunissant les émissions d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures (HC + NO_X) s'appliquent, elles sont réparties à raison de 90 % sur les NO_X et de 10 % sur les HC (par analogie à IFEU 2009).
- Pour les oxydes d'azote (NO_X) et les particules fines (PM), les valeurs limites sont appliquées sans déduction étant donné que les fabricants de machines ne peuvent quasiment plus atteindre des valeurs inférieures aux valeurs limites strictes à partir du niveau UE IIIB.
- Dans le cas des hydrocarbures (HC), les valeurs limites sont appliquées compte tenu de la déduction d'une tolérance de 30 % (voir aussi IFEU 2009).
- S'agissant du monoxyde de carbone (CO), on effectue les déductions déjà appliquées au niveau UE IIIA sur les valeurs limites des niveaux UE IIIB à V.
- Si, selon ces règles, un coefficient d'émission d'un niveau donné est plus élevé qu'un coefficient d'émission antérieur du même groupe de machines et de la même classe de puissance, le coefficient mis en vigueur ultérieurement sera abaissé au niveau du coefficient antérieur si celui-ci est fondé sur des mesures; dans le cas contraire, le coefficient d'émission antérieur sera élevé au niveau du plus récent.

Si les valeurs de mesure de l'homologation sont sensiblement inférieures aux valeurs limites correspondantes, en lieu et place de la valeur limite on applique, soit la moyenne de ces valeurs de mesure et de la valeur limite, soit la moyenne de ces valeurs de mesure plus une tolérance de fabrication de 20 %. On peut prendre comme exemple le coefficient d'émission des particules fines (PM) du niveau UE V pour la classe de puissance 18–560 kW ainsi que pour les machines des niveaux UE IIIB et UE IV des mêmes classes de puissance et équipées de filtres à particules (voir tab. 28, p. 154).

La fig. 8 (NOX) et la fig. 9 (PM) mettent en évidence les valeurs limites d'émission et les coefficients d'émission utilisés dans le modèle de calcul des émissions, et permettent ainsi de les comparer.

Les coefficients d'émission (secteurs non réglementé et réglementé) applicables aux moteurs diesel sont présentés au tab. 28 et au tab. 29 (p. 154 et 156), et l'origine de chacune des valeurs y est indiquée. La fig. 8 et la fig. 9 donnent une représentation graphique des coefficients d'émission.

Fig. 8 > Comparaison des valeurs limites d'émission et des coefficients d'émission: oxydes d'azote (NO_x)

Les valeurs limites d'émission et les coefficients d'émission correspondent aux valeurs des tab. 6, p. 31 et tab. 28, p. 154.
Pour le niveau UE IIIA, il s'agit de la valeur limite cumulée pour les émissions de NO_X et de HC.

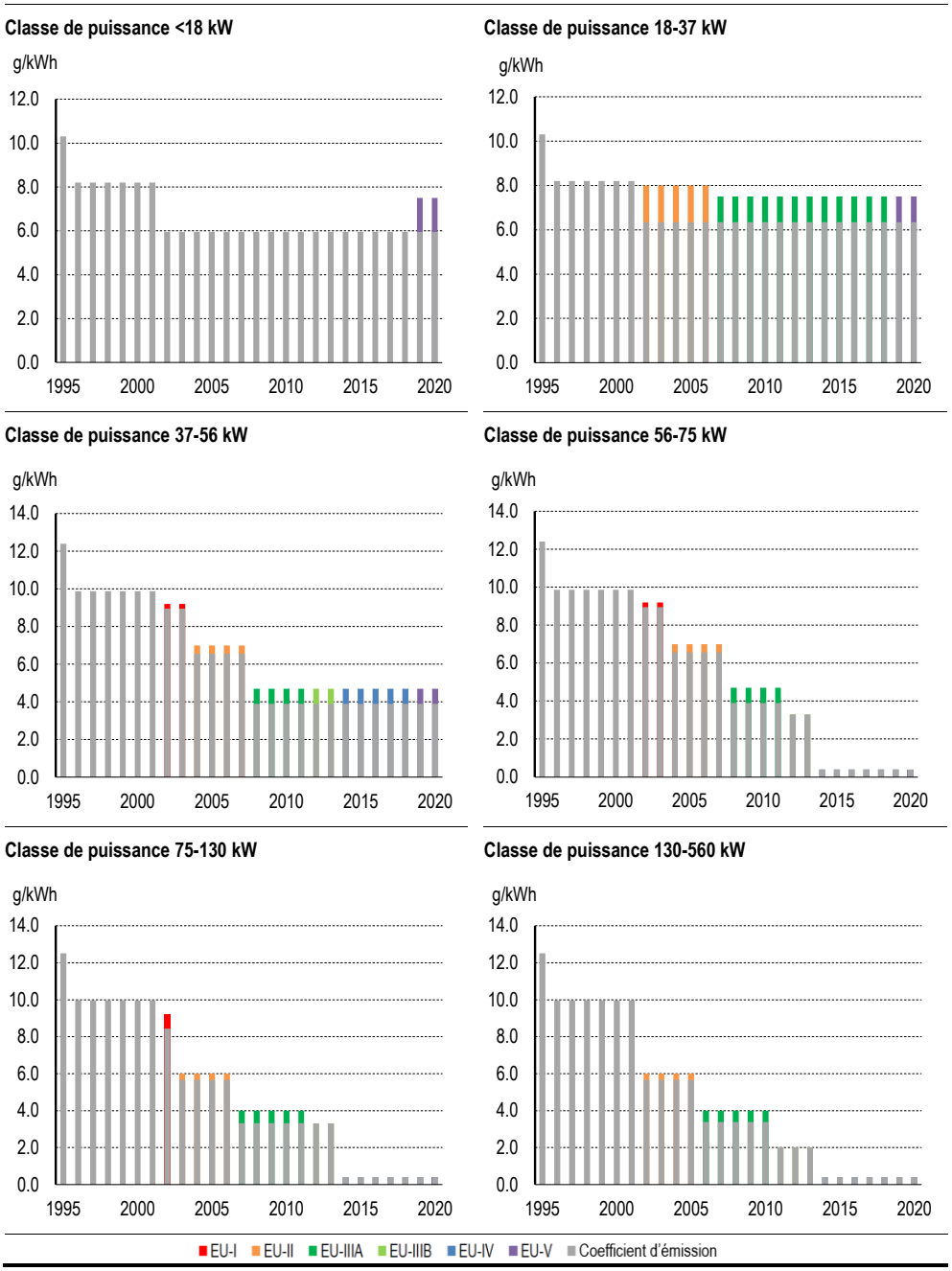


Fig. 9 > Comparaison des valeurs limites d'émission et des coefficients d'émission: particules fines (PM)

*Les valeurs limites d'émission et les coefficients d'émission correspondent aux valeurs des tab. **6**, p. 31 et tab. 28, p. 154.*

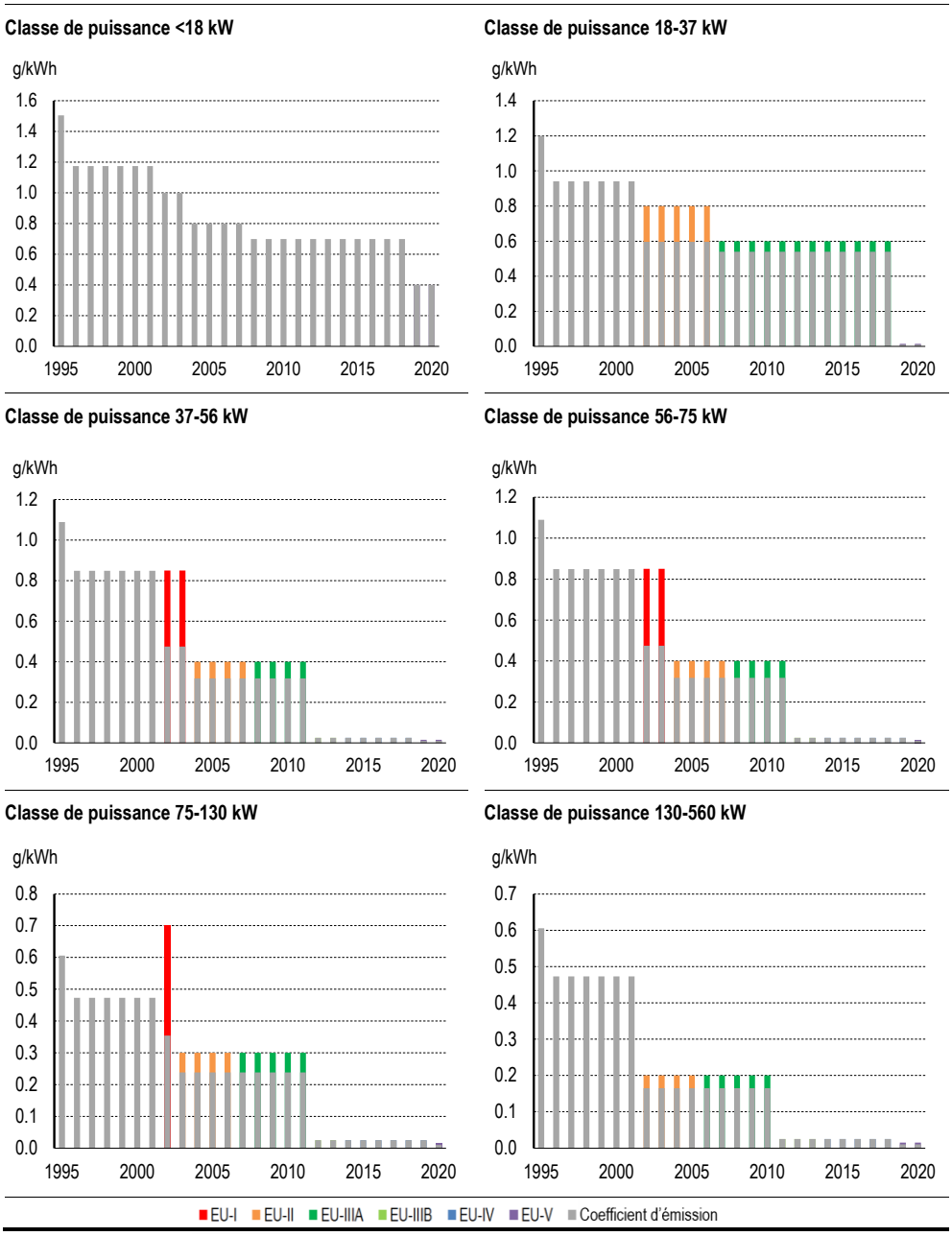
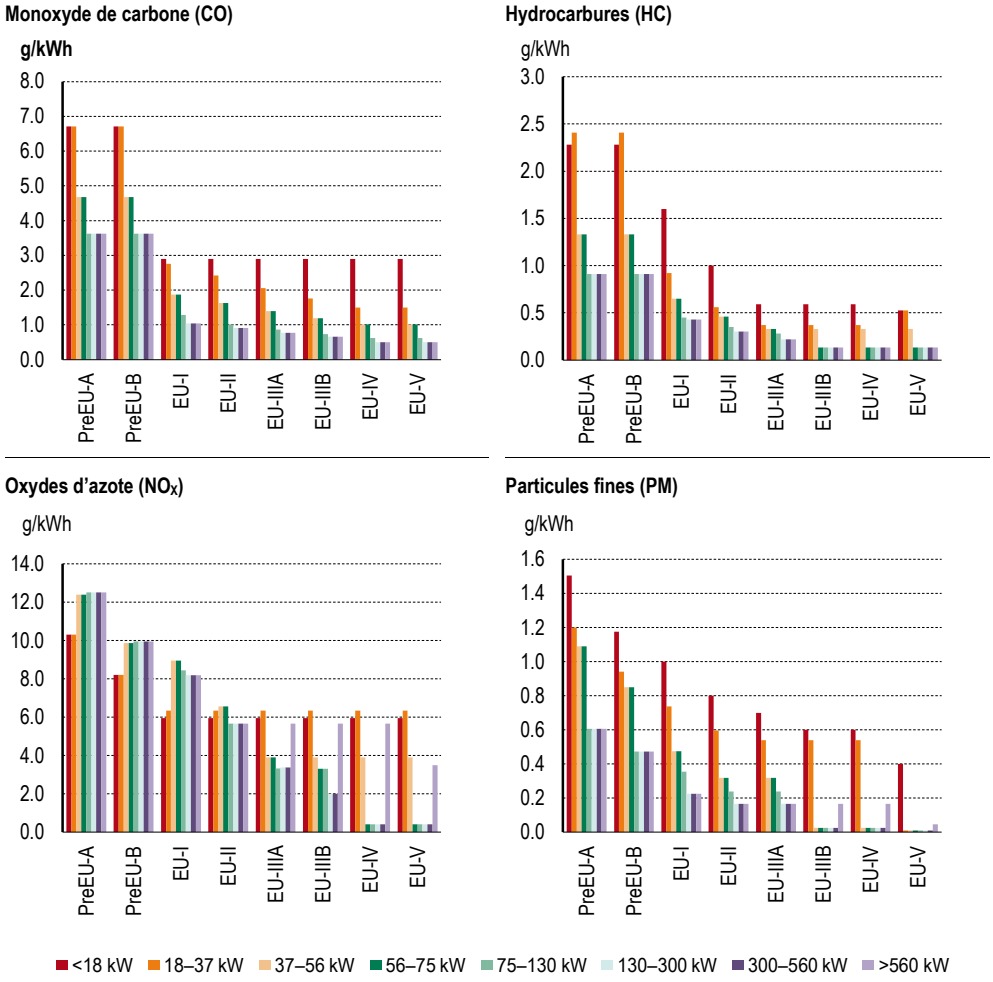


Fig. 10 > Coefficients d'émission des divers niveaux d'émission pour les moteurs diesel



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 28, p. 154

Petits engins à essence

Les coefficients d'émission applicables aux petits engins (moteurs à 2 et à 4 temps) à partir du niveau UE I sont tirés des valeurs limites après déduction d'une tolérance de fabrication de 10 %. Font exception, pour les moteurs à 2 temps, les valeurs limites du CO des niveaux UE I et II ainsi que les valeurs limites des HC du niveau UE I, qui se situent sensiblement au-dessus des valeurs de mesure connues[7].

Les coefficients d'émission appliqués aux moteurs d'un certain âge (année de construction antérieure à 2004), qui n'étaient pas encore soumis à une réglementation (niveaux préUE), reposent sur des hypothèses découlant de valeurs de mesure (INFRAS 2008) et sur des données tirées d'études comparables (IFEU 2004). De plus, les hypothèses ont été coordonnées avec le concours de représentants d'Euromot.

[7] Selon les résultats de mesure du BNM-Research (BNM 2000), les petits engins à 2 temps émettent environ 450 g/kWh de CO. La valeur limite se situe à 805 g/kWh.

Bateaux

Les coefficients d'émission appliqués aux bateaux s'alignent dans une large mesure sur les valeurs limites de l'ordonnance sur les prescriptions relatives aux gaz d'échappement des moteurs de bateaux dans les eaux suisses (OEMB) déjà en vigueur depuis 1995. En principe, les valeurs limites d'émission jusqu'au niveau IIIA de l'UE sont reprises après déduction d'une tolérance de fabrication de 10 %; pour le niveau V, la tolérance de fabrication de 10 % n'est appliquée qu'aux HC et au CO; pour les NO_x et les PM, les valeurs limites sont appliquées sans déduction. Pour les bateaux, on dispose d'indications détaillées de l'EMPA concernant la satisfaction possible des valeurs limites. Les coefficients d'émission reposent sur ces indications. Les coefficients d'émission des bateaux qui ne sont assujettis à aucune législation sur les émissions (année de construction antérieure à 1995 ou petits moteurs) reposent sur des hypothèses s'alignant partiellement sur les valeurs d'autres groupes de machines.

Rail

Les coefficients d'émission appliqués au secteur non réglementé correspondent aux valeurs limites conseillées par l'UIC. Ceux de moteurs très anciens (année de construction antérieure à 1982) sont en outre analogues aux coefficients d'émission des machines diesel de même âge. Quant aux coefficients d'émission des moteurs construits à partir de 2006, ils correspondent aux valeurs limites de l'UE pour les niveaux IIIA et IIIB après déduction d'une tolérance de 10 %. Pour le niveau V, la tolérance de fabrication de 10 % n'est appliquée qu'aux HC et au CO; pour les NO_x et les PM, les valeurs limites sont appliquées sans déduction.

Le Tab. **9** énumère les émissions de deux types importants de véhicules ferroviaires des CFF pour lesquels des résultats de mesures existent. Entre parenthèses sont mentionnés les coefficients d'émission correspondants de l'UIC. On observe une bonne concordance uniquement pour les oxydes d'azote. S'agissant des émissions de HC et de CO, la locomotive Am 843 affiche une valeur nettement plus faible que les recommandations de l'UIC (et plus basse que les valeurs limites d'émission de l'UE en vigueur seulement depuis 2006). Vu que des données correspondantes manquent pour tous les autres types de véhicules ferroviaires, le calcul des émissions repose sur les coefficients d'émission de l'UIC, cela d'autant plus que les évaluations de véhicules de la DB (IFEU 2003) montrent que la dispersion est considérable entre les véhicules.

Tab. 9 > Émissions de deux importants types de véhicules ferroviaires des CFF

Type de véhicule	Catégorie	Puissance nominale	Niveau d'émission	Nombre	Coefficients d'émission (g/kWh)			
					HC	CO	NO_X	PM
Tm 234	Tracteurs sur rail	550 kW	UIC-I	98	1,1 (0,8)	4,0 (3,0)	7,0 (12,0)	0,15 (0,5)
Am 843	Locomotive	1'500 kW	UIC-II	73	0,2 (0,8)	0,7 (3,0)	8,9 (9,5)	0,1 (0,25)

Entre parenthèses, les coefficients d'émission de l'UIC (selon tab. 41, p.169)

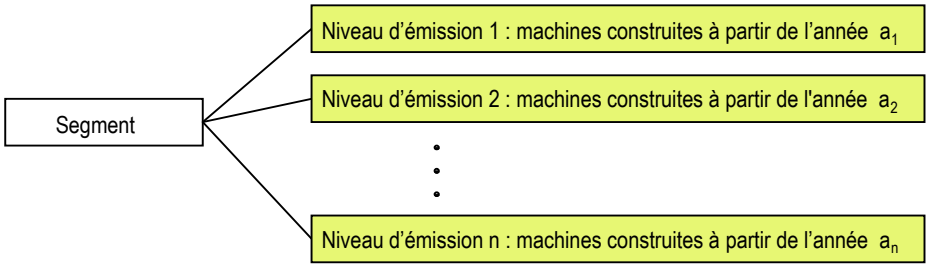
4.3.4 Sous-segments

Pour attribuer les machines à des niveaux d'émission, les segments (machines différenciées par catégorie, type de moteur et classe de puissance) sont subdivisés en sous-segments qui regroupent les machines du même niveau d'émission. Les sous-segments

représentent donc le total intermédiaire des machines de toutes les années de construction pendant lesquelles un niveau d'émission donné était valide.

Fig. 11 > Détermination d'un sous-segment à partir d'un segment et d'un niveau d'émission

Dans ce schéma simplifié, le niveau d'émission i est contraignant pour toutes les nouvelles machines à partir de l'année a_i. Compte tenu des dispositions des «sell-off periods» et du schéma de flexibilité, l'introduction d'un nouveau niveau d'émission est retardée pour un certain pourcentage des machines, ce qui se reflète également dans le modèle.



On détermine l'année à partir de laquelle s'applique tel ou tel niveau d'émission en fonction des dates d'entrée en vigueur des valeurs limites légales d'un niveau d'émission. Les hypothèses relatives aux dates d'entrée en vigueur ainsi que les coefficients d'émission sont indiqués à l'annexe A4, page 154 et suivantes. Pour la période postérieure à 2014, la date à laquelle seront instaurés de nouveaux niveaux d'émission est encore incertaine.

Compte tenu des dispositions des «sell-off periods» et du schéma de flexibilité dans les directives UE (EC 1997, EC 2014), les machines nouvellement mises en service ne doivent pas toutes satisfaire un niveau d'émission l'entrée en vigueur de celui-ci:

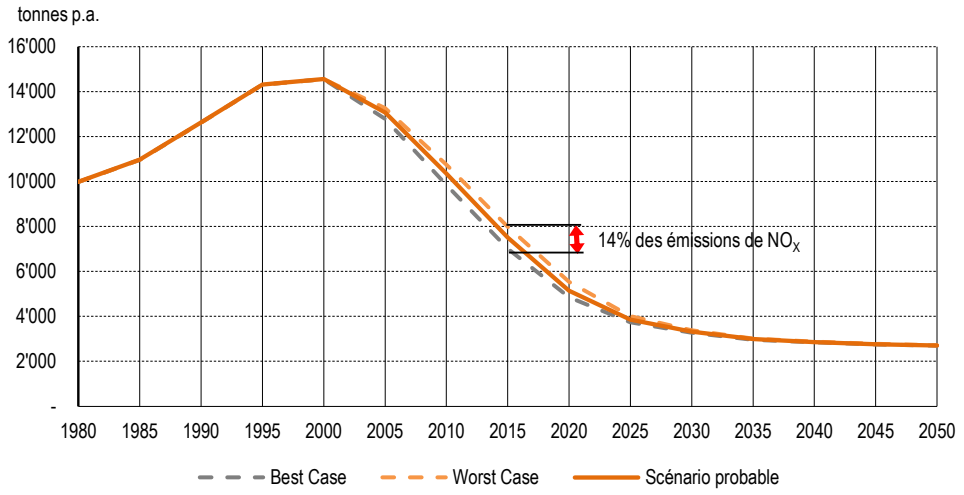
- La «sell-off period» permet aux fabricants de machines de vendre, pendant deux ans après l'instauration d'un niveau d'émission, des machines déjà construites auparavant. Cette règle s'applique sans restrictions quantitatives.
- Le schéma de flexibilité, lui, permet, sur demande, de mettre en circulation en quantités limitées des machines satisfaisant le niveau d'émission précédent. La limite se situe à 20 % des machines vendues avant l'introduction du niveau d'émission suivant. La limite quantitative a été augmentée à 37,5 % pour le niveau IIIB (instauré en 2011–2013) et même à 40 % pour les tracteurs agricoles.

Théoriquement, il est ainsi possible que, sur la base de la «sell-off period», des stocks de machines correspondant au niveau d'émission en vigueur soient fabriqués avant l'introduction d'un nouveau niveau d'émission et que seules celles-ci soient vendues pendant les deux années suivant l'instauration de ce dernier. Ensuite, il sera possible de tirer pleinement parti du schéma de flexibilité jusqu'à l'entrée en force du niveau d'émission suivant. Cela permet ainsi de retarder de plusieurs années la mise en circulation de machines d'un nouveau niveau d'émission.

Or on ignore le retard que peut prendre l'instauration de nouveaux niveaux d'émission dans la réalité. C'est pourquoi une analyse de sensibilité a été effectuée, dans laquelle ont été modélisés trois scénarios appelés respectivement «best case», «worst case» et «probable» (fig. 12). Dans le scénario «best case», toutes les nouvelles machines du niveau d'émission actuel satisfont à celui-ci dès son entrée en vigueur. Dans le scénario «worst case», on tire le meilleur parti possible de la «sell-off period» et du schéma de flexibilité, c'est-à-dire que les premières machines satisfaisant au niveau d'émission actuel arrivent sur le marché avec deux ans de retard, et que, jusqu'à l'introduction du niveau d'émission suivant, sont mises en circulation autant de machines de l'ancien niveau d'émission qu'il est possible en vertu du schéma de flexibilité. Le scénario «probable» repose sur les déclarations de fabricants de machines et admet une proportion de nouvelles machines de 25 % pendant la première année de l'application d'un nouveau niveau d'émission, de 50 % la deuxième année et de 100 % dès la troisième année. L'introduction du niveau IIIB prend un peu plus de retard, en revanche, le niveau IV entrera en vigueur plus rapidement (le fait que de nombreux fabricants de machines n'étaient pas prêts au moment de l'entrée en force du niveau IIIB est aussi la raison pour laquelle la limite quantitative du schéma de flexibilité a été augmentée pour ce niveau). L'analyse de sensibilité montre que les émissions de NO_X fluctueront d'environ 14 % entre les scénarios «best case» et «worst case» pour les années allant de 2015 à 2020. En 2015, les émissions correspondant au scénario «probable» se situent 7 % en dessus de celles du scénario «best case», soit assez exactement à mi-distance des deux extrêmes.

Fig. 12 > Sensibilité des émissions de NO_X à l'introduction retardée de niveaux d'émission

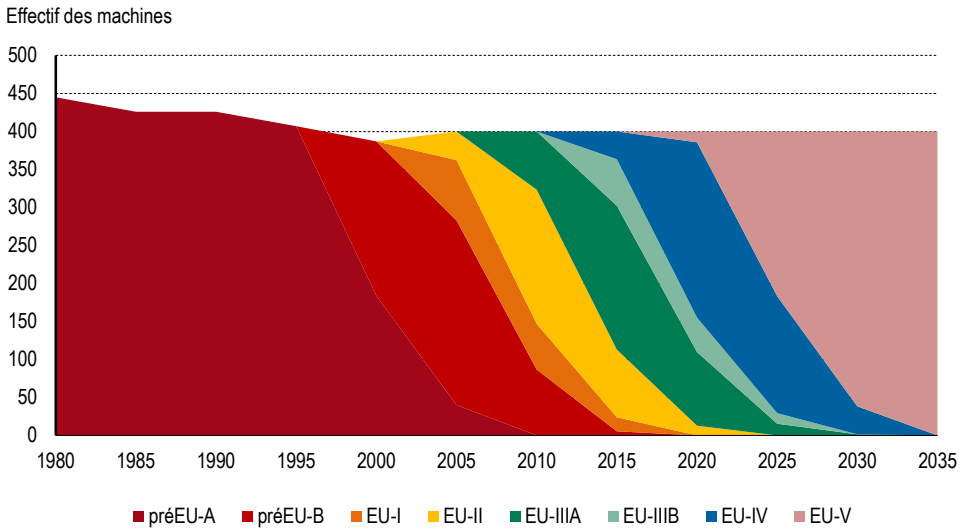
Dans le scénario «best case», toutes les nouvelles machines du nouveau niveau d'émission y satisfont dès son entrée en vigueur. Dans le scénario «worst case», la «sell-off period» et le schéma de flexibilité sont exploités au maximum. Le scénario «probable» se base sur les déclarations de fabricants de machines et cherche à refléter le plus fidèlement possible la réalité.



La rapidité avec laquelle des moteurs respectant les valeurs limites ad hoc investiront un parc de machines dépend de la répartition des âges de celles-ci. La fig. 13 le montre à l'exemple des finisseuses de routes.

Fig. 13 > Illustration des niveaux d'émission pour les finisseuses de routes (machines de chantier)

Toutes les finisseuses de routes mises en service à partir de 2001 dans l'UE et, en vertu de l'hypothèse formulée, également en Suisse, satisfont au moins au niveau d'émission UE I. Selon l'hypothèse, les engins les plus anciens seront mis hors service en 2015 au plus tard. Conformément aux indications tirées de la banque de données non routières, le modèle des effectifs est calculé par intervalles de cinq ans, ce qui explique le profil saccadé des courbes.



4.3.5 Consommation de carburant

La consommation de carburant du secteur non routier est calculée d'après la même méthode que celle utilisée pour les émissions polluantes. Les coefficients de consommation de carburant correspondant aux différents groupes de machines sont énumérés dans les tableaux de l'annexe A4 aux pages 154 et suivantes.

Machines à moteur diesel

Les coefficients de consommation utilisés pour les machines diesel sont basés sur les données de l'EPA (2004). Par analogie à celle-ci et à l'IFEU (2013), on a renoncé à faire une distinction de ces coefficients en fonction des niveaux d'émission.

Engins à essence

Les coefficients de consommation des engins à essence reposent sur des données figurant dans des rapports d'essai de la «Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft» (DLG 2008). La diminution de la consommation en fonction du niveau d'émission a été choisie de manière à ce qu'elle ait un profil parallèle aux émissions de HC.

Bateaux

Les coefficients de consommation des bateaux ont été repris du rapport n° 49 (OFEFP 1996). Ceux des bateaux à vapeur sont sensiblement plus élevés que ceux des bateaux à moteur en raison de leur plus faible rendement.

Les coefficients de consommation des véhicules ferroviaires reposent sur des mesures de l'IFEU (IFEU 2003) et sur des données des fabricants des locomotives utilisées par les CFF.

Véhicules ferroviaires

4.3.6 Consommation d'électricité

La consommation d'électricité des engins électriques est calculée selon la même méthode que la consommation de carburant et les émissions polluantes. En lieu et place d'un coefficient de consommation exprimé en g/kWh, on se sert toutefois de la valeur réciproque du rendement. Les rendements admis sont énumérés au dans le tab. 42 de la page 170.

A priori, les rendements augmentent compte tenu des améliorations technologiques et de l'instauration de normes d'efficience plus strictes au fil du temps. Le rendement total est le produit des rendements du moteur, des batteries (accus) et du chargeur.

Moteurs électriques dans l'industrie

Les machines électriques non routières utilisées dans l'industrie (essentiellement des élévateurs à fourches) fonctionnent sur accus. Par analogie à de Haan et Zah (2013), on admet que le rendement d'un moteur de 100 kW était de 85 % en 2010, et qu'il s'améliore de 0,67 % tous les 10 ans. Les moteurs plus petits ont un rendement moindre; les déductions pour les classes de puissance inférieures reposent sur des tables de rendement des moteurs électriques en fonction de leur puissance (Nipkow 1989, Dolder 2014). Aujourd'hui encore, les accus intégrés dans les élévateurs sont généralement des batteries au plomb ayant un faible rendement (env. 70 % selon des données fournies par l'Association suisse des chariots élévateurs swisslifter). On admet cependant que les accus lithium-ion avec un rendement de 96 % (de Haan et Zah 2013) s'imposeront sur les élévateurs d'ici à 2050. On admet encore – toujours par analogie à de Haan et Zah (2013) – que le rendement des chargeurs va continuer à s'améliorer, passant de 87 % vers 1980 à 95 % à l'horizon 2050.

Moteurs électriques dans les petits engins

Les petits engins électriques en usage dans le domaine horticulture/loisirs sont à câble ou à accu. Les engins à câble ont un rendement plus élevé du fait qu'il n'y a pas de perte au niveau de l'accu et du chargeur. Suivant la catégorie et l'utilisateur (professionnels/amateurs), on applique des hypothèses différentes en ce qui concerne les proportions d'appareils à câble ou à accu:

- On admet que les engins électriques utilisés dans l'horticulture professionnelle fonctionnent sur accus.
- Dans le secteur des loisirs, on admet un mélange d'engins à câble et à accu; la part des engins à accu étant de 33 % des appareils électriques en 2010 et augmentant au fil du temps – de 3 % en 1980 à 75 % en 2050 (Dieterich 2012, TASPO 2013).
- Pour ce qui est des engins essentiellement fixes tels que hachoirs et fendeurs de bûches on admet qu'ils sont exclusivement à câble (tant pour les amateurs que dans le domaine professionnel).
- Les tondeuses robots fonctionnent exclusivement sur accu.

Le rendement des accus est de 70 % en 1980, de 90 % en 2010, et il atteindra 95 % en 2050. Pour les chargeurs, on admet les mêmes hypothèses que pour les engins électriques de l'industrie.

4.3.7 Facteurs d'influence

Les émissions et la consommation de carburant de machines peuvent être influencées par toute une série de facteurs, à tel point que les émissions et les consommations effectives divergent des valeurs de base. Dans la mesure où on les connaît, ces influences sont corrigées par des facteurs de correction (CF).

Charge (CF_1)

En général, les machines fonctionnent en régime partiel. En conséquence, le calcul des émissions doit prendre en compte la puissance nominale affectée d'un facteur de charge qui la réduit à la puissance effective. Les facteurs de charge varient en fonction du type de machine et de leur âge[8]. L'annexe A5, page 174 et suivantes, livre les facteurs de charge correspondant aux différentes catégories de machines.

Pour les machines diesel, les coefficients d'émission et les coefficients de consommation se rapportent à une utilisation correspondant à 48 % du plein régime. Cela correspond à la charge moyenne du cycle de mesure ISO 8178 C1 pour les moteurs du secteur non routier. Mais dans les faits, certaines machines fonctionnent à un autre régime moyen (p. ex. en Suisse, les véhicules ferroviaires diesel servent surtout aux manœuvres effectuées à bas régime). C'est pourquoi, pour ces catégories de machines, il faut adapter le facteur de charge normal selon le cycle de mesure ISO. Les facteurs de charge affectés aux différentes catégories de machines peuvent être tirés du tableau de l'annexe A5, pages 174 et suivantes.

Comme la consommation spécifique, par exemple, dépend fortement du point de charge, pour les machines diesel fonctionnant à un régime moyen différent de celui du cycle de mesure ISO, on opère une correction du coefficient de consommation nécessitée par le facteur de charge. Cette correction se calcule selon la formule suivante:

$$CF_1 = 2.0095 - 2.1981 \cdot \Delta_{LF} + 1.886 \cdot \Delta_{LF}^{\ 2}$$

avec: CF_1 = facteur de correction de la consommation en cas d'écart entre la charge effective et la charge normale selon le cycle ISO 8178 C1

Δ_{LF} = rapport entre la charge effective et la charge normale selon le cycle ISO 8178 C1

Cette correction a pour effet que, pour un facteur de charge effectif de 20 %, la consommation spécifique est environ 30 % plus élevée que pour le facteur de charge ISO de 48 %.

[8] On n'admet une corrélation entre le facteur de charge et l'âge d'une machine que pour les tracteurs agricoles car, au contraire des autres catégories de machines, les vieux tracteurs restent longtemps en service, mais ne sont plus utilisés que pour des travaux légers sollicitant moins les moteurs.

Par manque de données, cette correction n'est considérée que pour la consommation, mais pas pour les émissions polluantes.

Dynamique (CF_2)

Les coefficients d'émission sont dérivés de mesures stationnaires (cycle de mesure ISO 8178 C1). Si des machines fonctionnent de manière très dynamique dans la réalité (fréquents changements de régime), cela a une incidence sur les émissions polluantes. Le calcul des émissions en tient compte par des facteurs dynamiques adéquats correspondant aux diverses catégories de machines. Une liste de celles-ci et de leurs émissions polluantes dynamiques figure à l'annexe A6, page 178. Les facteurs dynamiques appliqués sont fondés sur des données de l'EPA (EPA 2004) et différenciés par niveaux d'émission étant donné que l'influence du fonctionnement dynamique est plus grande ou plus petite, voire négligeable, suivant la technologie des moteurs (moteurs à aspiration naturelle). Les facteurs dynamiques appliqués au CO et aux PM ne sont considérés que pour les machines diesel de certaines catégories de machines en fonction du niveau d'émission, de la classe de puissance et des facteurs de charge utilisés pour les polluants CO, PM et NO_X (tab. 10). Les facteurs dynamiques >1,00 pour toutes les machines dont la puissance se situe entre 56 et 560 kW sont appliqués pour les oxydes d'azote (NO_X) à partir du niveau IV parce que la technologie SCR (selective catalytic reduction) est utilisée pour respecter les valeurs limites de ces machines, et cela dans le domaine de charge partielle inférieur qui induit des émissions de NO_x plus élevées.

Tab. 10 > Facteurs dynamiques de catégories de machines données

Dynamique (CF_2).

Niveau d'émission	CO	HC	NO_X	PM
préUE A (avant 1995, moteurs à aspiration naturelle)	1,53	1,00	1,00	1,00
dès 1996 jusqu'au niveau UE II	1,53	1,00	1,00	1,23
niveau UE IIIA	1,53	1,00	1,00	1,47
niveau UE IIIB	1,00	1,00	1,00	1,00
dès niveau UE IV	1,00	1,00	classes de puissance 56–560 kW: 1,20 pour facteurs de charge >0,35 1,50 pour facteurs de charge <=0,35 puissances <56 et >560 kW: 1,00 pour tous les facteurs de charge	1,00

Usure (CF_3)

Les émissions polluantes ainsi que la consommation de carburant des moteurs dépendent de l'âge de ces derniers. Le modèle des émissions en tient compte par un facteur qui en décrit l'usure. Des hypothèses variables d'un polluant à l'autre sont appliquées à cet effet. Jusqu'au niveau UE II, l'influence de l'usure se calcule à partir des facteurs de détérioration indiqués dans le tab. **11**. À partir du niveau UE IIIA, les fabricants de moteurs répondent de la stabilité à long terme des émissions et doivent le prouver par des cycles de longue durée (EC 1997). De ce fait, on applique à partir du niveau UE IIIA la valeur $CF_3 = 1,0$.

Tab. 11 > Facteurs de détérioration (jusqu'au niveau d'émission UE IIIA)

Usure (CF_3).

Type de moteur	Période de détérioration (P_h)	CO		HC		NO_X		PM		Consomm.	
			Max.		Max.		Max.		Max.		Max.
Essence 2 t.	100 h	1,1	1,1	1,3	1,3	1,0	1,0			1,2	1,2
Essence 4 t.	500 h	1,1	1,1	1,5	1,5	1,0	1,0			1,2	1,2
Diesel	2'000 h	1,1	1,2	1,15	1,3	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	1,0

Le facteur de correction décrivant l'usure d'une machine se calcule à l'aide des facteurs de détérioration et des heures de service accomplies: pour les machines diesel, p. ex., on augmente le coefficient d'émission des PM de 10 % par tranche de 2000 heures, l'augmentation maximale s'élève à 20 %, c'est-à-dire que même si les heures de service sont supérieures à 4000, le coefficient d'émission n'est majoré que de 20 %.

$$CF_3(\hat{a}ge) = facteur\ de\ détérioration^{\left(\frac{\sum_{n=âge}^{an.de\,référece} H(n)}{P_h}\right)}$$

avec

CF_3 = facteur de correction pour l'usure (sans dimension)
H = heures de service annuelles à un certain âge de la machine (h/a)
P_h = période de détérioration (h)

Dans le modèle, le facteur de correction maximal pour l'usure d'une machine est atteint après environ 3800 heures de service pour les moteurs diesel. On admet qu'il n'y a pas de détérioration supplémentaire au-delà.

4.3.8 Filtres à particules

Les filtres à particules sont un équipement spécial permettant de réduire efficacement les émissions de particules des moteurs diesel. Certes, les valeurs limites d'émission de particules à partir du niveau UE IIIB peuvent aussi être respectées sans filtres à particules (contrairement aux attentes précédentes, voir OFEV 2008); néanmoins, certains fabricants intègrent déjà de tels filtres dans leurs machines en usine depuis l'instauration du niveau UE IIIB (Integer 2013). Aujourd'hui, on part du principe que les filtres à particules sont nécessaires pour respecter les valeurs limites d'émission du niveau UE V étant donné que ce niveau, non seulement, limite la quantité de particules fines, mais encore instaure une limitation du nombre de celles-ci. Aujourd'hui déjà, l'OPair prescrit que les machines >18 kW en service sur des chantiers doivent être équipées de filtres à particules, sous réserve de délais transitoires. Cette directive suisse a pour effet que les machines qui ne sont pas équipées de filtres à particules d'usine doivent en être équipées a posteriori (OFEV 2009).

Le modèle de calcul des émissions prend spécifiquement en compte cette obligation:

- Dans les effectifs des différents segments, on indique ou on estime la proportion des machines diesel dotées d'un filtre à particules (voir chap. 5.5, p. 58).
- Étant donné que ce sont surtout les machines récentes qui sont équipées d'un système de filtre à particules [9], le modèle mathématique repose sur l'hypothèse selon laquelle ce sont toujours les machines les plus récentes de l'ensemble des machines pouvant être rééquipées qui le sont effectivement.
- Les émissions de particules ainsi que la consommation de carburant des machines équipées a posteriori de filtres à particules sont corrigées aux valeurs d'émissions correspondantes par un facteur de correction. Les facteurs de correction appliqués s'élèvent à +3 % pour la consommation de carburant et à -99 % pour le nombre de particules; pour la masse de particules fines, ils dépendent du coefficient d'émission sans filtre à particules et donc du niveau d'émission et de la classe de puissance; ces facteurs de correction sont énumérés dans le tab. 45 (p. 173).

[9] Pour des motifs économiques et techniques, seules les machines relativement récentes sont généralement équipées a posteriori de systèmes de filtre à particules. Sur les machines plus anciennes, l'opération peut aggraver le risque de complications techniques dues à une élévation des émissions de fumées. De plus, la durée de vie résiduelle des machines d'un certain âge est plus courte, ce qui diminue la rentabilité de l'opération.

5 > Effectifs et heures de service

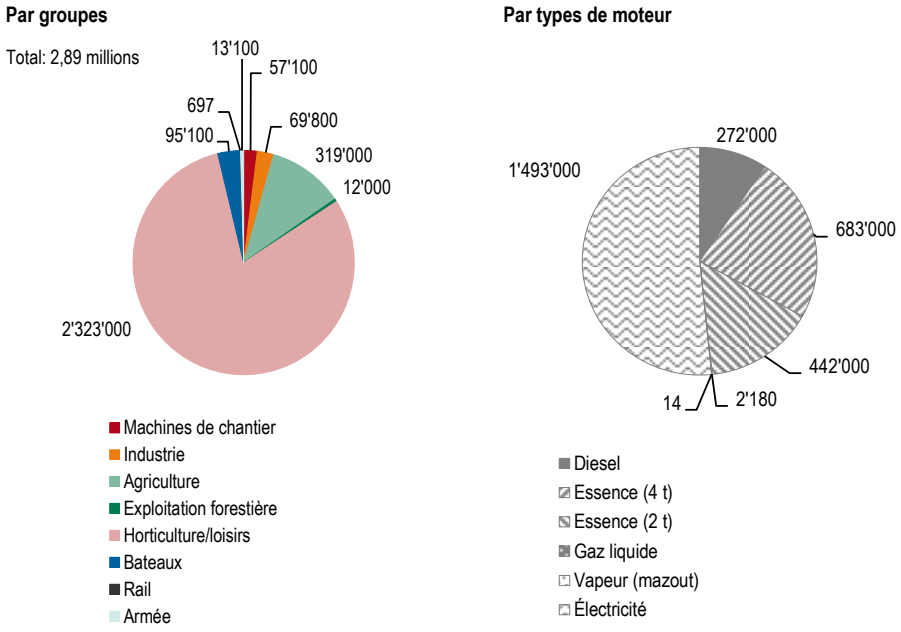
5.1 Effectifs en 2010

La fig. 14 décrit la répartition des effectifs (nombre de machines et engins) du secteur non routier tel qu'il se présentait en 2010; 80 % des quelque 2,89 millions de machines et engins entrent dans le groupe «horticulture/loisirs». Les machines agricoles constituent le deuxième groupe en importance, tandis que les machines de chantier ne représentent que 2 % de l'ensemble du parc des véhicules non routiers. Cela montre qu'en nombre d'unités, les effectifs du secteur non routier sont dominés par les petits engins de quelques kilowatts de puissance, alors que ces engins représentent une part relativement faible de la consommation d'énergie et des émissions polluantes de ce secteur. Plus de la moitié de ces engins sont des engins électriques qui n'occasionnent pas d'émissions directes de polluants atmosphériques.

Le secteur non routier «classique» (à savoir les machines et engins équipés de moteurs à combustion) est dominé par les moteurs à essence, les moteurs à 4 temps étant légèrement plus fréquents que les petits moteurs à 2 temps. La plupart des moteurs, qu'ils soient à 2 ou à 4 temps, sont de faible puissance (<18 kW, le plus souvent entre 1 et 5 kW). En revanche, les machines diesel sont typiquement plus grandes et d'une puissance sans commune mesure.

Outre les machines à moteurs diesel ou à essence, il existe encore un petit parc de machines fonctionnant au gaz (surtout des élévateurs à fourches) ainsi que des bateaux à vapeur, dans lesquels la vapeur est exclusivement produite par de l'huile de chauffage extra-légère. Sauf indication contraire, celle-ci est agrégée à la consommation de diesel dans les considérations relatives à la consommation de carburant.

Fig. 14 > Effectifs par groupes de machines et types de moteurs en 2010



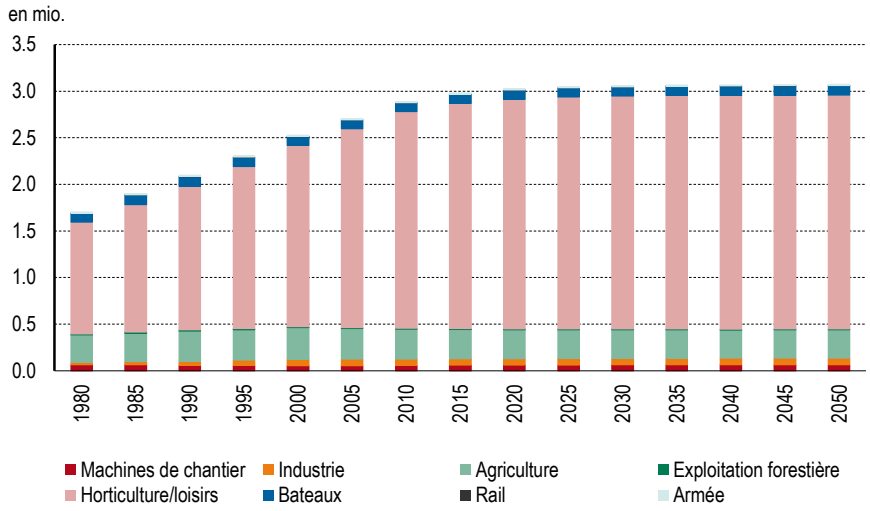
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le fig. 12, p. 43

5.2 Évolution temporelle des effectifs

L'effectif total a augmenté dans le secteur non routier ces dernières années en raison de l'essor qu'a connu le groupe «horticulture/loisirs» et celui de la construction. On estime que cette tendance va se poursuivre à l'avenir même si c'est avec un léger fléchissement. À noter à ce propos que plus l'horizon des pronostics est lointain, plus leur fiabilité diminue (voir chap. 4.2.2). Le fait que le recul ne soit pas plus net pour les machines agricoles en dépit de la diminution sensible du nombre des exploitations agricoles[10], est lié d'abord au fait que les vieilles machines n'y sont de loin pas mises au rebut (le retrait d'un tracteur ne met en jeu que des coûts minimes, il n'y a donc aucune incitation à ne plus retirer d'anciens tracteurs). De plus, les (anciennes) exploitations agricoles ne manquant généralement pas de place, éliminer les vieilles machines n'est pas une nécessité. Une autre explication à la lenteur de la régression du parc des machines agricoles tient au fait qu'en dépit de la diminution du nombre des exploitations, la surface agricole utile, elle, n'a diminué que de manière infime (à peine 2 % depuis 1990), ce qui, par voie de conséquence, a généré une augmentation de la taille moyenne des exploitations agricoles de 55 %.

[10] Le nombre des exploitations agricoles a diminué de 36 % entre 1990 et 2010 (OFS 2012).

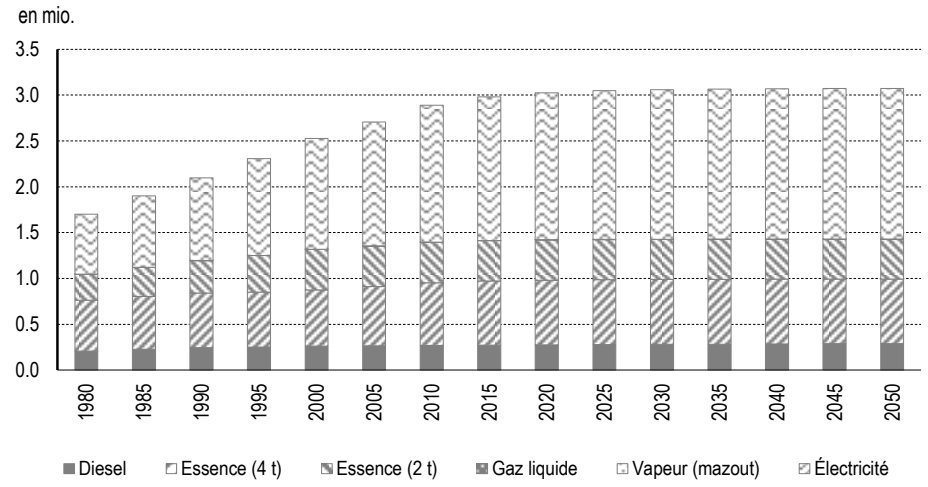
Fig. 15 > Évolution des effectifs par groupes de machines (1980–2050)



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 48, p. 179

Si l'on considère les effectifs par types de moteurs (fig. 16), il apparaît que ce sont les effectifs des engins électriques qui augmentent le plus. L'engouement marqué pour les tondeuses robots, par exemple, y contribue, mais aussi le remplacement graduel des engins à essence à 2 ou à 4 temps par des appareils électriques, grâce à l'amélioration de la technologie des accus ces dernières années. Pour ce qui est des moteurs à combustion, c'est l'effectif des engins à moteur à 4 temps qui croît le plus, suivi des machines diesel. On estime que cette tendance va se poursuivre, même si c'est dans une mesure plus modérée. En revanche, la diffusion des moteurs à 2 temps a stagné ces dix dernières années, et il faut même s'attendre à ce qu'elle recule ces prochaines années.

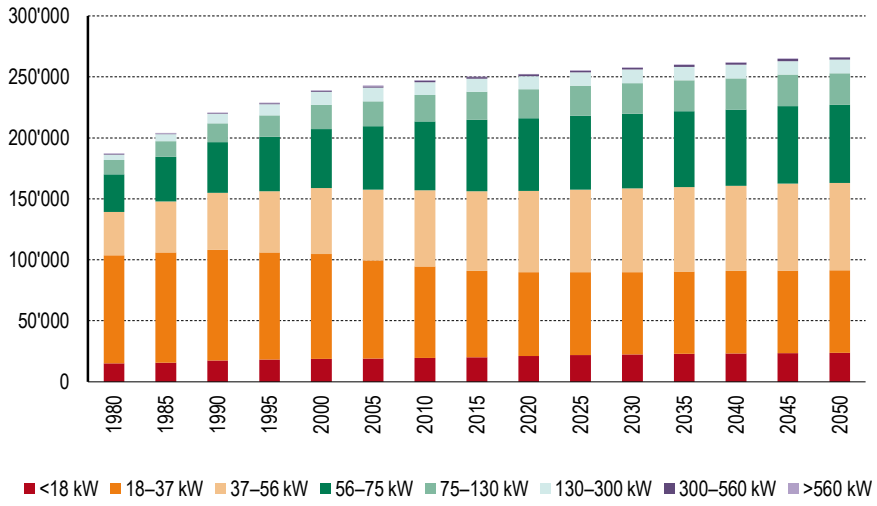
Fig. 16 > Évolution des effectifs par types de moteur (1980–2050)



L'analyse de l'évolution des effectifs des moteurs diesel par classes de puissance montre en outre que le parc des grands moteurs a tendance à prendre de l'ampleur, tandis que celui des petits moteurs tend plutôt à reculer (fig. 17). Cela vaut plus particulièrement pour les machines de 300 à 560 kW de puissance; leur effectif a presque triplé entre 1980 et 2010, et les prévisionnistes estiment qu'il aura quadruplé d'ici en 2050 par rapport à la situation de 1980.

Parallèlement à cette tendance générale aux machines plus puissantes, la classe des machines de moins de 18 kW, de puissance moindre, tend elle aussi à croître. Cela s'explique principalement par l'engouement pour les minipelles, de plus en plus utilisées ces dernières années dans la construction, mais aussi dans l'horticulture et les aménagements paysagers.

Fig. 17 > Évolution des effectifs de moteurs diesel par classes de puissance (1980–2050, sans les bateaux et les véhicules routiers en usage dans les aéroports)

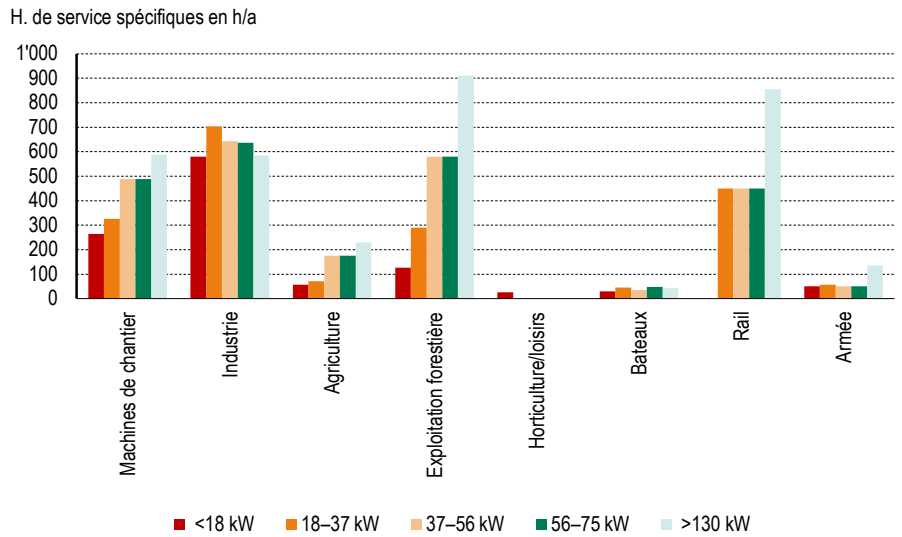


5.3 Heures de service en 2010

S'agissant des heures de service, l'image est différente de celle des effectifs car les heures de service spécifiques varient fortement d'un groupe de machines à l'autre (fig. 18). Les machines à usage professionnel affichent des nombres très élevés d'heures de service spécifiques alors que les engins destinés aux loisirs ne sont utilisés que très rarement. En 2010, année de référence, les heures de service spécifiques des machines de chantier (heures de service par engin et par an) ont été six fois supérieures à celles des engins de jardin. En conséquence, les machines de chantier prennent une part sensiblement plus élevée à la somme des heures de service qu'aux effectifs (pour la comparaison, voir la fig. 19 à gauche et la fig. 14 à gauche). Les moteurs à essence, en revanche, ont une part sensiblement plus faible aux heures de service qu'aux effectifs (comparaison, voir la fig. 19 à droite et la fig. 14 à droite).

Dans la précédente étude (OFEV 2008), l'écart entre les heures de service moyennes des engins d'horticulture et des machines utilisées dans la construction et dans l'industrie était encore plus marqué qu'actuellement. Cependant, les heures de service moyennes des engins d'horticulture ont doublé par rapport aux chiffres précédents (30 h/a) pour atteindre quelque 60 h/a (voir aussi le tab. 12). Cela tient surtout à l'augmentation considérable des tondeuses robots: malgré leur faible puissance et leur consommation spécifique d'énergie elle aussi faible, elles sont presque continuellement en service à la bonne saison, d'où le nombre de 1200 heures de service qu'elles atteignent par engin et par an. De ce fait, alors même qu'elles ne constituaient que 4 % de l'effectif des engins d'horticulture en 2010, elles représentaient 70 % de la totalité des heures de service de ce groupe de machines.

Fig. 18 > Heures de service moyennes par engin et par an

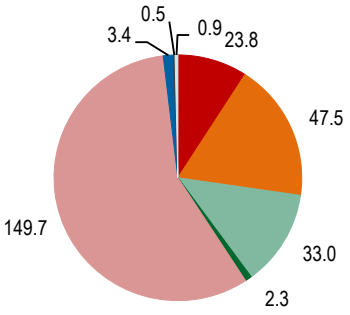


Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. **12**, p.55

Fig. 19 > Somme des heures de service par groupes de machines et types de moteur en 2010

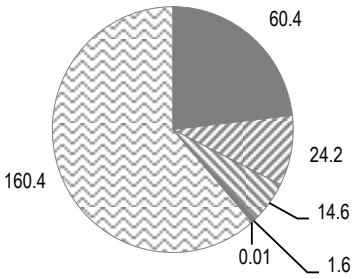
Par groupes

Total: 261.14 million hrs p.a.



- Machines de chantier
- Industrie
- Agriculture
- Exploitation forestière
- Horticulture/loisirs
- Bateaux
- Rail
- Armée

Par types de moteur



- Diesel
- Essence (4 t)
- Essence (2 t)
- Gaz liquide
- Vapeur (mazout)
- Électricité

Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le Tab. **12** (en bas)

Tab. 12 > Structure quantitative du secteur non routier pour l'année 2010

Année de référence 2010; valeurs arrondies.

Groupe	Effectif	Heures de service (en mio. h/a)	Heures de service spécifiques				
			<18 kW	18–37 kW	37–56 kW	56–75 kW	>130 kW
Mach. de chantier	57'100	23,8	330	330	490	490	590
Industrie	69'800	47,5	690	700	640	640	580
Agriculture	319'000	33,0	60	70	180	180	230
Exploit. forestière	11'900	2,3	130	290	580	580	910
Horticulture/loisirs	2'323'000	149,7	60	-	-	-	-
Bateaux	95'100	3,4	30	40	40	50	40
Rail	697	0,5	-	450	450	450	850
Armée	13'100	0,9	50	60	50	50	140
Somme	**2'890'000**	**261,1**					

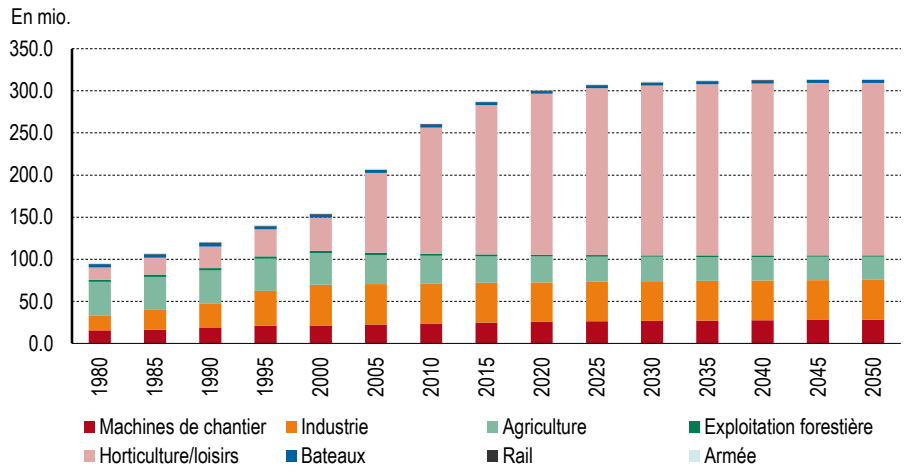
5.4 Évolution temporelle des heures de service (1980–2050)

L'évolution temporelle des heures de service du secteur non routier montre une croissance sensible dans tous les groupes entre 1980 et 2000, en particulier dans les groupes de machines industrielles et d'horticulture/loisirs (fig. **20**).

Entre 2000 et 2010, on observe une augmentation brusque des heures de service, due essentiellement à la progression des tondeuses robots et de leurs longues périodes de fonctionnement à très faible puissance (voir le chapitre précédent). Les heures de service des machines de chantier continuent elles aussi à augmenter tandis que celles des autres groupes reculent légèrement depuis 2000.

On admet que cette tendance va se poursuivre, avec toutefois un léger fléchissement de la croissance dans le groupe des tondeuses robots et des machines de chantier.

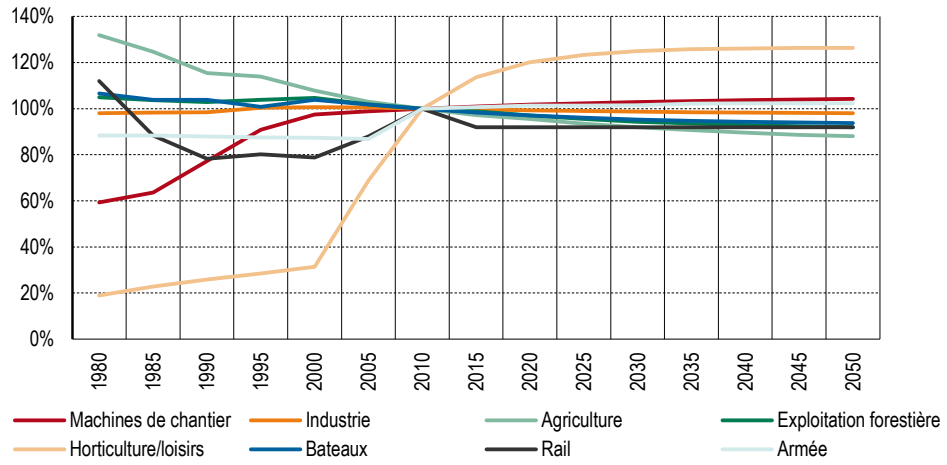
Fig. 20 > Évolution des heures de services totales par groupes de machines (1980–2050)



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 49, p. 179

Fig. 21 > Évolution des heures de service spécifiques par engin et par an (1980–2050)

Variation relative par rapport à l'année de référence 2010

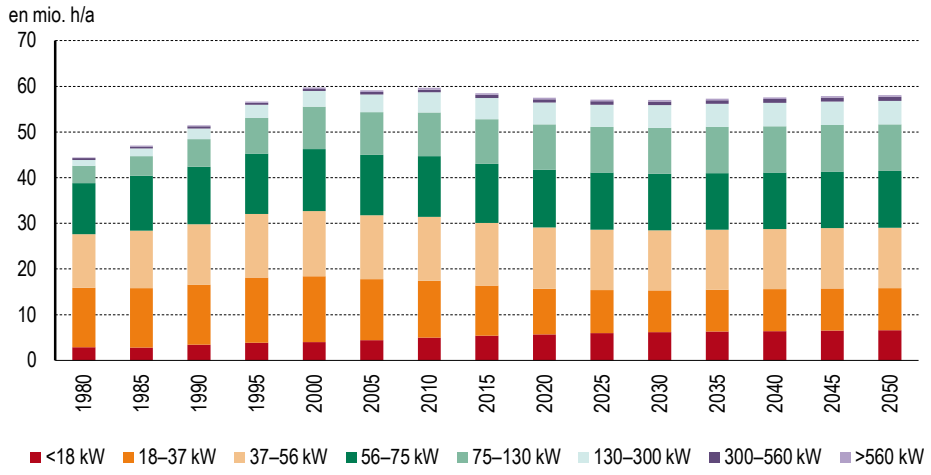


Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 50, p.179

Pour ce qui est de l'évolution des heures de service spécifiques (heures de service par engin et par année, fig. 21), on note une croissance sensible de 76 % des heures de service moyennes accomplies par les machines de chantier (de 240 h/a en 1980 à 430 h/a en 2050). Quant aux engins agricoles, on pronostique un recul de 33 % de leurs heures de service moyennes (de 140 h/a en 1980 à 90 h/a en 2050). La plus grande variation des heures de service spécifiques touche une fois encore le groupe horticulture/loisirs (+570 %, d'env.12 h/a en 1980 à 80 h/a en 2050), avec une croissance brusque à partir de 2000, déclenchée par le boom des tondeuses robots; selon les pronostics, cette tendance va cependant fléchir à l'avenir.

La fig. 22 présente l'évolution des heures de service totales par classes de puissance pour toutes les machines diesel du secteur non routier (sans les bateaux et les véhicules routiers en usage dans les aéroports). Elle montre une image similaire à l'évolution des effectifs par classes de puissance, même si les heures de service totales des machines diesel vont tendanciellement diminuer à l'avenir, (fig. 17). Les modifications structurelles (tendance à des machines plus puissantes) apparaissent également dans les heures de service. À l'instar des effectifs, les heures de service des plus petites machines (<18 kW) augmentent elles aussi, ce qui s'explique à nouveau en majeure partie par la recrudescence de l'emploi de minipelles.

Fig. 22 > Évolution des heures de service totales des machines diesel par classes de puissance (1980–2050, sans les bateaux et les véhicules routiers en usage dans les aéroports)



5.5 Évolution de l'effectif des machines équipées de systèmes de filtres à particules

L'effectif des machines diesel équipées (d'usine ou après-coup) de filtres à particules a fortement augmenté ces dernières années (fig. 23). Depuis 2010, en application de l'OPair, les machines de chantier construites en 2010 et ultérieurement, utilisées sur des chantiers, doivent être équipées de filtres à particules (exception: machines <18 kW. Des délais transitoires liés à l'année de construction existent pour les machines dont la puissance est supérieure à 37 kW. À partir du 1er mai 2015, toutes les machines >37 kW doivent avoir un filtre à particules; voir OFEV 2009). À noter toutefois que les machines de chantier ne sont pas toutes utilisées sur des chantiers au sens de l'OPair – les applications dans l'industrie, l'agriculture ou les exploitations forestières ne sont pas encore soumises à ces dispositions. Il s'ensuit que la part des machines agricoles et forestières ainsi que celle des bateaux équipés de filtres à particules est encore relativement minime. En 2010, la part des filtres à particules équipant des véhicules ferroviaires diesel est de 67 % environ. De leur côté, les machines de chantier et les bateaux appartenant à l'armée présentent un taux d'équipement similaire à leurs pendants civils; les véhicules à chenilles ne sont généralement pas équipés de filtres à particules. Les chiffres jusqu'en 2010 reposent sur des hypothèses fondées sur les dates d'entrée en vigueur de l'OPair, sur les données des fabricants de filtres relatives aux chiffres de vente de leurs produits, sur les indications figurant dans la consultation relative à la révision de l'OEMB (bateaux), ainsi que sur les données des entreprises ferroviaires (BLS 2012, CFF 2012) et de la Base logistique de l'armée (BLA).

L'évolution pour la période 2010–2020 a été estimée sur la base des stratégies de réduction des émissions des fabricants de machines pour les niveaux d'émission UE IIIB et UE IV (Integer 2013, voir tab. 13; sauf pour les machines de chantier en service sur les chantiers puisque l'obligation des filtres à particules est prescrite par l'OPair) ainsi que sur leurs parts de marché en Suisse en 2010 (Off-Highway Research 2005, 2012). Les valeurs limites applicables aux particules pour ces niveaux peuvent être respectées avec ou sans filtres à particules, raison pour laquelle les différents fabricants poursuivent des stratégies diverses (tab. 13). Toutefois, les émissions sont plus faibles avec des filtres à particules (voir tab. 45, p. 173). S'agissant du niveau d'émission UE V, on admet que les valeurs limites appliquées au nombre de particules ne peuvent être respectées que grâce aux filtres à particules. De ce fait, la part des machines équipées de tels filtres dans l'effectif total augmentera plus rapidement à partir de 2019 dans tous les groupes de machines, compte tenu du fait que plus la durée de vie moyenne des machines considérées est longue plus cette évolution sera lente.

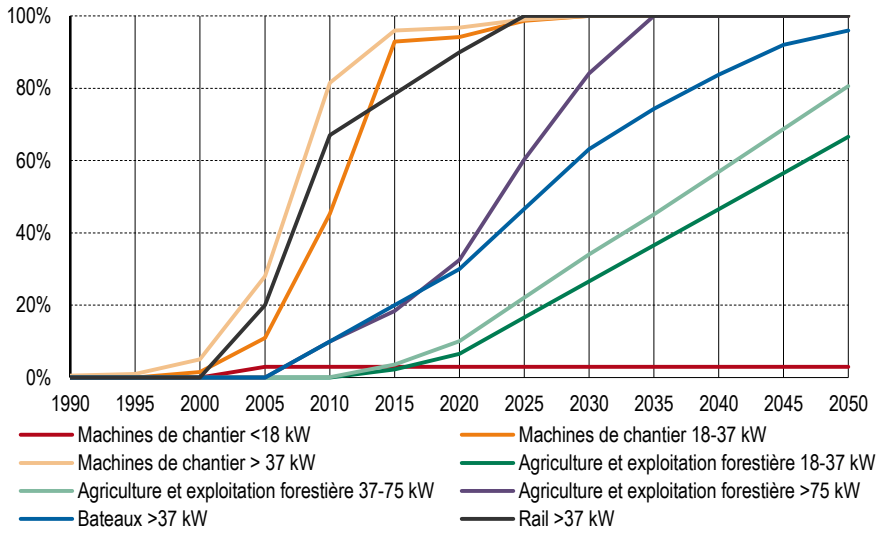
Tab. 13 > Installation prévue de filtres à particules dans les moteurs à partir de 18 kW des niveaux d'émission UE IIIB et UE IV, par fabricant

Source: Integer 2013. «Partiel» signifie dans la plupart des cas que les moteurs des classes de puissance plus élevées seront équipés de filtres à particules.

Fabricant	Niveau UE IIIB / US Tier 4 Interim	Niveau UE IV / US Tier 4 Final
AGCO	Non	Non
Caterpillar	Partiel	Oui
CNH	Non	Non
Cummins	Partiel	Partiel
Deutz	Partiel	Oui
IHI	Non	Non
Isuzu	Partiel	Non
John Deere	Partiel	Oui
Komatsu	Partiel	Partiel
Kubota	Partiel	Oui
Liebherr	Partiel	Non
Takeuchi	Non	Non
Volvo CE	Partiel	Encore inconnu
Volvo Penta	Non	Non
Weichai	Non	Non

Fig. 23 > Évolution de l'effectif des machines diesel équipées d'origine ou a posteriori de filtres à particules

L'évolution jusqu'en 2010 correspond aux chiffres de vente de systèmes de filtres à particules en Suisse. Pour la période de 2010 à 2020, les estimations sont basées sur les stratégies de réduction des émissions des fabricants de machines pour les niveaux UE IIIB et IV (Integer 2013) et sur leurs parts de marché respectives en Suisse en 2010 (Off-Highway Research 2005, 2012). Pour la période postérieure à 2020, on admet que les nouvelles machines de plus 18 kW de puissance devront toutes être équipées de filtres à particules en raison des valeurs limites imposées par le niveau UE V.



6 > Effectifs et heures de service des différents groupes de machines

6.1 Machines de chantier

La subdivision des machines de chantier en catégories découle essentiellement de la subdivision du CORINAIR. Les effectifs ont été estimés sur la base de la banque de données du MOFIS (au moyen d'un facteur de correction pour les machines non enregistrées, voir OFEV 2008), d'études de marché (Off-Highway Research 2005, 2008, 2012) et des données fournies par les membres du groupe d'experts. La répartition en classes de puissance, elle, a été effectuée sur la base de l'étude précédente (OFEV 2008), des données fournies par les fabricants de machines en relation avec l'évolution de la répartition des classes de puissance ainsi que sur la base des chiffres de vente spécifiques par classe de puissance dans les études de marché évoquées. L'estimation des heures de service spécifiques des diverses machines repose également sur l'étude précédente, sur les expériences des membres du groupe d'experts ainsi que sur les données de base de l'inventaire de la Société suisse des entrepreneurs (SSE 2013). S'agissant de leur évolution temporelle, on a admis que l'utilisation des machines de chantier dépend de la situation du marché.

6.1.1 Effectifs

La fig. 24 présente les effectifs de machines de chantier par catégories (en haut à gauche: uniquement les catégories dont l'effectif est supérieur à 1'000 machines) et par classes de puissance (en haut à droite). La plus grande catégorie est celle des pilonneuses/vibreuses (10'500 unités[11]), suivie des compresseurs (7'650 unités) et des minipelles (c.-à-d. excavatrices hydrauliques <37 kW, 7'400 unités). Près de 80 % des machines de chantier sont équipées de moteurs diesel, seules les pilonneuses/vibreuses et les groupes électrogènes de secours ont généralement des moteurs à essence. Ces machines se répartissent assez équitablement entre toutes les classes de puissance jusqu'à 300 kW, rares sont celles qui atteignent des puissances jusqu'à 560 kW.

6.1.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

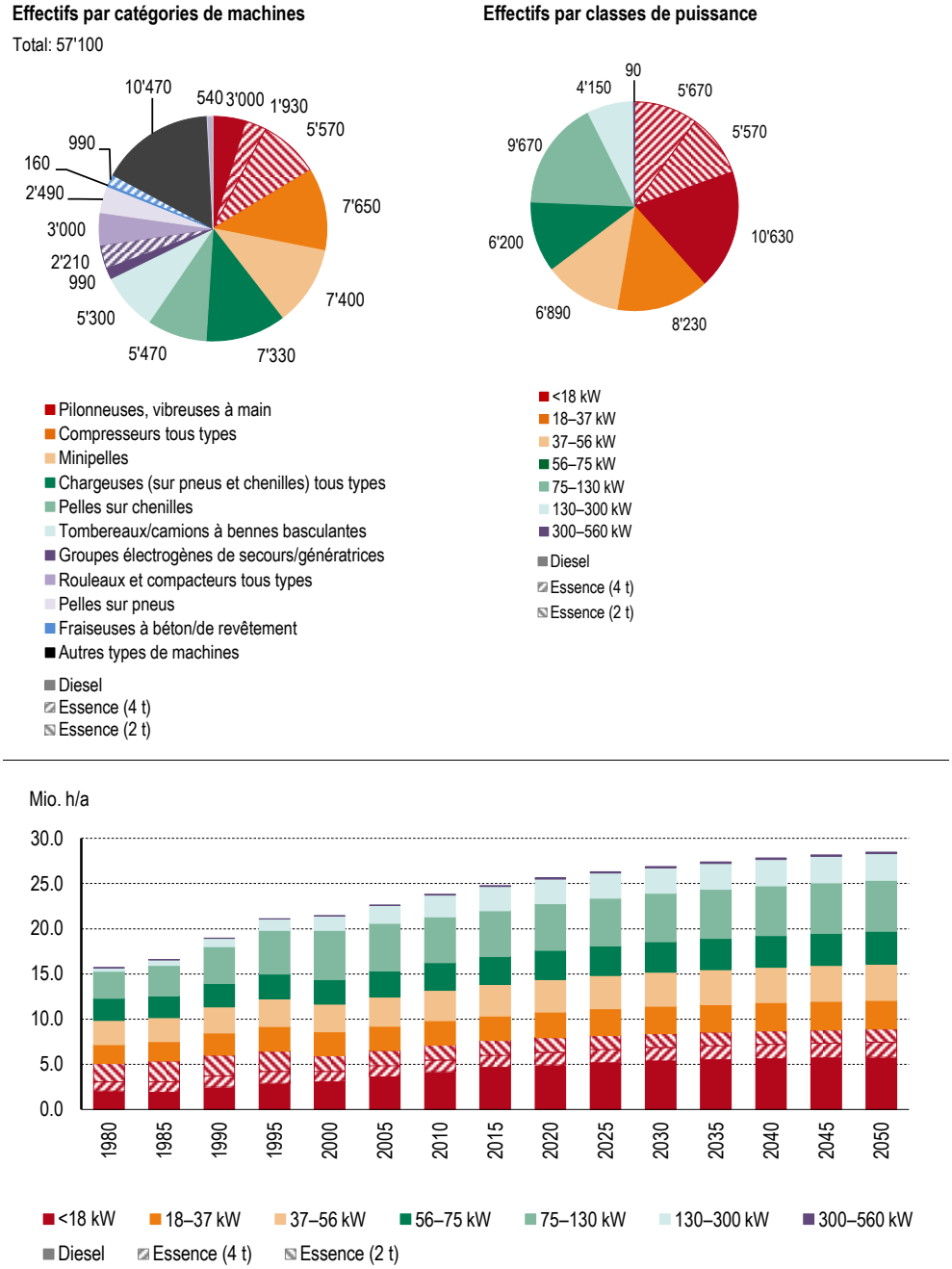
La fig. 24 (en bas) décrit l'évolution des heures de service des machines de chantier en fonction de leur puissance et du type de moteur. On y constate que l'activité des machines de chantier a continué à augmenter durant la période de 2000 à 2010; on estime que cette croissance va se poursuivre dans le futur, certes moins rapidement. Parallèlement, il s'est produit entre 1980 et 2010 un transfert des petites machines (à essence) vers les grandes (diesel). Toutefois, à partir de l'an 2000, on remarque un fléchisse-

[11] 10'500 = 5'570+1'930+3'000 (essence moteurs à 2 temps et à 4 temps ainsi que diesel)

ment de la tendance, jusqu'alors stable, vers les machines plus puissantes, raison pour laquelle on admet une répartition constante des classes de puissance à partir de 2015.

Fig. 24 > Machines de chantier: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec un effectif >1000 machines.
Année de référence des effectifs: 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.2 Industrie

La structure quantitative des machines industrielles mobiles repose sur la banque de données MOFIS, sur les données des associations swisslifter (Association suisse des chariots élévateurs), SIK (Association suisse des intérêts des fabricants et négociants en machines et engins pour la voirie) et SBS (Remontées mécaniques suisses, pour les dameuses de piste), sur les demandes de remboursement de l'impôt sur les huiles minérales présentées par les exploitants de génératrices et de groupes électrogènes de secours à la Direction générale des douanes (DGD) ainsi que sur celles des aéroports de Zurich et de Genève.

Le groupe «industrie» ne réunit que les machines relativement grandes. Les petits engins tels que foreuses ou fraiseuses sont surtout rangés dans le groupe «horticulture/loisirs». Depuis l'étude précédente (OFEV 2008), on a intégré dans l'inventaire du groupe «industrie», en plus des engins électriques, les machines mobiles en usage dans les aéroports (espace airside) ainsi que les génératrices en usage dans l'industrie, l'artisanat et les services publics. La question de la délimitation entre les génératrices mobiles et les moteurs fixes est appliquée de telle sorte que tous les groupes diesel sont considérés comme mobiles et, partant, inscrits dans l'inventaire non routier – contrairement aux groupes fonctionnant à l'huile de chauffage, dont on admet qu'ils sont fixes. C'est là une hypothèse simplificatrice, mais elle correspond grosso modo à la réalité.

6.2.1 Effectifs

Comme le montre la fig. 25 (en haut à gauche), ce groupe est dominé par les chariots élévateurs à fourches. Les élévateurs en service dans des halles fermées (79 % de l'ensemble des élévateurs) fonctionnent généralement à l'électricité ou au gaz (en général du propane). Leur puissance est généralement inférieure à 75 kW.

Des engins très puissants (jusqu'à 340 kW) sont utilisés dans le service de préparation des pistes. Leur effectif est sensiblement supérieur à celui qu'indiquait l'étude précédente (OFEV 2008) car c'est la première fois que l'on dispose d'un extrait de la banque de données MOFIS pour la période hivernale, qui recense aussi les véhicules exmatriculés pendant les mois d'été (les extraits standards du MOFIS datent toujours de fin septembre).

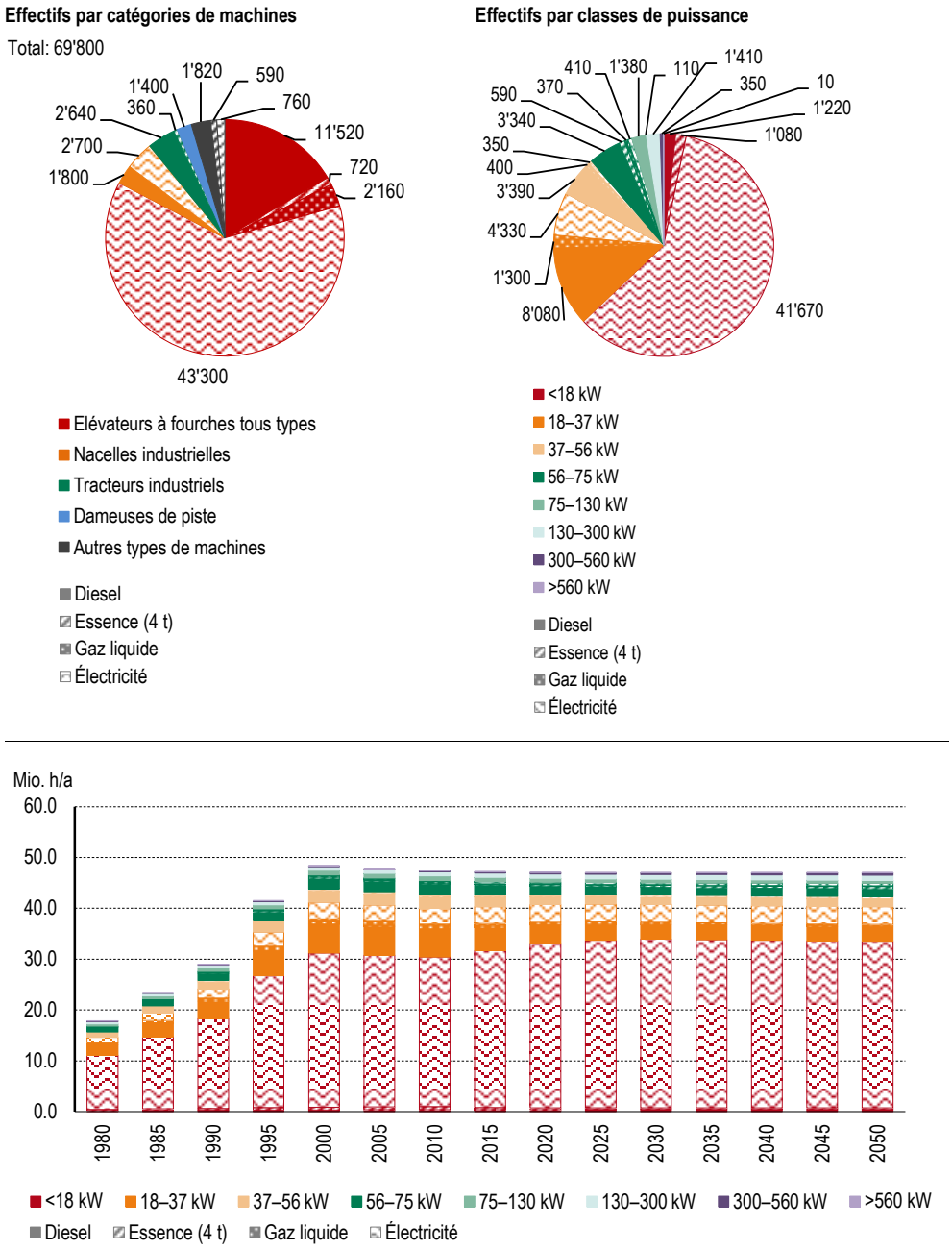
6.2.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

Selon les indications de swisslifter, le parc des élévateurs à fourches a reculé d'environ 4 % entre 2000 et 2010 en raison de l'automation croissante de la logistique. On estime que l'on assistera à une stabilisation progressive de ce parc à l'avenir. Cela ressort aussi de l'évolution des heures de service (fig. 25, en bas). Compte tenu des heures de service spécifiques élevées de nombreuses catégories de machines (700–1200 h/a), il

résulte pour le groupe «industrie» un nombre d'heures de service total de 47,5 millions d'unités en 2005[12].

Fig. 25 > Industrie: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec un effectif >1'000 machines. Année de référence des effectifs: 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p.180.

[12] Pour comparaison: en 2010, les machines de chantier ont accompli 23.8 millions d'heures de service.

6.3 Machines agricoles

La structure quantitative des machines agricoles a été extrapolée essentiellement à partir des recensements des entreprises agricoles (1996, 2003, 2005 et 2010). La banque de données MOFIS a également été prise en considération, mais n'a pu être utilisée qu'avec certaines restrictions. D'une part, seule une partie des machines est immatriculée (en particulier dans les petites machines telles que les faucheuses ou les tracteurs à un essieu). D'autre part, une partie des tracteurs immatriculés n'ont pas un usage agricole. Pensons notamment aux tracteurs anciens (oldtimers), mais aussi aux tracteurs utilisés dans l'exploitation forestière et pour l'entretien du domaine public (forêts, parkings). Ces derniers sont rassemblés dans la catégorie «débusqueurs à treuil et à pince» du groupe «exploitation forestière», tandis que les oldtimers sont classés dans la catégorie «tracteurs (loisirs)».

6.3.1 Effectifs

Comme le montre la fig. 26 (en haut à gauche), près de la moitié des machines agricoles fonctionnent à l'essence. Il s'agit essentiellement des tronçonneuses (90'100 unités) et des faucheuses à un essieu/monoaxes (55'700). L'effectif des engins diesel comporte 62 % de tracteurs (105'000 unités en 2010). La grande partie des tracteurs (65 %) ont une puissance nominale entre 37 et 75 kW (moyenne sur l'ensemble des classes de puissance: 52 kW. La répartition par classes de puissance continue à se décaler vers les plus grands tracteurs, mais à un rythme assez lent en raison de la grande longévité de ces véhicules.

6.3.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

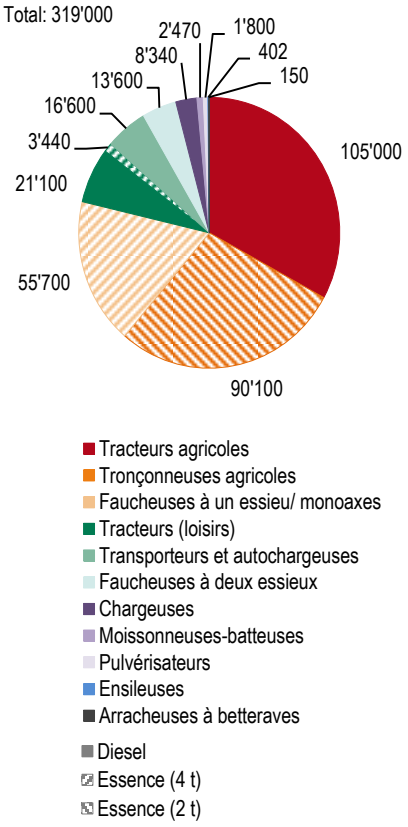
À partir des heures d'utilisation des tracteurs agricoles rapportées à l'exploitation des surfaces agricoles cultivées (Ammann 2007), l'Agroscope ART chiffre à 200 h/a l'utilisation moyenne de ces véhicules (voir aussi OFEV 2008). Ces heures de service représentent une moyenne pour l'ensemble du parc des tracteurs, y compris les vieux tracteurs, dont le nombre est très élevé, et les heures de service, très faibles.

Dans l'ensemble, on observe au fil du temps un recul des heures de service accomplies par les machines agricoles. L'explication la plus probable de ce phénomène est la tendance à l'accroissement du travail salarié et, partant, à l'emploi de machines plus puissantes, et à la rationalisation de leur utilisation. Par ailleurs, la surface agricole utile diminue lentement mais continuellement (recul de 2 % entre 1990 et 2012, OFS 2012), ce qui contribue également à la réduction des activités. En revanche, en 2006, la part de la superficie sur laquelle le travail du sol est réduit au minimum ne s'élevait qu'à 1,1 % de la surface agricole utile totale et à 3 % de la surface cultivée (Ledermann et Schneider 2008); elle n'a donc qu'une incidence minime sur l'activité des machines agricoles.

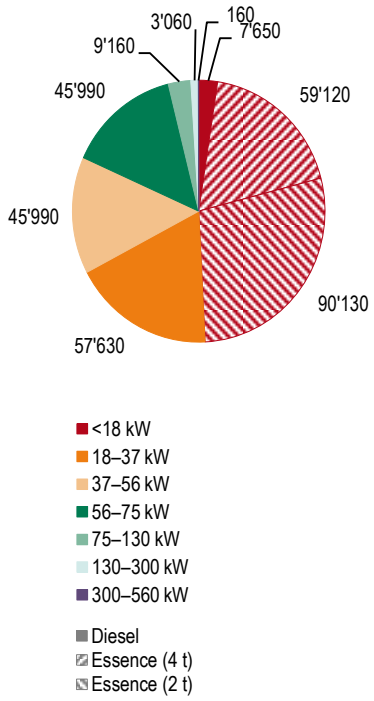
Fig. 26 > Machines agricoles: effectifs 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

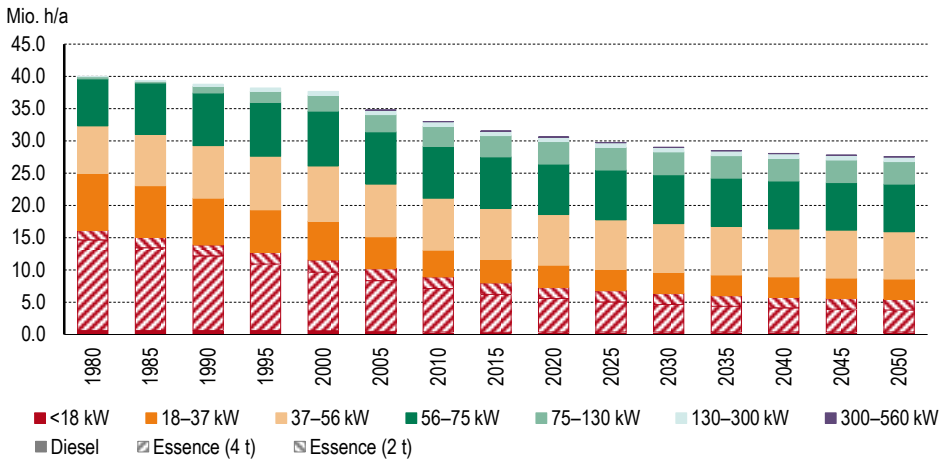
Année de référence des effectifs: 2010.

Effectifs par catégories de machines



Effectifs par classes de puissance





Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.4 Machines destinées à l'exploitation forestière

Les statistiques de l'OFS et la banque de données des effectifs ne livrent que des informations éparses sur la structure quantitative des machines forestières. Cette structure repose donc essentiellement sur des estimations des membres du groupe d'experts ainsi que sur des données des fabricants de machines. S'agissant des catégories de machines plus puissantes, les statistiques du KWF allemand (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.) livrent des chiffres de vente pour la Suisse à partir de 2009 (KWF 2012). Les tracteurs y sont groupés sous la dénomination «débusqueurs à treuil et à pince».

6.4.1 Effectifs

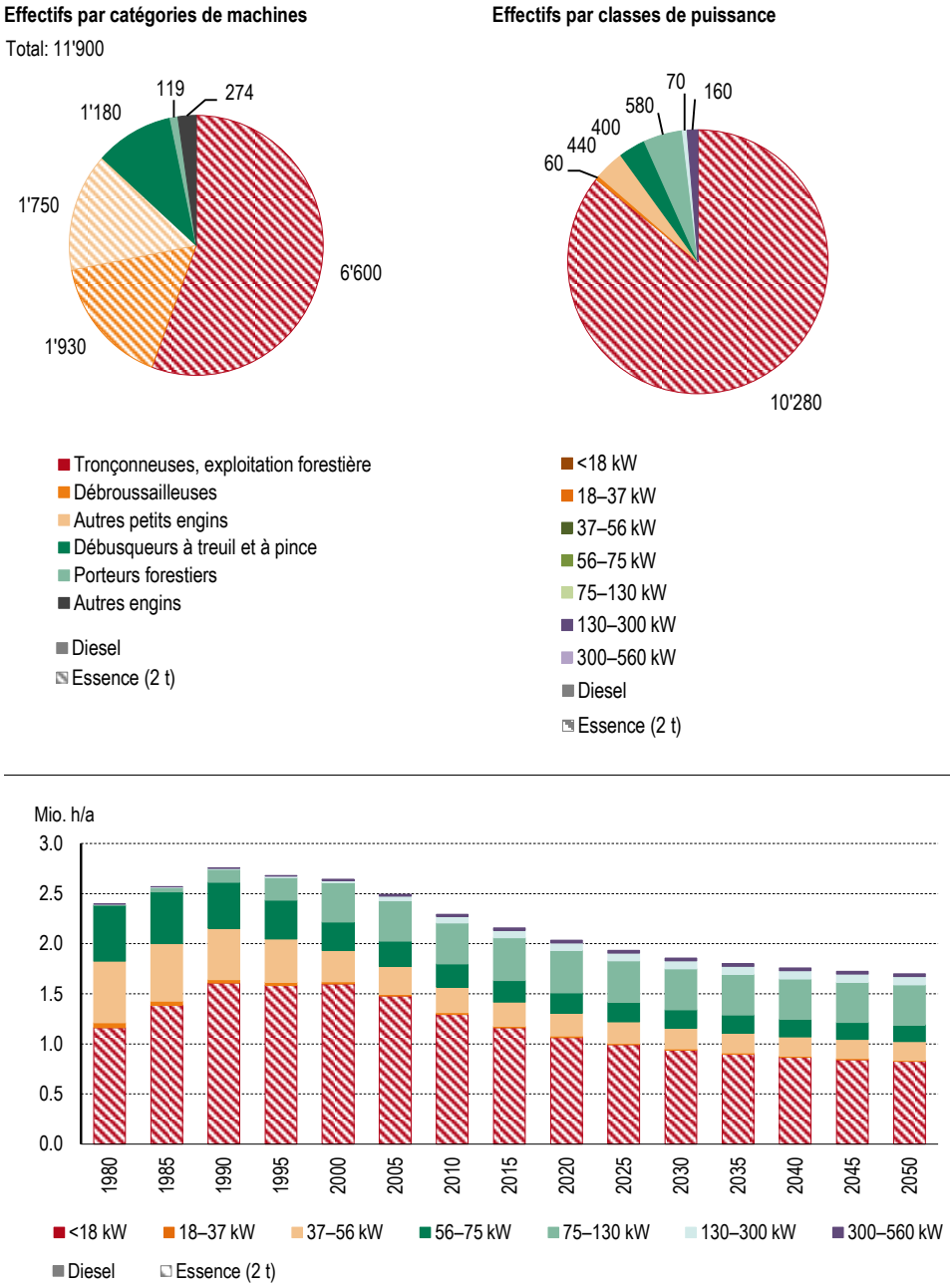
Comme le montre la fig. 27 (en haut à gauche: seulement catégories dont l'effectif est supérieur à 100 machines), la grande partie des machines utilisées dans l'exploitation forestière sont des engins manuels à essence (en majorité tronçonneuses et débroussailleuses). Les machines diesel utilisées sont surtout des débusqueurs à treuil et à pince (= tracteurs).

6.4.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

Suite à la rationalisation des travaux forestiers, on constate depuis 1990 une diminution sensible des heures de service totales, et une augmentation des machines puissantes (fig. 27, en bas). Une autre tendance est la transformation croissante du bois en bois-énergie, mais cela se reflète moins dans les heures de service que dans la consommation d'énergie (voir chap. 8.4).

Fig. 27 > Exploitation forestière: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec un effectif >100 machines.
Année de référence des effectifs: 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.5 Horticulture/loisirs

Le groupe «horticulture/loisirs» rassemble tous les petits engins à usage tant professionnel que privé (loisirs). Outre les engins destinés à l'entretien des jardins, il s'agit aussi des motoneiges, fraises à neige, nettoyeuses, meuleuses et engins de forage.

La structure quantitative de ce groupe d'engins a été établie sur la base des indications de fabricants et d'importateurs de petits engins et des estimations faites par les membres du groupe d'experts. On a considéré que l'effectif moyen était égal au produit du nombre d'engins vendus selon les estimations et de leur longévité moyenne. Les heures de service ont été majoritairement reprises de l'étude précédente (OFEV 2008) et vérifiées avec le concours des membres du groupe d'experts.

Pour segmenter les effectifs par types de moteur (surtout engins à essence) et par classes de puissance, distinction a été faite entre engins portables et non portables. À cet effet, on s'est fondé sur les données techniques des constructeurs et des importateurs, et on a admis que les engins portables étaient équipés de moteurs à essence à 2 temps, les engins non portables fonctionnant avec des moteurs à 4 temps.

6.5.1 Effectifs

La fig. 28 (en haut à gauche: uniquement catégories ayant un effectif supérieur à 50'000 machines) montre que les petits engins sont en grande majorité achetés pour l'horticulture à titre privé (tondeuses à gazon, débroussailleuses, etc.).

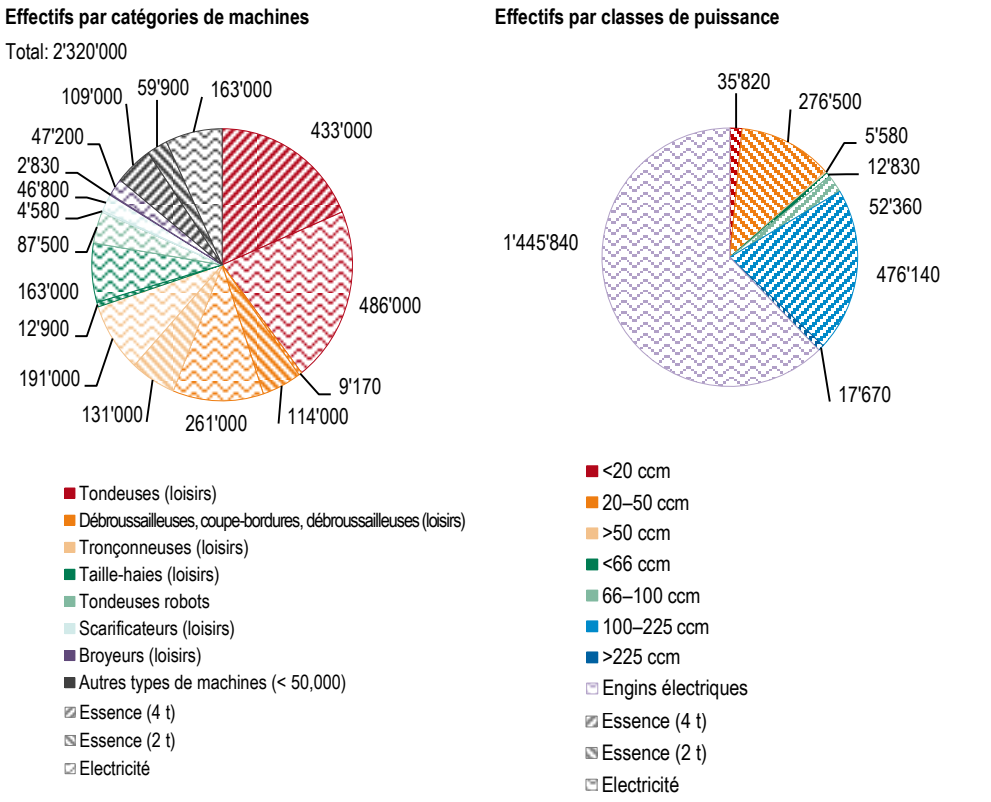
Les moteurs des engins sont très petits, avec des puissances de moins de 10 kW, respectivement 20–50 ccm (moteurs à 2 temps) et 50–225 ccm (moteurs à 4 temps) (fig. 28, en haut à droite). Environ 60 % des engins ont des moteurs électriques. L'effectif des engins dotés d'un moteur à combustion se partage approximativement entre deux tiers de moteurs à 4 temps à essence et un tiers de moteurs à 2 temps.

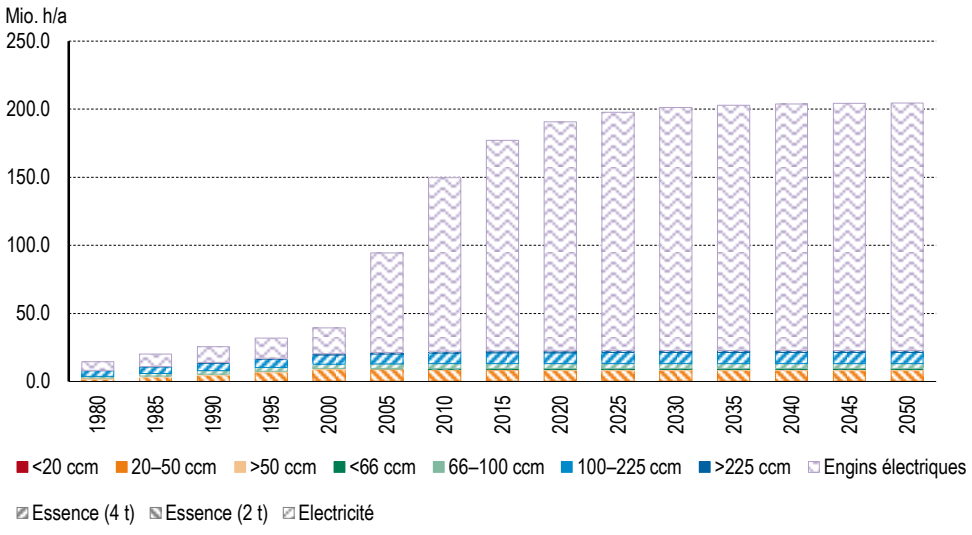
6.5.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

L'évolution de l'effectif et des heures de service de ces engins repose sur des estimations des membres du groupe d'experts. On a admis que les effectifs ont augmenté sensiblement entre 1980 et 2000. Cette croissance a fléchi entre 2000 et 2010. Durant la même période, les heures de service spécifiques des engins n'ont quasiment pas changé. Cependant, il s'est produit dès l'an 2000 un boom des tondeuses robots, lesquelles affichent de très nombreuses heures de service et poussent donc très fortement à la hausse le total des heures de service de ce groupe (fig. 28, en bas). Le durcissement des valeurs limites d'émission à venir et les considérations d'ordre sanitaire donnent à penser que l'on va assister à un déplacement des effectifs en direction des engins électriques à accu, surtout dans le secteur professionnel. Alors que chez les professionnels, l'augmentation des engins à accu se fait au détriment des moteurs à essence, chez les amateurs, les engins électriques à câble sont répandus depuis longtemps déjà; ici, le transfert se fait plutôt entre les engins à câble et les engins à accu.

Fig. 28 > Horticulture/loisirs: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec un effectif >50'000 machines. Année de référence des effectifs: 2010.





Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.6 Bateaux

En Suisse, les effectifs des bateaux sont bien documentés grâce aux statistiques de l'OFS, des services cantonaux et du Land du Vorarlberg. Ce dernier recense les effectifs de toute la région du lac de Constance en les différenciant par classes de puissance. Comme il n'existe pas de statistique correspondante pour les lacs suisses, on a admis que la répartition en classes de grandeur du lac de Constance était représentative de ceux-ci. La répartition des bateaux de passagers, des ferries et des chalands par classes de puissance a été effectuée sur la base des données fournies par les compagnies de navigation. Le fait que beaucoup de bateaux disposent de plusieurs moteurs a été pris en compte par leur subdivision en classes de puissance. Pour ce qui est des bateaux transportant des marchandises sur le Rhin (nouvellement pris en compte dans cette mise à jour de l'inventaire non routier), on fait toutefois la distinction entre les moteurs principaux et les moteurs auxiliaires en les rangeant dans des catégories de machines différentes. La base de données relative aux bateaux de marchandises sur le Rhin ressort d'une étude portant sur leurs émissions (INFRAS 2012).

Les heures de service des bateaux ont été estimées par les membres du groupe d'experts. L'utilisation des bateaux de passagers repose sur les données des exploitants, celle des chalands et des bateaux de marchandises circulant sur le Rhin sur celles des cantons de Bâle-Campagne et Bâle-Ville ainsi que d'INFRAS (2012).

6.6.1 Effectifs

Comme le montre la fig. 29 (en haut à gauche), l'effectif des bateaux est dominé par les bateaux à moteur de location et privés ainsi que par les voiliers (85 %). Par ailleurs, 146 bateaux de passagers, huit ferries et 244 chalands (sans les bateaux de transport de marchandises sur le Rhin) ainsi que près de 1000 bateaux de pêcheurs professionnels étaient en circulation en 2010. Les embarcations militaires ne sont pas comptabilisées dans ce groupe de machines. Elles sont réparties dans le groupe «Armée» (voir chapitre 6.8). L'effectif des bateaux de transport de marchandises sur le Rhin n'est pas chiffrable, on n'en connaît que le nombre de trajets (voir INFRAS 2012). Ils sont donc assimilés à l'effectif des bateaux, ce qui induit presque certainement une surestimation de celui-ci, mais pas du nombre total de leurs heures de service, paramètre finalement prépondérant.

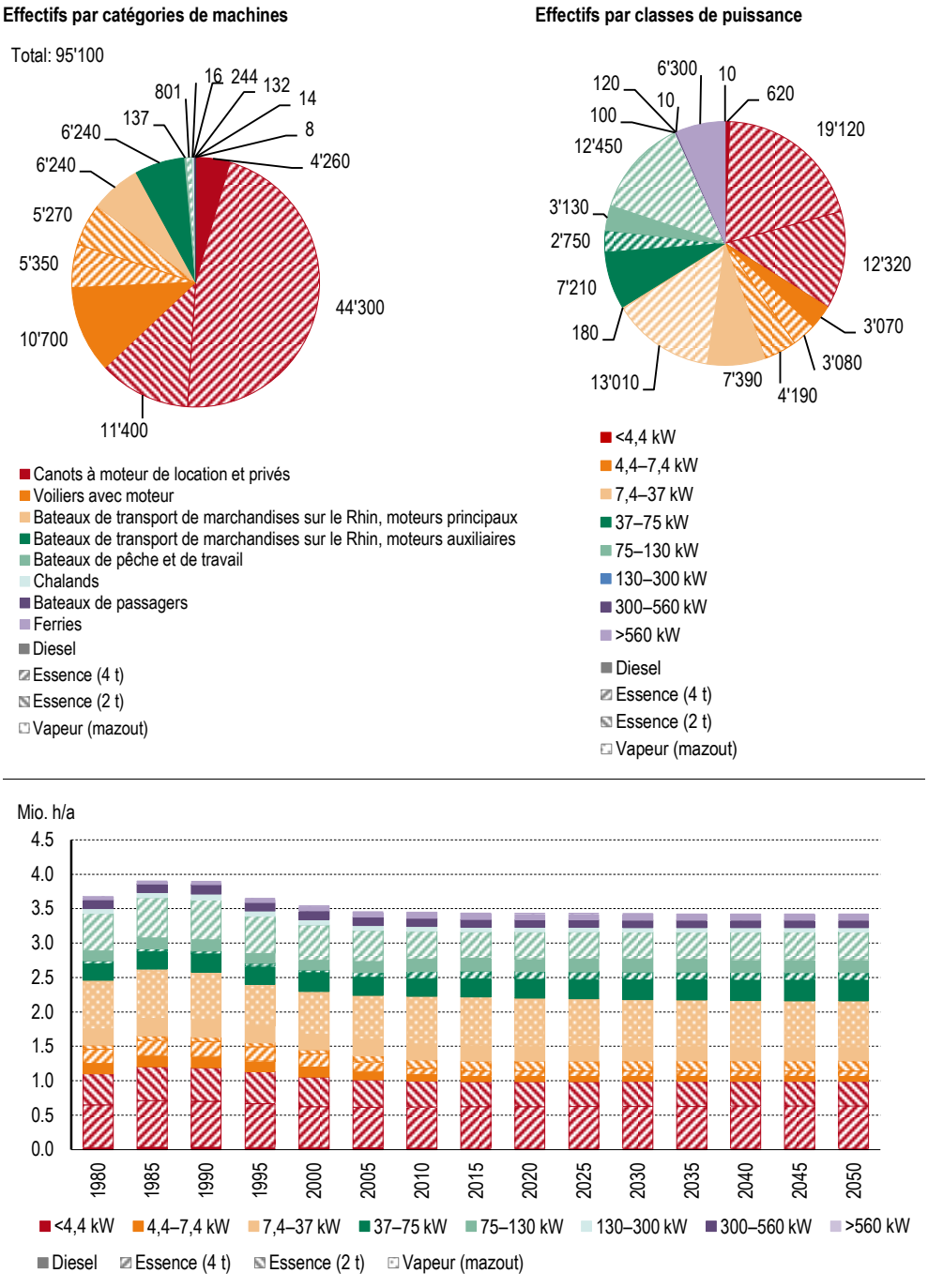
6.6.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

S'agissant du groupe des bateaux, on observe une très grande dispersion dans les heures de service annuelles moyennes. Tandis que les bateaux de plaisance (voiliers, bateaux à moteur de location ou privés) ne sont utilisés que rarement (en moyenne 30 h/a), les bateaux à usage professionnel affichent une moyenne d'heures de service très élevée: 500 h/a pour les bateaux de pêcheurs professionnels et de travail ainsi que les chalands, 1'200 h/a pour les bateaux de passagers et 3'500 h/a pour les ferries. Pour ce qui est des moteurs principaux des bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, on admet, par trajet sur le secteur suisse du Rhin, une durée de 1,5 heure; mais les moteurs auxiliaires restent également en service pendant l'accostage (comme génératrices) et sont utilisés pendant environ 33 heures par trajet (chiffres tirés du tab. 51, p. 180).

Comme le montre la fig. 29 (en bas), la part des bateaux à moteurs à essence a légèrement reculé dans le passé. On ne prévoit pas à l'avenir de grandes fluctuations de la flotte aquatique.

Fig. 29 > Bateaux: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Année de référence des effectifs: 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.7 Rail

En Suisse, les véhicules ferroviaires équipés de moteurs à combustion sont essentiellement des locomotives de manœuvre, des tracteurs sur rail et des locotracteurs (ces derniers fonctionnent aussi bien au diesel qu'à l'électricité). La structure quantitative repose sur les rapports d'activité (BLS 2012, CFF 2012) ainsi que sur d'autres informations des CFF et de la compagnie BLS.

Les véhicules de service recensés dans l'inventaire précédent (OFEV 2008) ne sont plus différenciés dans la statistique des entreprises ferroviaires et ont été intégrés dans les tracteurs sur rail.

6.7.1 Effectifs

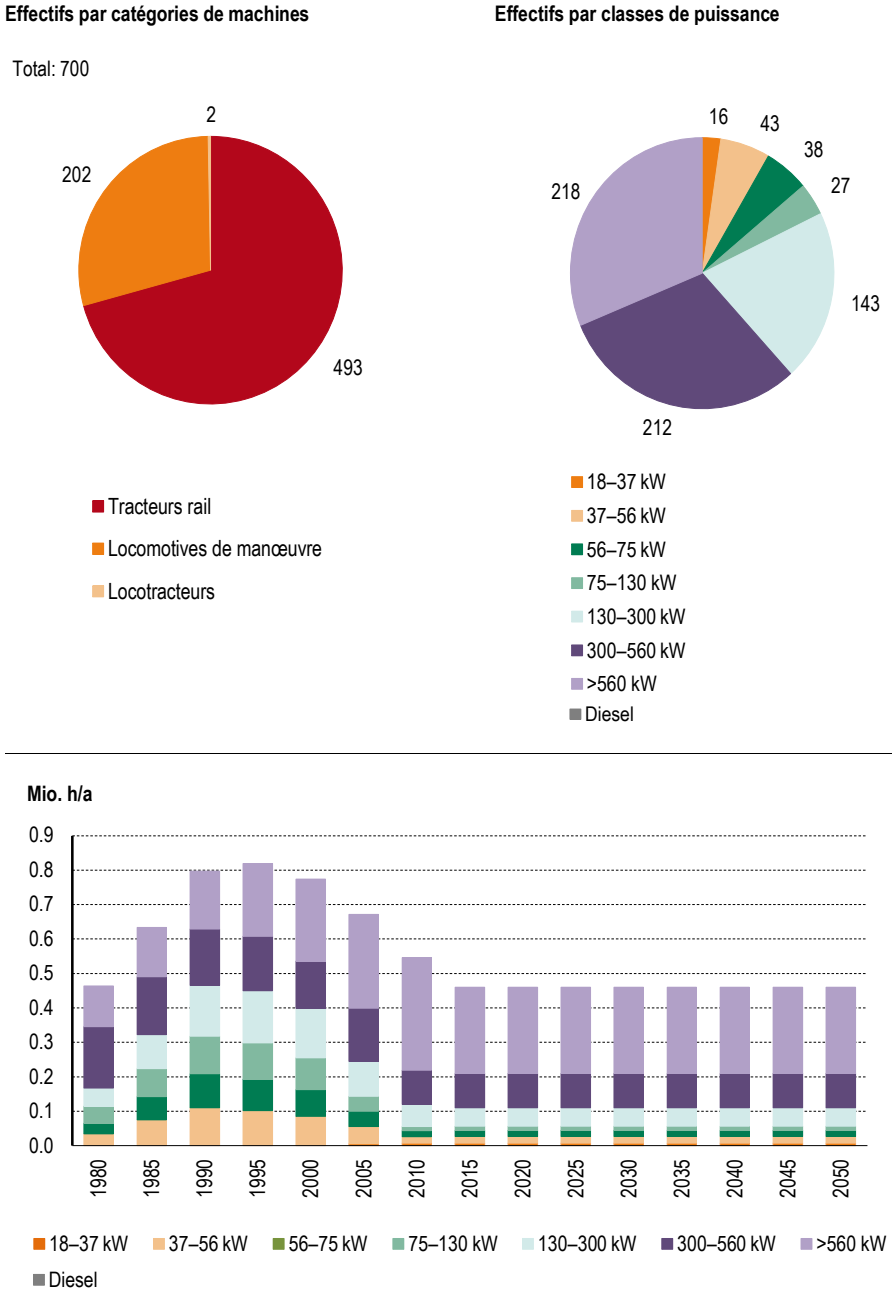
La fig. 30 (en haut à gauche) montre que les véhicules ferroviaires à moteurs à combustion les plus fréquents sur le réseau ferroviaire suisse sont les tracteurs sur rail. Comparativement, le nombre des locomotives diesel est relativement faible. Les véhicules ferroviaires diesel ont une puissance relativement élevée en comparaison de celle des machines diesel d'autres groupes.

6.7.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

Selon les informations des exploitants, l'effectif et les heures de service spécifiques des véhicules ferroviaires diesel ont fortement baissé ces dernières années. En revanche, les compagnies ont acquis des véhicules plus puissants. Cela se reflète dans la répartition des véhicules ferroviaires diesel par classes de puissance (fig. 30, en bas).

Fig. 30 > Rail: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Année de référence des effectifs: 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p. 180.

6.8 Armée

La structure quantitative du groupe des engins militaires non routiers repose sur de nouvelles informations de l'autorité militaire (base logistique de l'armée, BLA). L'effectif considéré correspond à l'effectif total des machines du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS); les heures de service spécifiques correspondent à la moyenne de l'ensemble des véhicules et engins (utilisés et non utilisés). Les heures de service et les effectifs sont des multiples des données figurant dans le précédent inventaire (OFEV 2008), surtout dans le groupe des blindés et des machines de chantier. Les valeurs ont été corrigées avec effet rétroactif pour les années antérieures à l'an 2000. Les motifs de ces dispersions ne sont pas connus, mais les chiffres actuels ont été confirmés par la BLA.

Comparativement à l'inventaire précédent du secteur non routier (OFEV 2008) on tient compte désormais des génératrices de l'armée. De plus, l'inventaire actuel comporte quelques nouvelles catégories de machines (système de pont d'appui 45m, assortiment d'inondations, assortiment transport d'eau), dont les effectifs sont cependant faibles.

6.8.1 Effectifs

Les effectifs des engins militaires sont dominés par les génératrices (fig. 31, en haut à gauche), suivies des blindés, véhicules de très grande puissance (parfois plus de 560 kW). A l'exception d'environ 80 % des génératrices et de quelques embarcations, toutes les machines sont équipées de moteurs diesel.

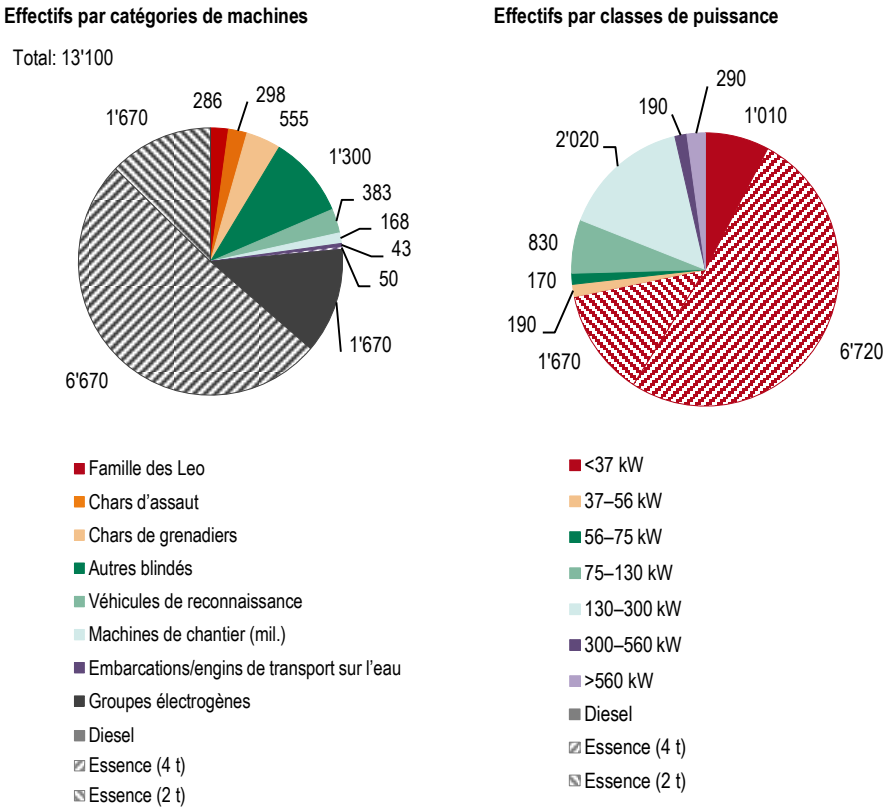
6.8.2 Heures de service et leur évolution temporelle (1980–2050)

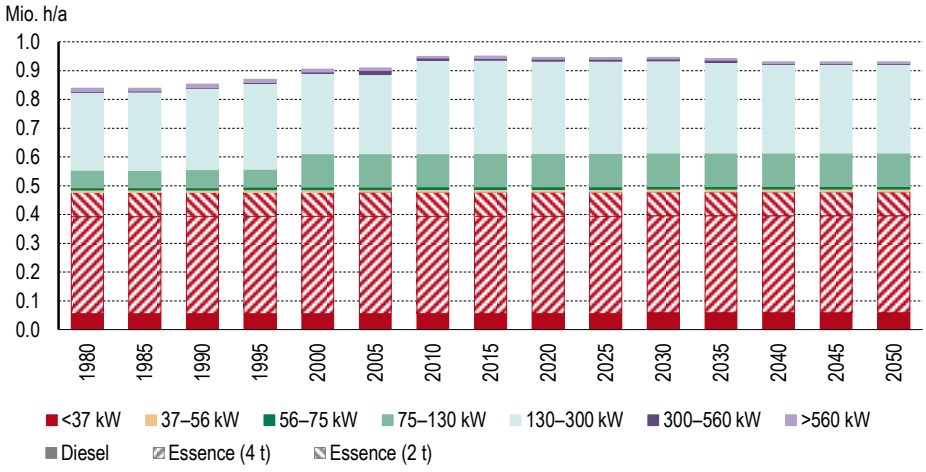
Les heures de service accomplies par les engins de l'armée sont également dominées par celles des génératrices, suivies des blindés. Pour ces derniers, les chars de grenadiers ont presque entièrement été remplacés par différents types de blindés à roues ces dix dernières années. Depuis l'an 2000 sont venus s'ajouter à cet effectif les véhicules de reconnaissance de la famille «Eagle».

Selon des informations du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS), on peut s'attendre à un léger recul des activités des engins militaires.

Fig. 31 > Armée: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: fusion des catégories des machines de chantier et embarcations/ engins servant au transport d'eau.
Année de référence des effectifs: 2010.





Aide de lecture: les couleurs désignent les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures indiquent le type de moteur.
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 51, p.180.

7 > Consommation d'énergie et émissions polluantes

7.1 Consommation d'énergie en 2010

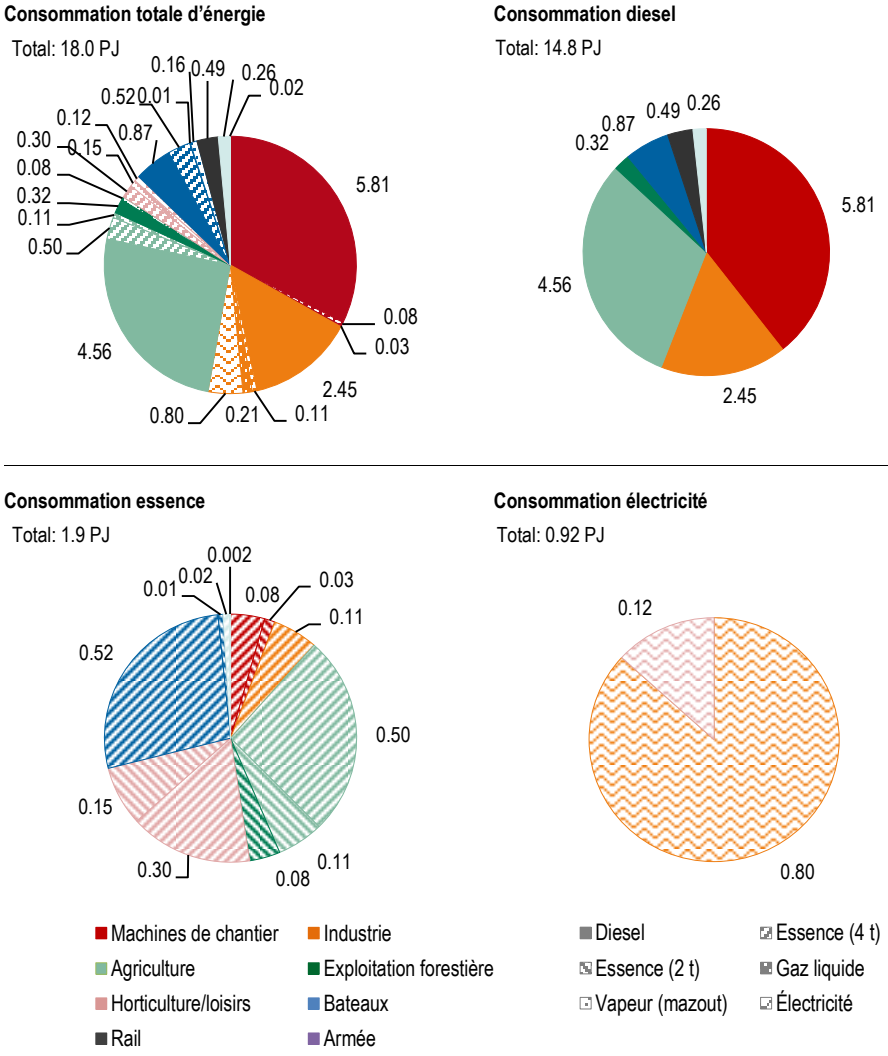
La fig. 32 montre la consommation de carburant et d'électricité du secteur non routier en 2010 selon le modèle appliqué. On constate que c'est la consommation de diesel qui prédomine dans ce secteur (14,8 PJ en 2010). Elle est plus de sept fois supérieure à la consommation d'essence. À noter également que, d'après la statistique de l'énergie, elle représente près de 15 % des ventes totales d'huile diesel en Suisse (97,8 PJ, OFEN 2011). Les 1,4 million de tonnes restantes sont surtout consommées par le trafic routier (OFEV 2010).

En dépit des heures de service et des effectifs élevés, avec 0,92 PJ/a, les engins électriques ne consomment que 5 % environ de l'énergie dépensée dans l'ensemble du secteur non routier. Cela tient au fait que la plupart des engins électriques sont de petits engins de faible puissance utilisés pour le jardinage. Les autres moteurs électriques non routiers, les plus grands élévateurs et les plateformes élévatrices utilisés dans l'industrie, consomment environ 87 % de l'électricité utilisée par le secteur non routier, cela en dépit de leurs effectifs bien plus faibles et de leurs petits nombres d'heures de service.

Dans le secteur non routier, ce sont les machines de chantier et les machines agricoles qui consomment le plus d'énergie, à savoir, respectivement, 33 % et 29 % de la consommation totale d'énergie du secteur. Sur ce point, les machines de chantier ont donc dépassé l'agriculture depuis la dernière actualisation de l'inventaire (OFEV 2008).

Fig. 32 > Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010 in PJ/a

Année de référence 2010.



Aide de lecture: les couleurs désignent les groupes de machines, les hachures délimitent les types de moteur. Chiffres tirés du tab. 14, p. 79.

Tab. 14 > Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010

Effectifs et heures de service des groupes d'émetteurs non routiers en 2010. Valeurs arrondies.

Groupe de machines	Consommation de carburant [t/a]			Consommation d'électricité [GJ]	Consommation totale d'énergie [PJ]
	Diesel[13]	Essence	Gaz liquide		
Mach. de chantier	135'800	2'561	-	-	5,92
Industrie	57'200	2'610	5'840	799	3,57
Agriculture	106'700	14'390	-	-	5,18
Exploit. forestière	7'460	1'770	-	-	0,39
Horticulture/loisirs	-	10'560	-	122	0,57
Bateaux	24'010	12'586	-	-	1,56
Rail	11'500	-	-	-	0,49
Armée	5'990	426	-	-	0,27
Total secteur non routier	**348'700**	**44'900**	**5'840**	**921**	**18,0**

7.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

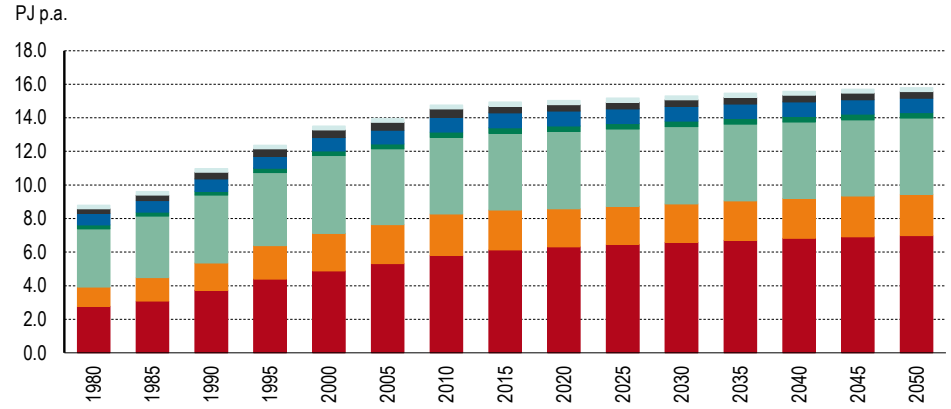
La fig. 33 met en évidence l'évolution de la consommation de diesel, d'essence et d'électricité selon le modèle. On y voit que la consommation de diesel du secteur non routier a sensiblement augmenté entre 1980 et 2010. Il est très probable que cette tendance se poursuivra ces prochaines années, certes plus lentement. La consommation d'essence, elle, va probablement reculer puisqu'à l'avenir, on utilisera moins de machines à essence, notamment dans l'agriculture, et que, dans les petits engins, les moteurs à essence seront de plus en plus remplacés par des moteurs électriques. À relever sur un plan général que les pronostics sont d'autant moins fiables que leur horizon est lointain (voir chap. 4.2.2).

L'évolution de la consommation d'électricité dépend surtout de l'évolution à venir des élévateurs puisque ceux-ci se taillent la part du lion dans le secteur non routier. Trois paramètres interagissent dans ce domaine: l'effectif des élévateurs connaît un léger recul depuis l'an 2000, tendance qui va se perpétuer au vu de l'automation croissante de la logistique. Parallèlement, les moteurs électriques sont de plus en plus représentés dans ces engins. Enfin, l'évolution technologique permet de prévoir une amélioration de leurs rendements (voir tab. 42, p. 170). La combinaison de ces trois tendances plaide globalement pour un léger recul probable de la consommation d'électricité des élévateurs d'ici en 2050. S'agissant des engins de jardin électriques, on observe une forte hausse de la consommation d'électricité, tendance qui se poursuivra plus lentement à l'avenir; à partir de 2020, selon les hypothèses, l'amélioration du rendement induira une baisse de l'activité et, globalement, une très légère diminution de la consommation. Ces considérations donnent à penser que la consommation d'électricité reculera globalement dans le secteur non routier à partir de 2020 environ.

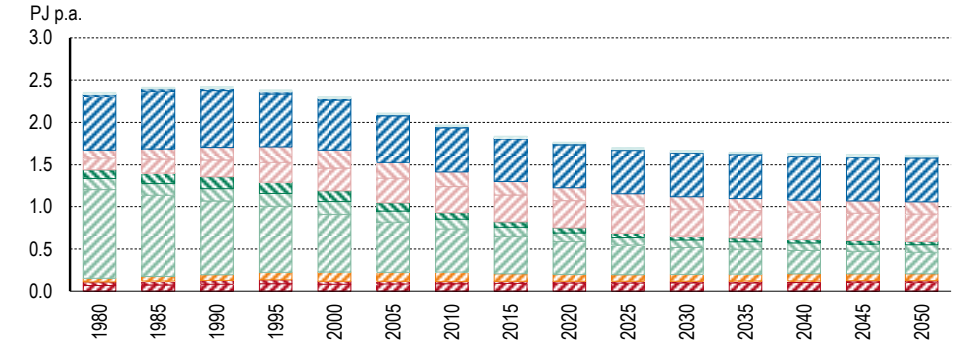
[13] Pour les bateaux, y c. l'huile de chauffage alimentant les bateaux à vapeur

Fig. 33 > Évolution de la consommation d'énergie du secteur non routier

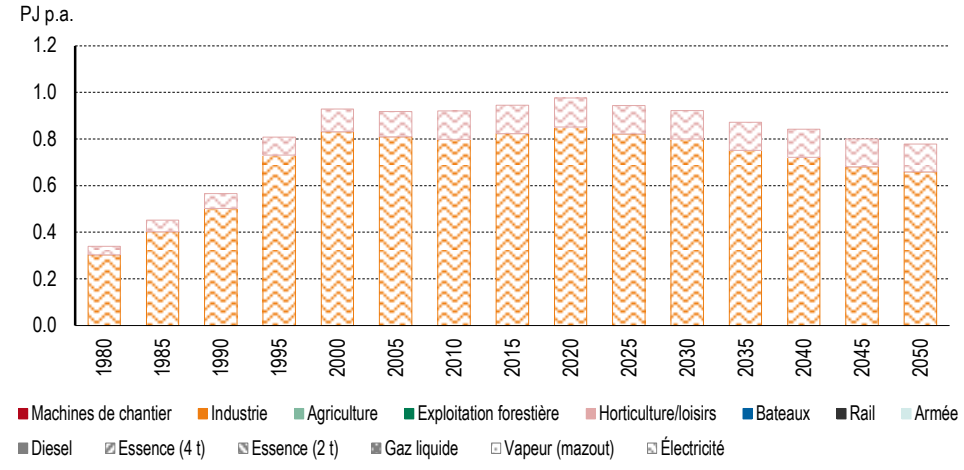
Consommation diesel



Consommation essence



Consommation électricité



Aide de lecture: les couleurs désignent les groupes de machines, les hachures délimitent les types de moteur. Chiffres tirés du Tab. 53, p. 185

7.3 Émissions en 2010

La fig. 34 schématise l'apport des différents groupes d'émetteurs aux émissions de polluants réglementés du secteur non routier, à savoir le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes d'azote (NO_x) et les particules fines (PM). Selon les polluants, ces apports varient d'un groupe d'engins et de machines à l'autre.

Dans le cas du monoxyde de carbone (CO) et des hydrocarbures (HC), de loin la plus grande partie des émissions est produite par les machines agricoles. Cela est dû notamment aux faucheuses à un essieu utilisées dans l'agriculture, qui ont une puissance nominale relativement importante et présentent des facteurs de charge très élevés. Par ailleurs, les engins utilisés dans l'horticulture/loisirs prennent une part prépondérante aux émissions de CO et de HC du secteur non routier. Cela est lié au grand nombre de moteurs à essence dans ce groupe d'engins.

Pour ce qui est des oxydes d'azote (NO_x), ce sont les machines de chantier et les machines agricoles qui sont de loin les deux plus grandes sources d'émissions. Toutefois, les machines mobiles en usage dans l'industrie, les bateaux ainsi que dans une moindre mesure les engins ferroviaires, génèrent une part significative des émissions de NO_x du secteur non routier.

Si les machines de chantier émettaient encore à peu près autant de particules fines que les machines agricoles en 2005 (OFEV 2008), c'est actuellement l'agriculture qui en est de loin la plus grande source d'émission. Grâce à l'obligation des filtres à particules inscrite dans l'OPair (en vigueur depuis 2009), les particules fines émises par les machines de chantier ne représentaient en 2010 plus que le quart de celles causées par l'agriculture.

La fig. 35 montre la part des différents groupes d'émetteurs aux émissions de polluants non réglementés du secteur non routier: composants des hydrocarbures, méthane (CH_4), hydrocarbures non méthaniques (NMHC) et benzène (C_6H_6), ainsi que protoxyde d'azote (N_2O), ammoniac (NH_3) et nombre de particules (PN).

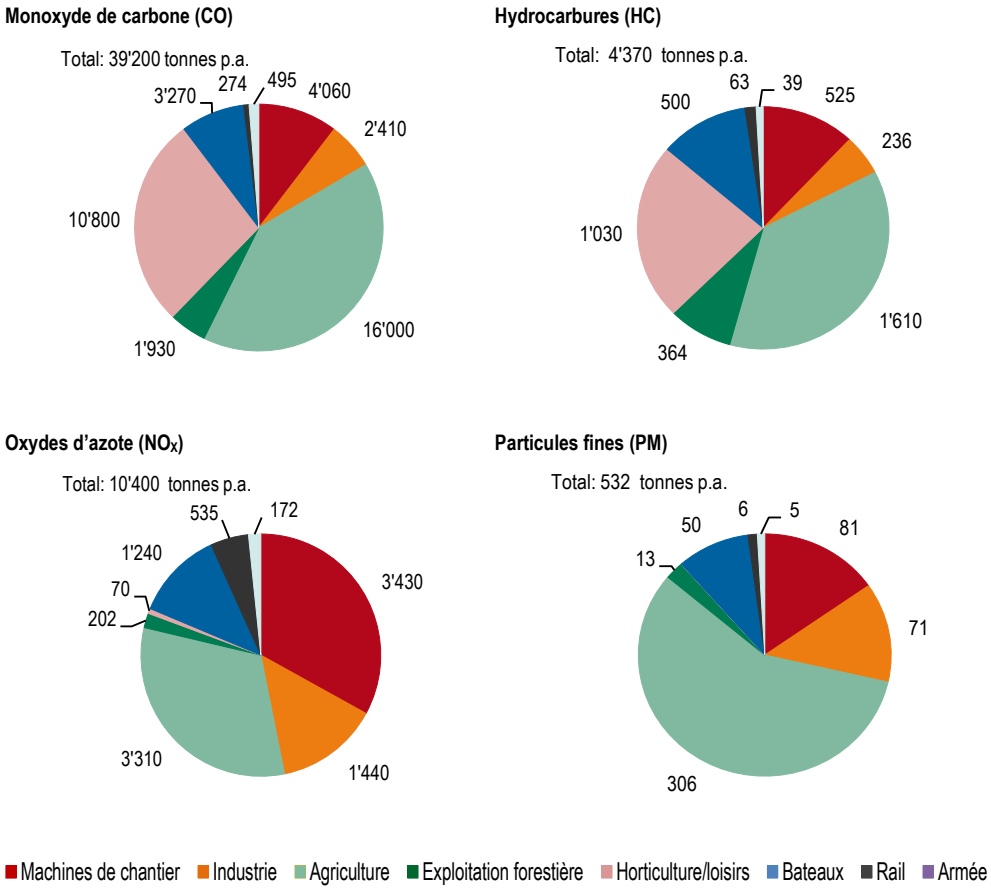
Pour ce qui est des composants des hydrocarbures, la part des différents groupes d'émetteurs au total est bien sûr similaire à ce qu'elle est pour les hydrocarbures totaux. Néanmoins, elle s'en distingue légèrement suivant les composants, car les parts des différents composants aux hydrocarbures totaux varient suivant le type de carburant et la technologie des moteurs. Ainsi, les engins de jardin contribuent plus aux émissions totales de méthane qu'aux hydrocarbures totaux étant donné que les moteurs à essence à 2 temps sont très représentés dans ces engins et qu'ils présentent des concentrations de méthane plus élevées dans leurs émissions d'hydrocarbures totaux (7 %) que les moteurs à essence à 4 temps et que les moteurs diesel (resp. 3,4 et 2,4 %). Logiquement, l'effet est inverse pour les hydrocarbures non méthaniques.

S'agissant du benzène, les engins de jardin et l'agriculture contribuent pour une part plus importante aux émissions totales qu'aux hydrocarbures totaux car en général beaucoup de moteurs à essence sont utilisés dans ces groupes; avec une part de 0,8 % aux hydrocarbures totaux, ils présentent même après l'introduction en l'an 2000 de la

valeur limite abaissée du benzène dans l'essence des émissions spécifiques de benzène beaucoup plus élevées que les moteurs diesel (0,15 % des hydrocarbures totaux).

Les machines de chantier sont les plus grandes émettrices de protoxyde d'azote, suivies des machines agricoles et industrielles. Cela tient au fait que les moteurs diesel et les moteurs à essence à 4 temps, qui sont les plus représentés dans ce groupe, produisent trois fois plus d'émissions spécifiques que les moteurs à essence à 2 temps.

Fig. 34 > Émissions de polluants réglementés du secteur non routier en 2010



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 15.

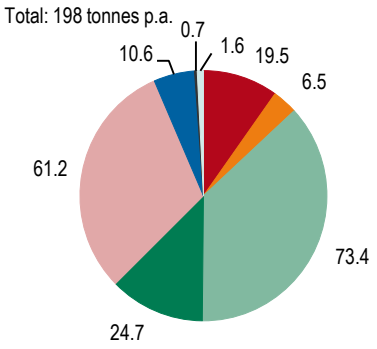
Tab. 15 > Émissions de polluants réglementés du secteur non routier en 2010

Valeurs arrondies.

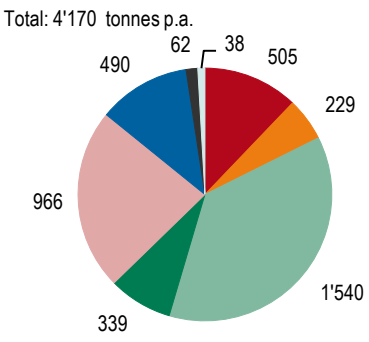
Groupe de machines	Monoxyde de carbone (CO) [t/a]	Hydrocarbures (HC) [t/a]	Oxydes d'azote (NO_X) [t/a]	Particules fines (PM) [t/a]	Dioxyde de carbone (CO_2) [t/a]
Mach. de chantier	4'060	525	3'430	81	435'800
Mach. industrielles	2'410	236	1'440	71	203'200
Agriculture	16'000	1'610	3'310	306	381'300
Exploit. forestière	1'930	364	202	13	29'000
Horticulture/loisirs	10'800	1'030	70	-	33'200
Bateaux	3'270	500	1'240	50	115'000
Rail	274	63	535	6	36'200
Armée	495	39	172	5	20'200
Total secteur non routier	**39'200**	**4'370**	**10'400**	**532**	**1'254'000**

Fig. 35 > Émissions de polluants atmosphériques non réglementés du secteur non routier en 2010

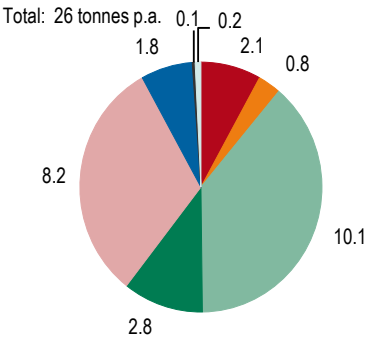
Méthane (CH_4)



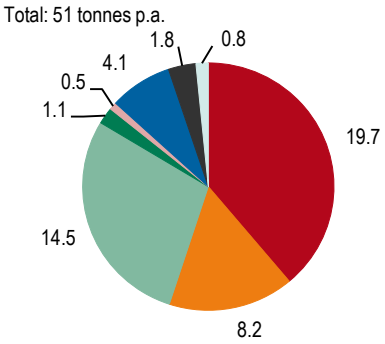
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)



Benzène (C_6H_6)



Protoxyde d'azote (N_2O)



■ Machines de chantier ■ Industrie ■ Agriculture ■ Exploitation forestière ■ Horticulture/loisirs ■ Bateaux ■ Rail ■ Armée

Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le Tab. 16.

Tab. 16 > Émissions de polluants atmosphériques non réglementés du secteur non routier en 2010

Valeurs arrondies.

Groupe de machines	Méthane (CH_4) [t/a]	Hydrocarbures non méthaniques (NMHC) [t/a]	Benzène (C_6H_6) [t/a]	Protoxyde d'azote (N_2O) [t/a]
Mach. de chantier	20	505	2	20
Mach. industrielles	7	229	1	8
Agriculture	73	1'540	10	14
Exploit. forestière	25	339	3	1
Horticulture/loisirs	61	966	8	–
Bateaux	11	490	2	4
Rail	1	62	–	2
Armée	2	38	–	1
Total secteur non routier	**198**	**4'170**	**26**	**51**

7.4 Évolution des émissions

7.4.1 Évolution relative des émissions

L'évolution des émissions totales du secteur non routier, tous groupes d'engins confondus, ressort de la fig. 36. On constate que, jusqu'en 1995, ces émissions ont augmenté pour pratiquement tous les polluants considérés. Les émissions de benzène, elles, ont drastiquement diminué en raison de l'introduction de la limitation de cette substance dans l'essence en l'an 2000. À partir de 2002, soit avec l'entrée en force des premiers niveaux d'émission de l'UE (voir annexe A3, page 146ss), il s'est produit un recul sensible des émissions de tous les polluants à l'exception du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote. Le recul le plus fort concerne les émissions de particules, dont on pronostique qu'elles représenteront respectivement 12 % et 5 % de leur valeur actuelle en 2030 et 2050. Ce recul est à mettre au compte aussi bien des moteurs moins polluants qu'à la pénétration croissante des filtres à particules sur le marché (hypothèses selon fig. 23).

En revanche, l'évolution des émissions de dioxyde de carbone est moins dynamique que celle des autres émissions polluantes. Pour l'essentiel, elle suit le profil des heures de service dans le secteur non routier (fig. 20).

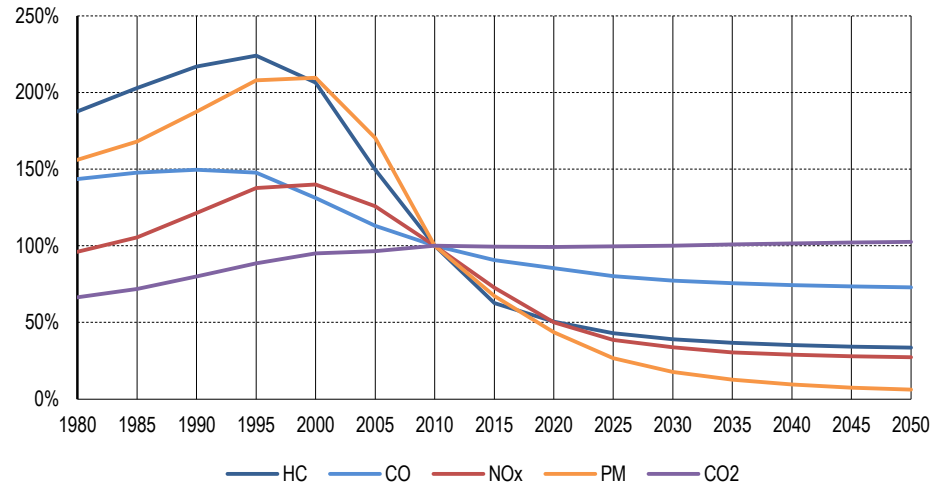
Fig. 36 > Évolution relative des émissions du secteur non routier comparativement aux valeurs de 2010

a) Évolution relative des polluants atmosphériques réglementés et du CO_2
b) Évolution relative des polluants atmosphériques non réglementés

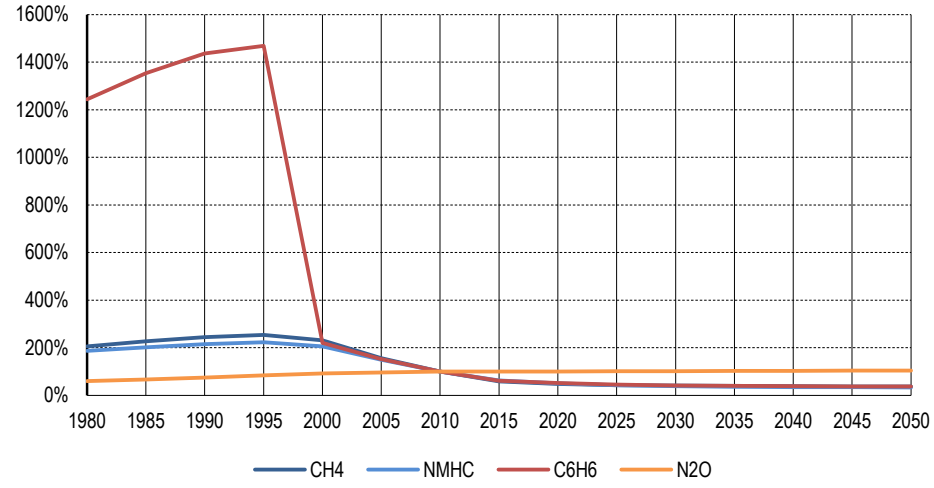
L'évolution des émissions polluantes est indexée sur 2010.

Celle des émissions de particules (PM) est liée à l'évolution du parc des machines équipées de filtres à particules (selon fig. 23).

a)



b)



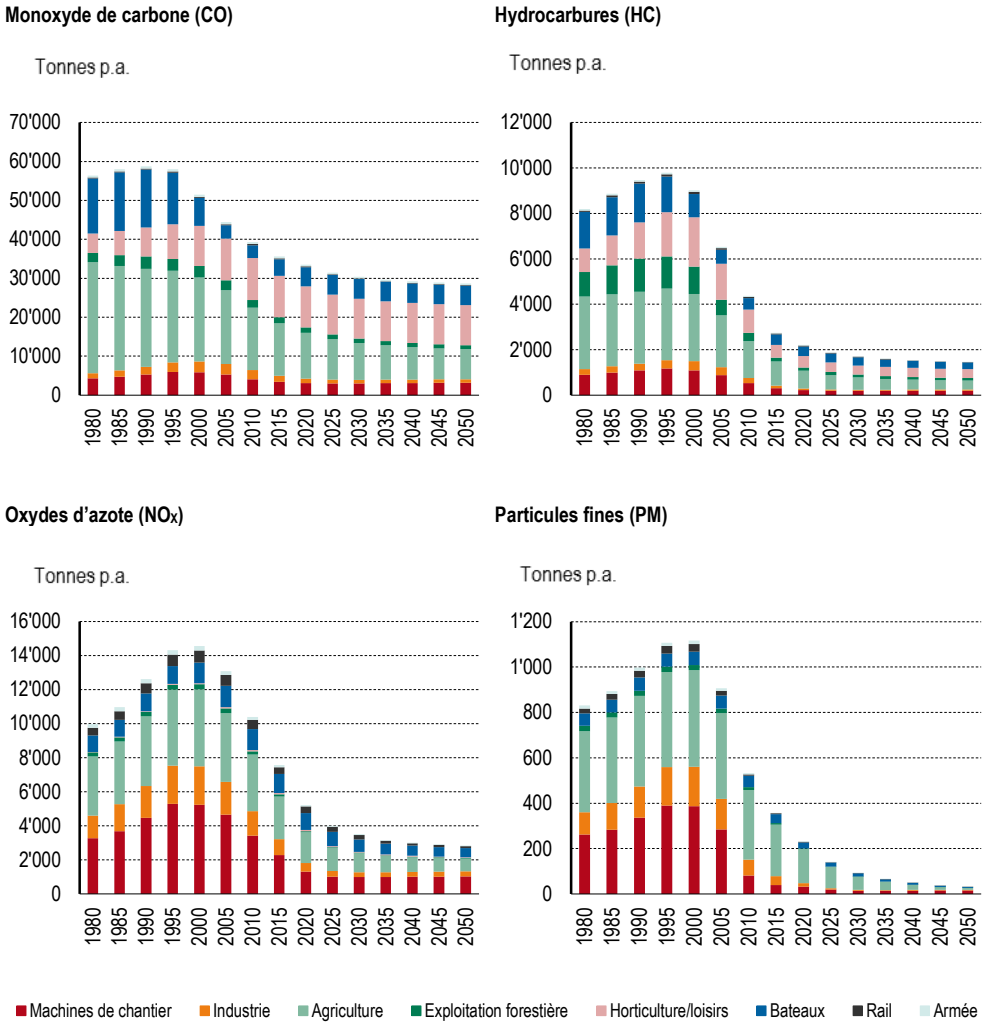
Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 54 p. 186.

7.4.2 Évolution des émissions par groupes

La fig. 37 trace l'évolution des émissions polluantes pour les quatre substances classiques réglementées (CO, HC, NO_x et PM10) en fonction des groupes d'engins qui en sont la cause.

Fig. 37 > Évolution des émissions polluantes

Évolution des émissions des polluants réglementés (1980–2050).



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le tab. 54 p. 186.

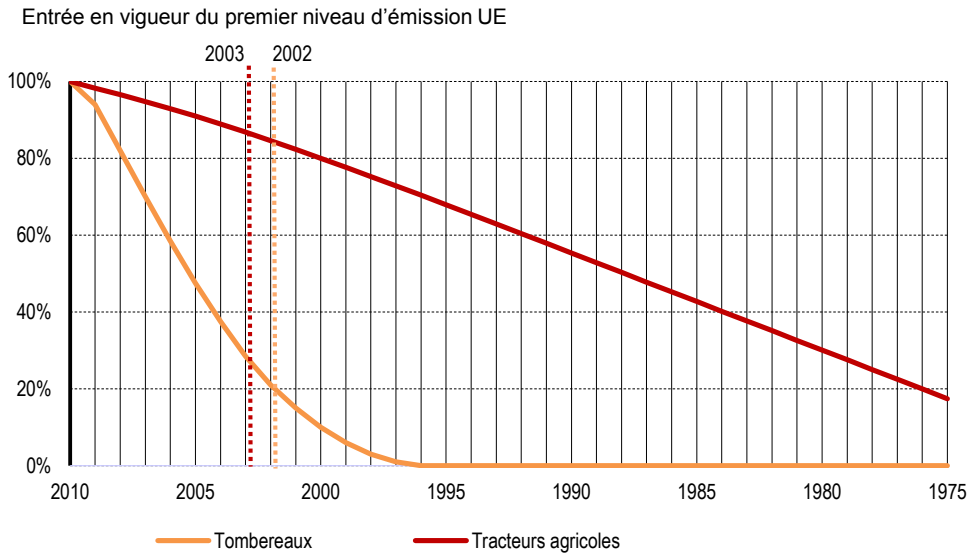
A priori, on peut escompter que les émissions de tous les polluants cités vont reculer ces prochaines années. Le recul de celles de monoxyde de carbone est toutefois sensiblement plus lent que celui des autres polluants. De plus, on observe que l'ampleur de la réduction varie d'un groupe de machines ou d'engins à l'autre. Ainsi, les émissions de particules des machines de chantier diminuent nettement plus vite que celles des machines agricoles. Conséquence: à l'avenir, et en dépit de leur diminution en valeur

absolue, les machines agricoles vont avoir une part relative plus grande aux émissions de PM. Ce phénomène a trois explications:

- Un certain nombre de machines de chantier étaient déjà équipées de filtres à particules en 2010 en raison des dispositions de l'OPair (OFEV 2009) (82 % des machines >37 kW, voir fig. 23), alors que les machines agricoles ne l'étaient pas encore de manière notable. Même dans le futur, l'équipement de ces machines restera plutôt modeste puisqu'aucune obligation n'est envisagée actuellement pour elles.
- Le parc des machines de chantier est plus jeune que celui des machines agricoles, comme le montre la fig. 38. En conséquence, la part de machines relativement récentes, et partant moins polluantes, est plus grande dans le secteur de la construction que dans l'agriculture.
- Les premières valeurs limites d'émission de l'UE sont entrées en vigueur plus tôt pour les machines de chantier que pour les machines agricoles. Ce facteur, associé au fait que le parc des machines de chantier est plus jeune que celui des machines agricoles, a eu pour effet qu'en 2005, 40 % de la plupart des catégories de machines de chantier respectaient les valeurs limites d'émission de l'UE contre seulement 8 % des tracteurs (fig. 38).

Fig. 38 > Répartition de l'âge des machines de chantier et des machines agricoles

Les lignes continues représentent les répartitions des âges; les lignes pointillées indiquent l'année d'entrée en force du premier niveau d'émission UE (un an plus tôt pour les machines de chantier que pour les machines agricoles). Attention: les droites pointillées indiquant l'entrée en force des valeurs limites sont déplacées d'un an (p. ex. 2003 → 2002), parce que l'ensemble du parc en service l'année de leur mise en vigueur doit satisfaire la valeur limite.



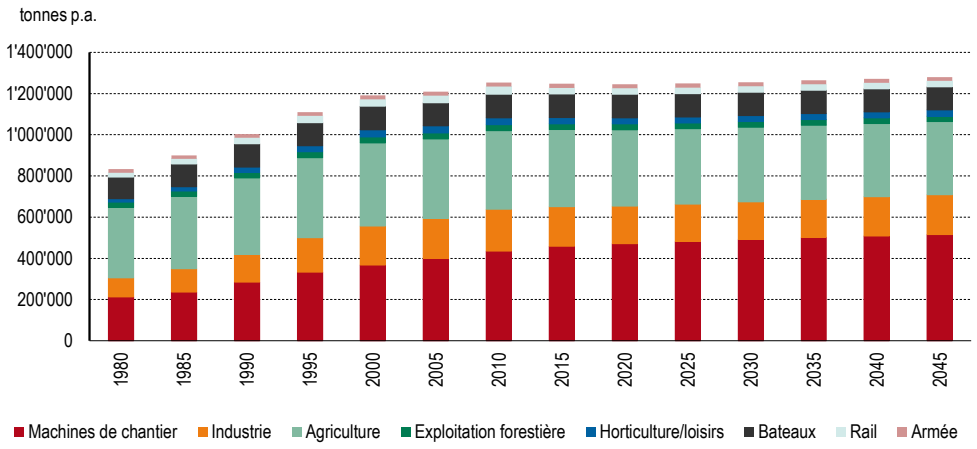
Exemple de lecture: en 2010, 80 % des excavatrices/tombereaux satisfaisaient déjà la norme UE I (car 80 % de ces engins avaient moins de 9 ans et ont donc été mis en circulation après l'introduction de la norme UE I).

7.4.3 Évolution des émissions de CO_2

Les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) sont une conséquence directe de la consommation de carburant, et lui sont directement couplées. Les facteurs de conversion correspondants sont indiqués au tab. 44, p. 172.

En 2010, les émissions de CO_2 du secteur non routier totalisaient 1,3 million de tonnes. Cela correspond à 2,7 % des émissions totales de CO_2 en Suisse (45,9 mio. t/a, OFEV 2014). De 1990 à 2010, les émissions de CO_2 du secteur non routier ont augmenté de 25 %. Pour les années à venir et jusqu'en 2050, on ne prévoit qu'une faible poursuite de cette croissance, certes, mais on n'observe pas non plus de tendance à la mise en circulation de machines moins gourmandes comme c'est le cas dans le trafic routier (OFEV 2010).

Fig. 39 > Évolution des émissions de CO_2 du secteur non routier



Les valeurs chiffrées sont indiquées dans le Tab. 54 p. 186.

8 > Consommation d'énergie et émissions polluantes des différents groupes de machines

8.1 Machines de chantier

8.1.1 Consommation d'énergie

À la différence de la composition du parc des machines de chantier, ce sont les pelles sur chenilles ainsi que les chargeuses sur pneus et chenilles qui dominent la consommation de carburant, puisqu'elles sont responsables de 54 % de celle-ci (fig. 40, en haut). Ensemble, les différents types de pelles (minipelles, c.-à-d. pelles <37 kW, ainsi que les grandes pelles sur chenilles et sur pneus) consomment 42 % de l'énergie dépensée par les machines de chantier mobiles. Dans le secteur de la construction, les engins dotés de moteurs à essence ne jouent qu'un rôle secondaire quant à la consommation de carburant.

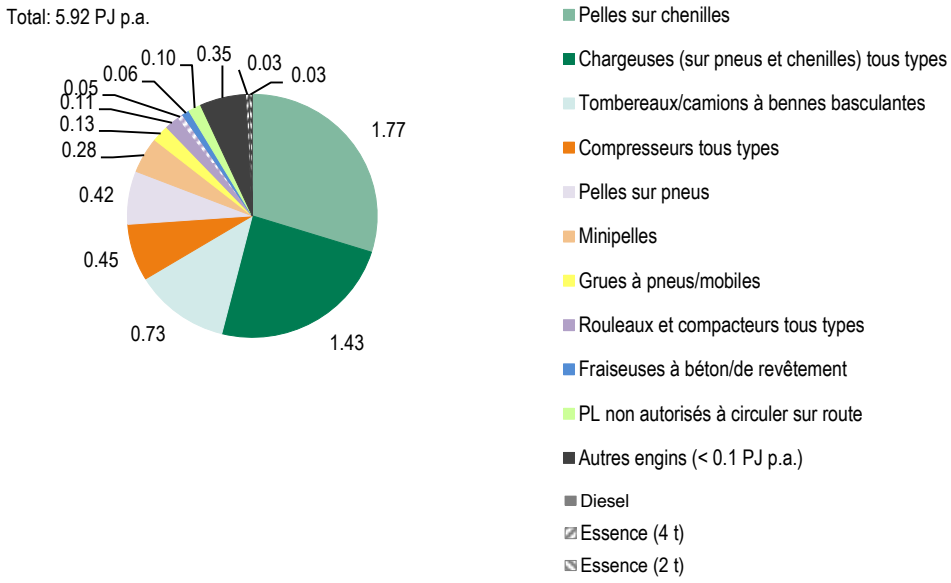
8.1.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

L'évolution de la consommation d'énergie (fig. 40, en bas) montre une croissance sensible de l'importance des grandes machines d'une puissance de plus de 130 kW. Leur part à la consommation totale a presque triplé entre 1980 et 2010, et progressera probablement encore de 20 % d'ici en 2050.

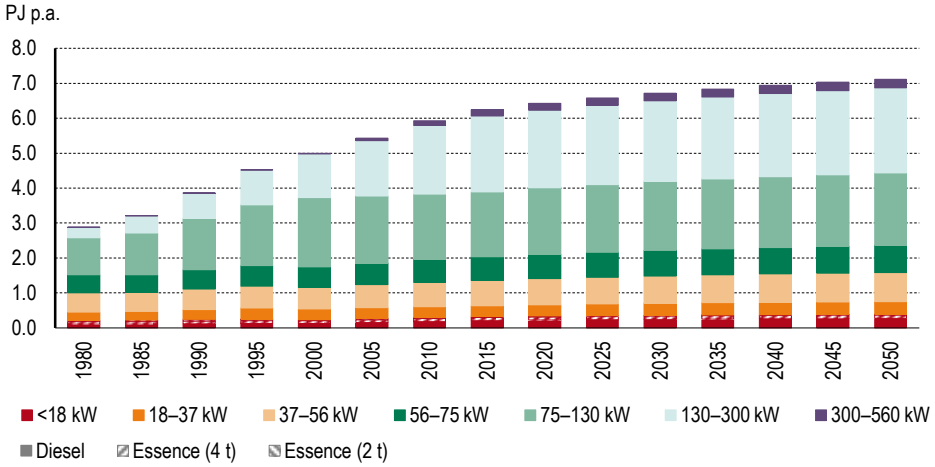
Fig. 40 > Machines de chantier: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,1 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 55, p. 188

8.1.3 Émissions

Les pelles sur chenilles ainsi que les chargeuses sur pneus et sur chenilles sont également dominantes sous l'angle des émissions d'oxydes d'azote (fig. 41 en haut à gauche). Pour ce qui est des particules fines, les pelles sur chenilles ne viennent cependant qu'en troisième position derrière les chargeuses et les minipelles. Cela s'explique par le fait que l'obligation concernant les filtres à particules inscrite dans l'OPair est plus sévère pour les plus grandes machines (entrée en vigueur seulement en 2010 pour les machines de 18–37 kW, pas d'obligation pour les machines <18 kW, voir OFEV 2009); les valeurs limites de l'UE appliquées aux particules sont elles aussi plus élevées pour les petites machines (voir tab. 28, p. 154).

8.1.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

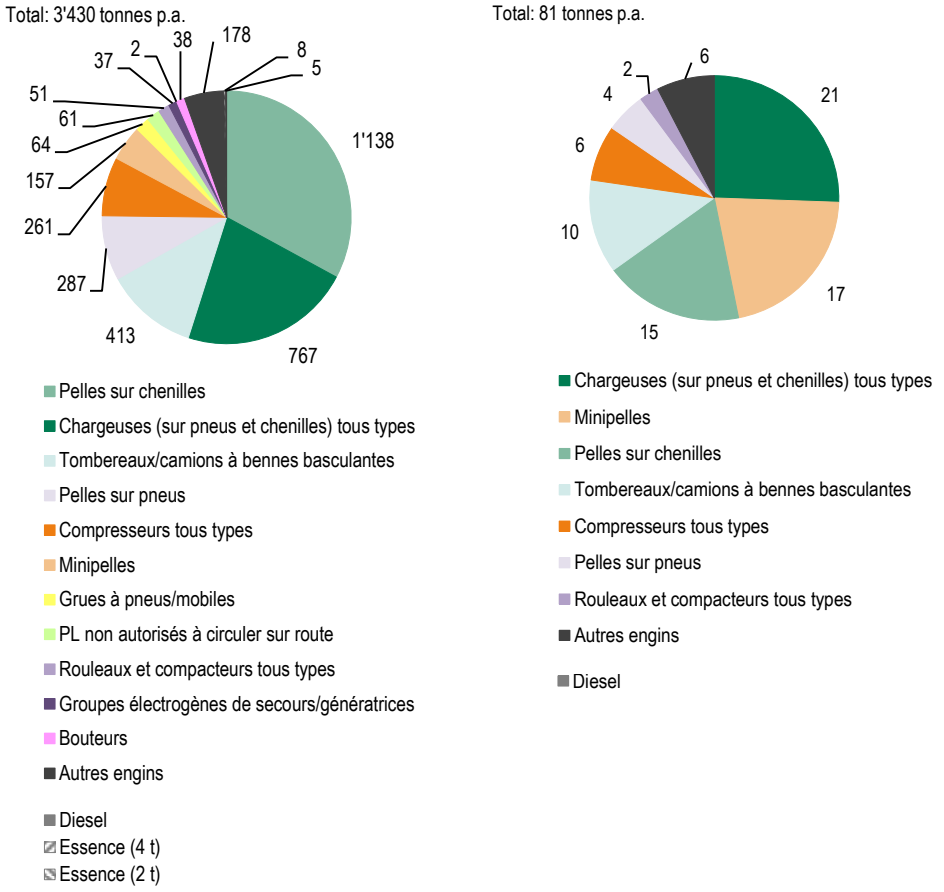
Les émissions d'oxydes d'azote ont sensiblement diminué ces dernières années grâce aux prescriptions européennes sur les gaz d'échappement et à l'entrée en vigueur de l'OPair, et elles continueront probablement à diminuer ces prochaines années (fig. 41, en bas à gauche), jusqu'à atteindre, en 2050, le quart de leur niveau actuel. Ce sont surtout les grands machines (>75 kW) qui sont soumises à des valeurs limites sévères depuis l'entrée en vigueur du niveau UE IV en 2014.

L'évolution pronostiquée des émissions de particules est encore meilleure (fig. 41, en bas à droite). Celles-ci ont déjà fortement diminué grâce à l'entrée en force de l'OPair (-28 % pour la seule période de 2005 à 2010). À l'horizon 2050, elles ne devraient plus représenter qu'un cinquième de leur valeur actuelle. D'une part, beaucoup de fabricants ont déjà équipé leurs machines, surtout les plus grandes, de filtres à particules durant la période d'application des niveaux d'émission UE IIIB et IV. D'autre part, à partir de 2019/2020 le niveau UE V entrera en vigueur; il introduira l'obligation d'équiper de filtres à particules toutes les machines entre 18 et 560 kW.

Fig. 41 > Machines de chantier: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de NO_x ≥35 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement catégories avec émissions de PM ≥1 t, 2010.

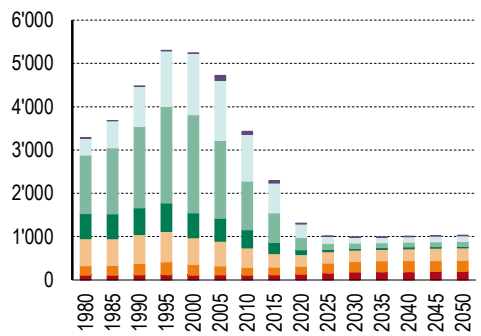
Oxydes d'azote (NO_x), 2010



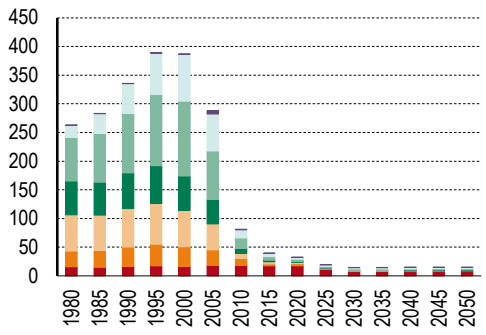
Particules fines (PM), 2010

Évolution des émissions

Oxydes d'azote (NO_x)



Particules fines (PM)



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 63, p. 194

8.2 Industrie

8.2.1 Consommation d'énergie

Plus de la moitié de l'énergie consommée par le groupe «industrie» est utilisée pour les chariots élévateurs à fourches (fig. 42, en haut). Outre l'électricité, le diesel et l'essence, ces engins sont propulsés au gaz liquide (en général du gaz propane). Les dameuses de piste, qui ne représentent que 4 % à peine du parc des machines, ont une consommation totale élevée en raison de leur taille supérieure à la moyenne (1,02 PJ/a soit 29 % de la consommation d'énergie du groupe de machines «industrie»).

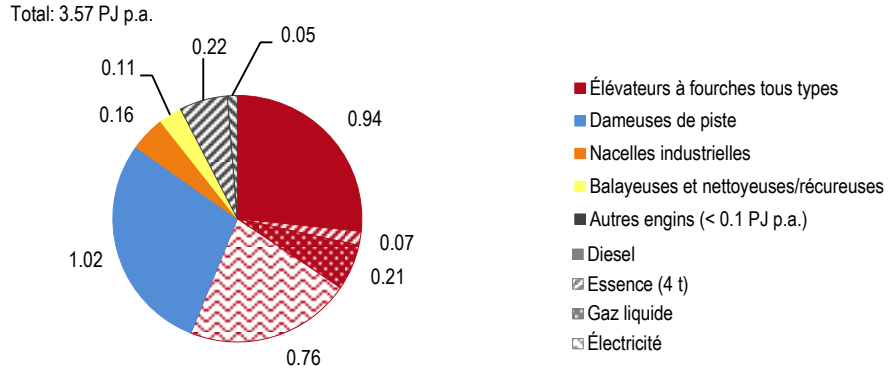
8.2.2 Évolution de la consommation de carburant (1980–2050)

La consommation de carburant des machines dans l'industrie a plus que doublé entre 1980 et 2000 (fig. 42, en bas). La consommation d'énergie a également reculé depuis 2000 en raison de la diminution du parc d'engins et de leurs heures de service. On s'attend à ce que cette tendance se stabilise à l'avenir. Pour ce qui est des dameuses de piste, des machines et des engins en service dans les aéroports et des génératrices, on prévoit une croissance de la demande d'énergie, ce que montre la fig. 42 (en bas), notamment par l'augmentation de la consommation dans les classes de puissance à partir de 130 kW.

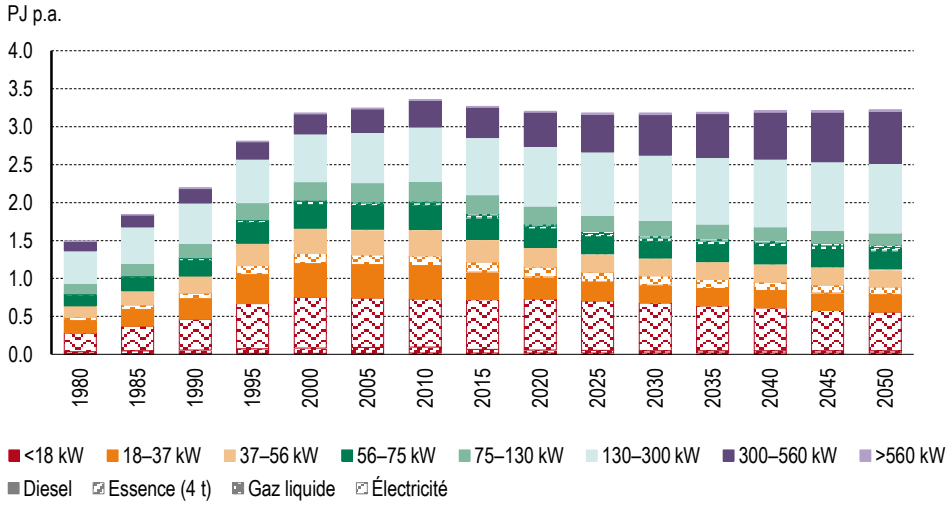
Fig. 42 > Industrie: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,1 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 56, p. 189

8.2.3 Émissions

La fig. 43 (en haut) présente les émissions polluantes par catégories de machines. On observe que les chariots élévateurs à fourches contribuent sensiblement plus aux émissions de particules qu'à celles d'oxydes d'azote. Deux causes à cela: d'une part, l'âge moyen des élévateurs est relativement élevé (9 ans, contre 7 ans seulement pour les dameuses de piste). D'autre part, leurs moteurs sont relativement petits, ce qui fait que leurs émissions spécifiques de particules sont proportionnellement élevées puisque ces dernières, au contraire des émissions spécifiques d'oxydes d'azote, sont nettement plus importantes dans les petits moteurs que dans les grands. À cela s'ajoute le fait que, compte tenu des hypothèses adoptées dans le modèle mathématique, 60 % des grandes machines étaient déjà équipées de systèmes de filtres à particules en 2010. On a admis la même proportion que pour les machines de chantier. La seule exception est celle des dameuses de piste, dont 2 % environ étaient équipées de filtres à particules en 2010 (sur la base de la banque de données MOFIS ainsi que de la SSE 2014).

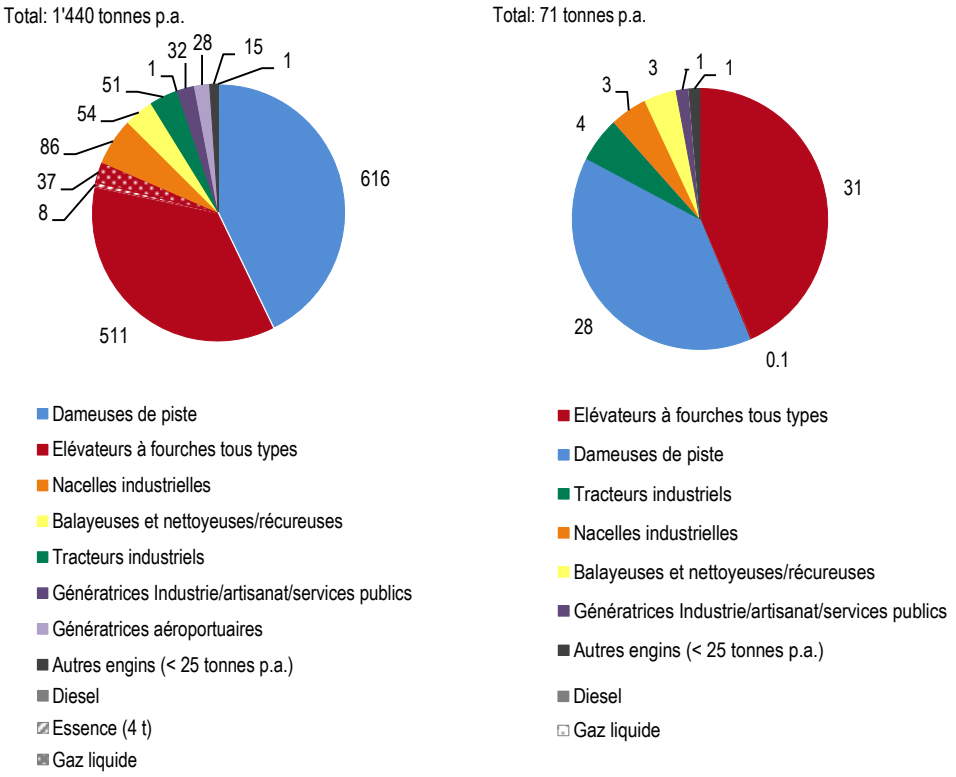
8.2.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

L'évolution des émissions polluantes des machines industrielles suit une courbe semblable à celle des émissions des machines de chantier (fig. 43 en bas). Le recul sera toutefois encore un peu plus rapide ces prochaines années étant donné que les activités et la consommation d'énergie ne vont pas croître comme dans le cas des machines de chantier, mais subir globalement un léger recul.

Fig. 43 > Industrie: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de NO_X ≥25 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement catégories avec émissions de PM ≥1 t, 2010.

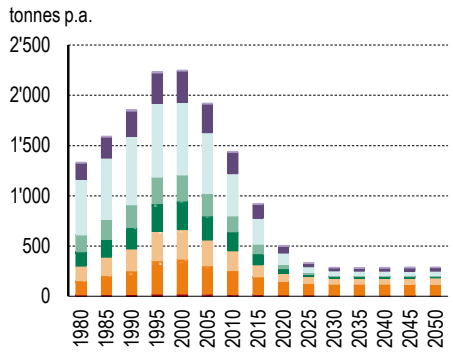
Oxydes d'azote (NO_X)



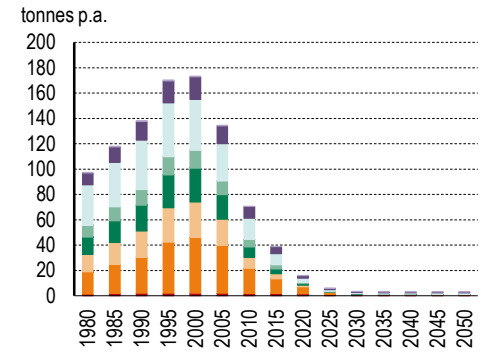
Particules fines (PM)

Évolution des émissions

Oxydes d'azote (NO_X)



Particules fines (PM)



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du Tab. 64, p. 201.

8.3 Agriculture

8.3.1 Consommation d'énergie

En 2010, la consommation d'énergie des machines agricoles atteignait environ 5,19 PJ/a, dont 72 % pour les tracteurs (fig. 44, en haut). Les moteurs diesel en sont responsables pour 88 %, les moteurs à essence à 4 temps (surtout faucheuses à un essieu), pour environ 10 %, et les moteurs à essence à 2 temps (tronçonneuses), pour environ 2 %.

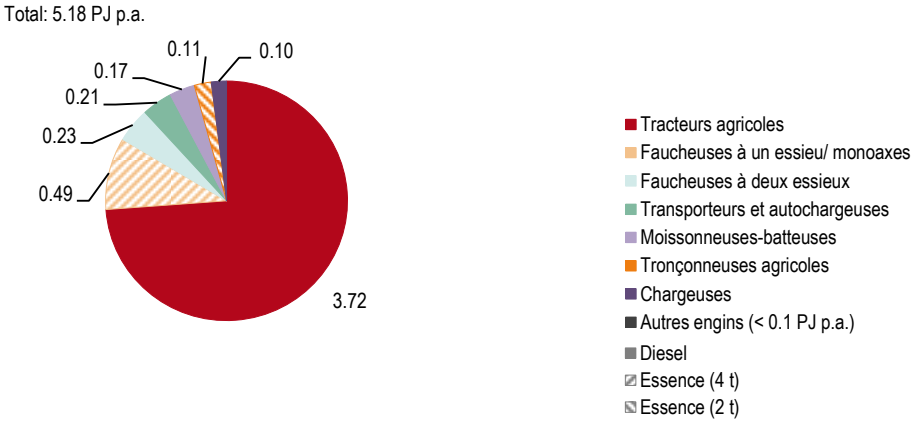
8.3.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

La consommation d'énergie a augmenté jusqu'en 2000, pour diminuer depuis lors (fig. 44, en bas). Selon les estimations, cette tendance va se poursuivre en raison des améliorations apportées à l'efficacité des moteurs et du fait que la surface agricole utile continuera à diminuer. La consommation de carburant diesel a augmenté jusqu'en 2000, tandis que celle d'essence est en régression depuis 1980 déjà.

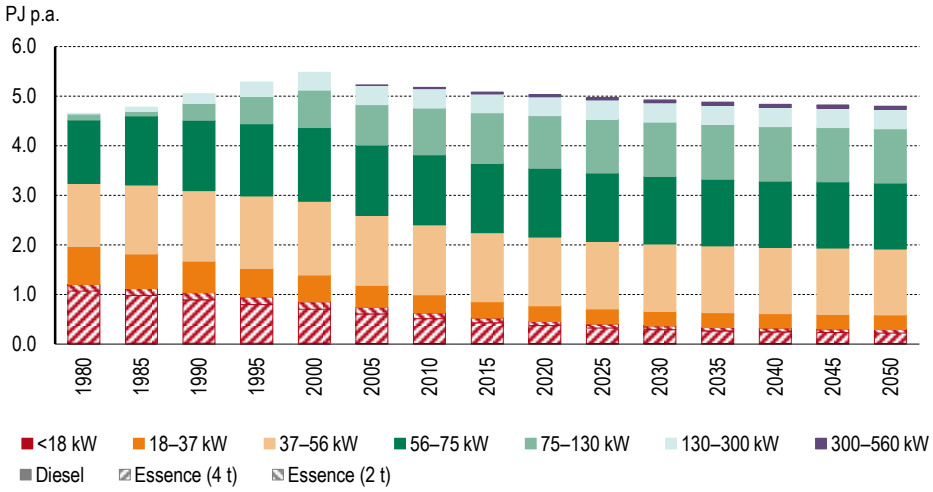
Fig. 44 > Machines agricoles: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique du haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,1 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 57, p. 190

8.3.3 Émissions

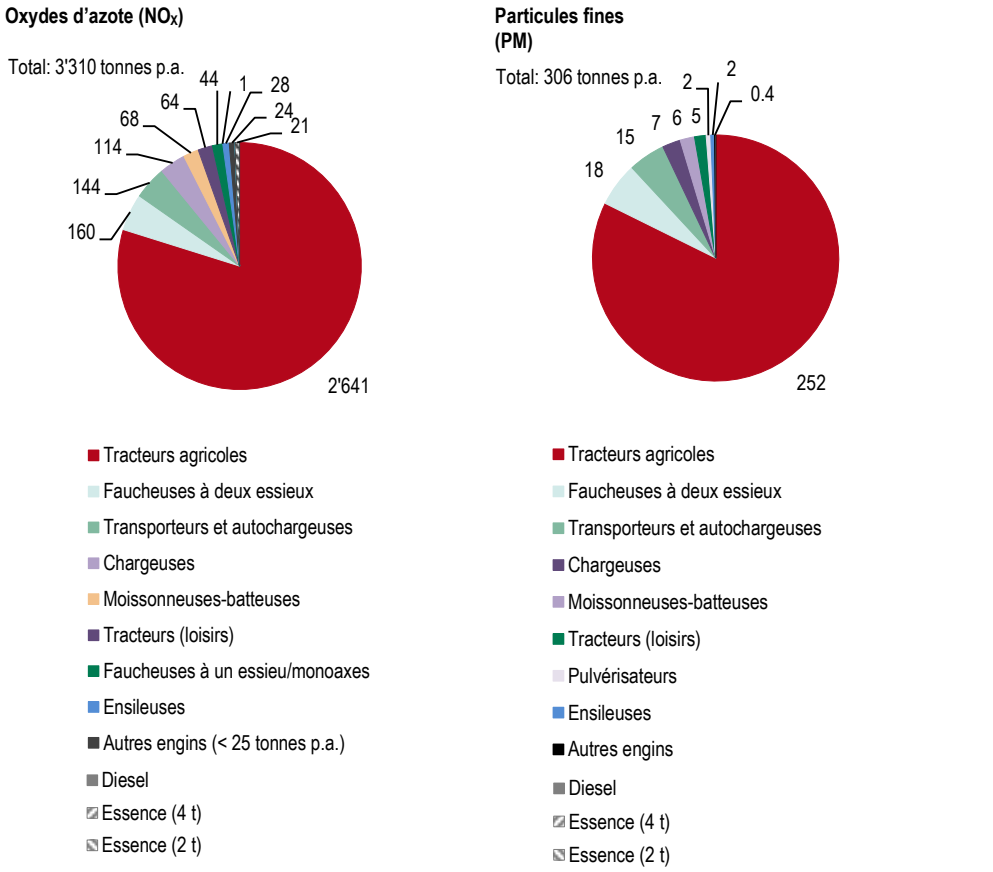
En 2010, les émissions de particules des machines agricoles s'élevaient à 300 t (fig. 45, en haut à droite). Ce chiffre représente le quadruple des émissions de particules des machines de chantier, et ce même si la consommation de carburant diesel des machines agricoles ne représente que 79 % de celle des machines de chantier. Cet écart s'explique tout d'abord par l'âge moyen élevé des machines agricoles, puis par le fait que les normes de gaz d'échappement ont été instaurées plus tardivement dans ce secteur, et enfin, par le fait qu'actuellement, les machines agricoles ne sont pratiquement pas équipées de filtres à particules.

8.3.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

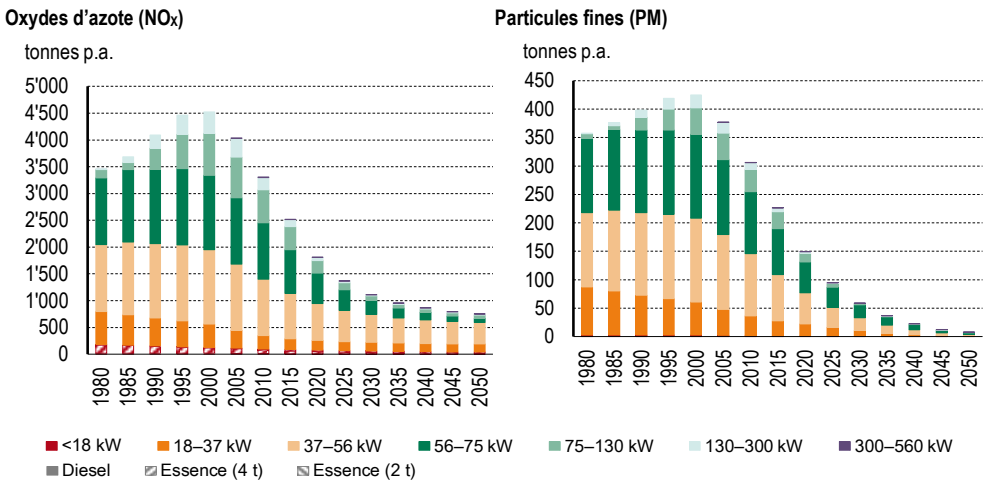
Ces éléments expliquent également que les émissions polluantes des machines agricoles reculeront beaucoup moins rapidement ces prochaines années que celles des autres groupes de machines. Néanmoins, compte tenu des prescriptions européennes sur les gaz d'échappement, elles diminueront de moitié entre 2005 et 2020 (fig. 45, en bas).

Fig. 45 > Machines agricoles: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de NO_X ≥35 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement catégories avec émissions de PM ≥1 t, 2010.



Évolution des émissions



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 65, p. 205

8.4 Exploitation forestière

8.4.1 Consommation d'énergie

En 2010, la consommation d'énergie des engins forestiers atteignait 0,39 PJ, dont un cinquième environ d'essence (fig. 46, en haut). La catégorie qui en a consommé le plus était celle des débusqueurs à treuil et à pince (= tracteurs utilisés dans l'exploitation forestière), avec 0,16 PJ/a (diesel), suivie des tronçonneuses, avec 0,06 PJ/a (essence).

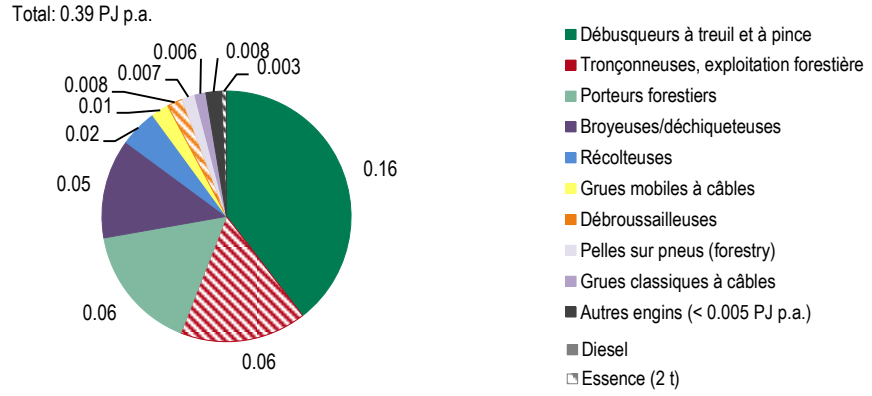
8.4.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

On constate un léger recul de la consommation d'énergie depuis 2000 (fig. 46, en bas) ainsi qu'un transfert marquant des petits moteurs vers les moteurs de grande puissance. À noter également la tendance à une transformation croissante du bois en bois-énergie, ce qui se reflète dans la consommation d'énergie des broyeuses/déchiqueteuses et, d'une façon significative, dans la consommation totale d'énergie du groupe des engins forestiers (fig. 46, en haut, ainsi que classes de puissance 75–560 kW, en bas).

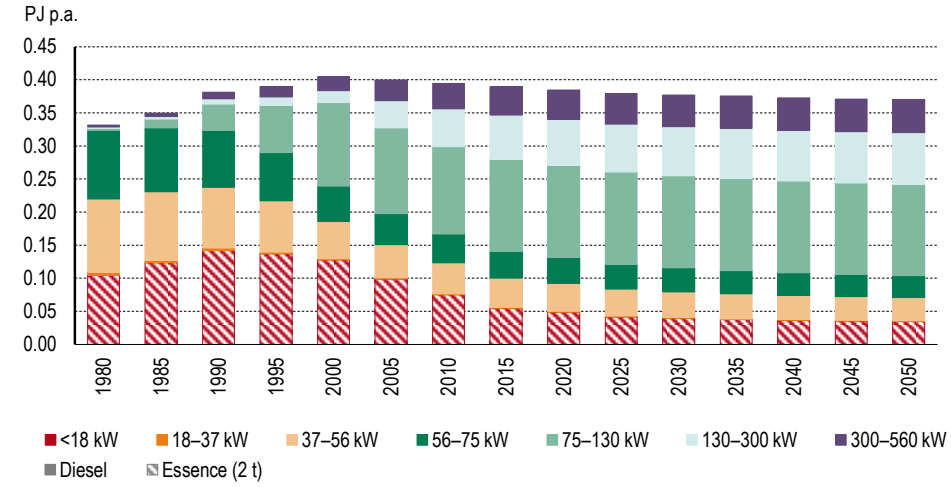
Fig. 46 > Exploitation forestière: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,005 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 58, p. 190

8.4.3 Émissions

Les émissions d'oxydes d'azote et de particules des engins forestiers en 2010 sont représentées à la fig. 47. Elles sont causées en premier lieu par les machines diesel. On n'a pas représenté les émissions d'hydrocarbures, qui sont supérieures à la moyenne pour les engins forestiers, en raison du grand nombre d'engins fonctionnant avec des moteurs à 2 temps (364 t/a). On considère donc que les machines en usage dans l'exploitation forestière sont responsables de 9 % des émissions totales d'hydrocarbures du secteur non routier (pour 2 % de la consommation d'énergie).

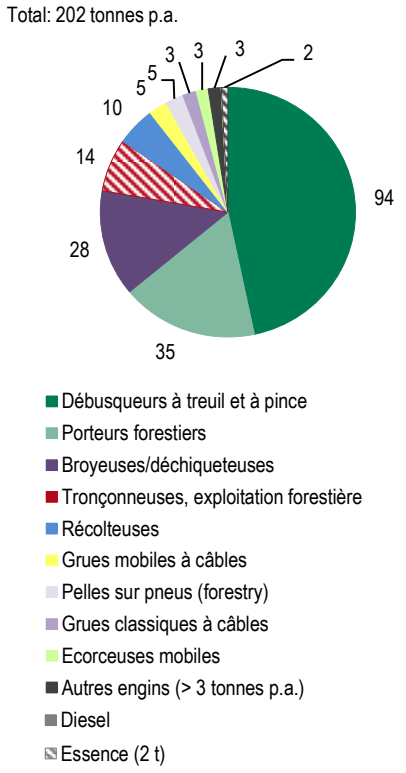
8.4.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

La tendance à utiliser des machines puissantes a une influence positive sur l'évolution des émissions polluantes des engins forestiers puisque les grands moteurs sont soumis à des valeurs limites plus sévères. En conséquence, leurs émissions d'oxydes d'azote et de particules reculeront sensiblement ces prochaines années (fig. 47, en bas).

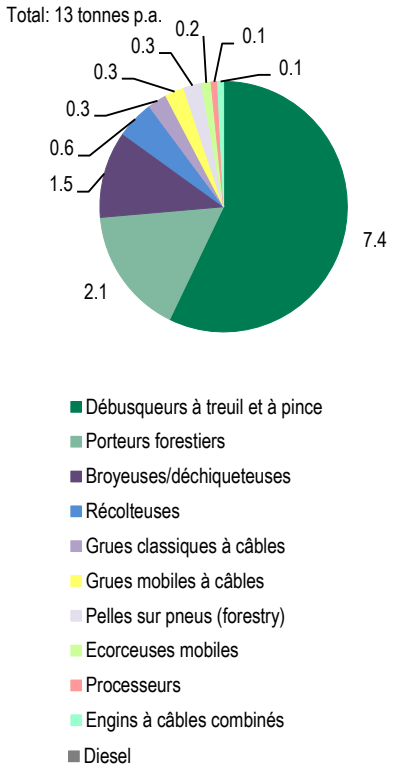
Fig. 47 > Exploitation forestière: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de NO_x ≥3 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement catégories avec émissions de PM ≥1 t, 2010.

Oxydes d'azote (NO_x), 2010

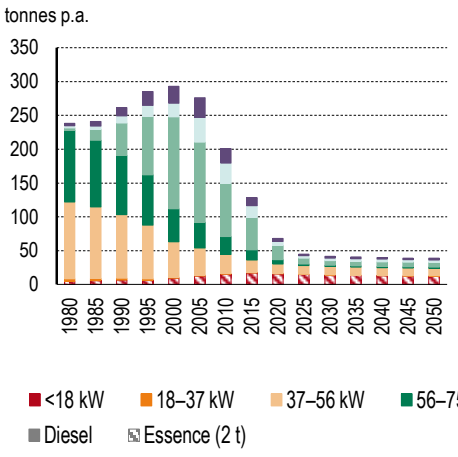


Particules fines (PM), 2010

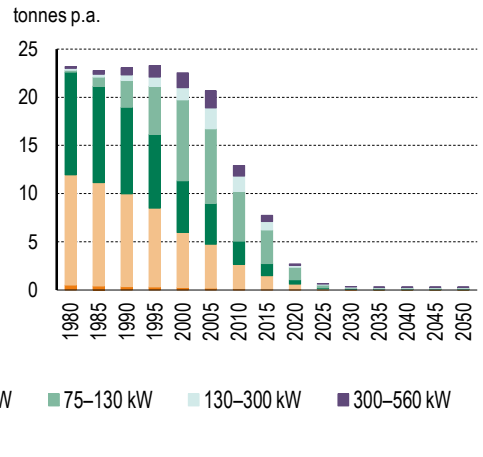


Évolution de la consommation d'énergie

Oxydes d'azote (NO_x)



Particules fines (PM)



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 66, p. 208.

8.5 Horticulture/loisirs

8.5.1 Consommation d'énergie

Le groupe de machines «horticulture/loisirs» ne rassemble que des engins électriques et à essence. En dépit de la prédominance de leurs effectifs, les engins électriques ne consomment qu'environ 20 % de l'énergie dépensée par ce groupe. En comparaison des catégories de machines, les principaux consommateurs sont les tondeuses à gazon à usage privé et les débroussailleuses à usage professionnel. Par ailleurs, le groupe est dominé par les engins destinés à l'entretien professionnel des jardins (fig. 48, en haut) à la différence des effectifs, dominés par les engins à usage privé (voir chap. 6.5.1).

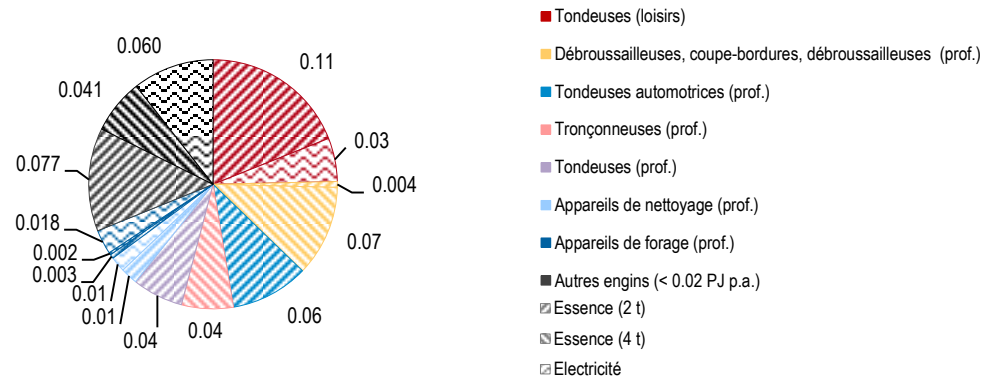
8.5.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

Si l'on observe l'évolution de la consommation (fig. 48, en bas), on constate, à la différence de l'évolution des heures de service (fig. 28, en bas), un net fléchissement de sa croissance à partir de 2000. L'augmentation des heures de service s'explique surtout par l'évolution galopante des tondeuses robots et de leurs très longues durées de fonctionnement; mais comme ces robots ont une très faible puissance (aux alentours de 25 W), ces durées ne se reflètent pas dans la consommation d'énergie. De même, le remplacement des engins à essence par des engins à accu dans le secteur professionnel induit une croissance plus faible de la demande d'énergie étant donné que les engins électriques tendent à avoir de plus faibles puissances et un rendement plus élevé. Dans le groupe des engins à essence, les moteurs à 2 temps perdent en importance.

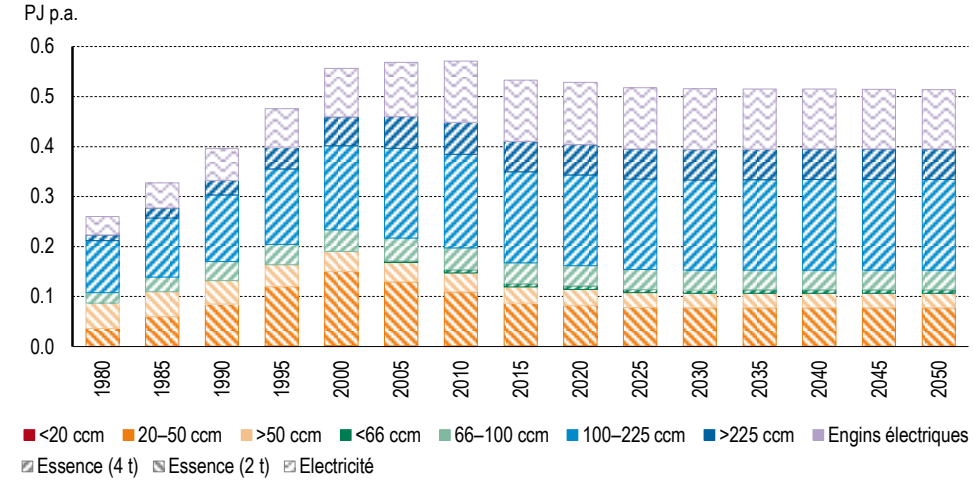
Fig. 48 > Horticulture/loisirs: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique du haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,02 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 59, p. 191.

8.5.3 Émissions

S'agissant des émissions polluantes, les moteurs à essence produisent surtout du monoxyde de carbone et des hydrocarbures (fig. 49, en haut). 71 % des émissions d'hydrocarbures sont causées par les moteurs à 2 temps, quand bien même ceux-ci ne représentent que 26 % de la consommation d'énergie des engins équipés de moteurs à combustion. Il s'ensuit que les débroussailleuses et les tronçonneuses essentiellement dotées de moteurs à 2 temps se trouvent en tête de la liste des émetteurs d'hydrocarbures, devant les tondeuses à gazon à moteurs à 4 temps, lesquelles produisent la plus grande partie des émissions de monoxyde de carbone.

8.5.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

On peut admettre que les émissions d'hydrocarbures reculeront sensiblement ces prochaines années parce que les nouveaux moteurs émettront moins d'hydrocarbures à cause de la sévérité accrue des valeurs limites de l'UE (fig. 49, en bas à droite). Ce durcissement des valeurs limites aura en outre pour conséquence un accroissement de la production de moteurs à 4 temps au détriment des moteurs à 2 temps, ce qui va continuer à faire régresser l'effectif de ces derniers. Pour ce qui est du monoxyde de carbone, on peut s'attendre non pas à un recul, mais à une légère progression de ses émissions avant l'entrée en force du niveau V de l'UE; ce n'est qu'avec l'instauration de cette norme, vers 2019–2020, que les émissions de monoxyde de carbone diminueront légèrement (fig. 49, en bas à gauche).

8.5.5 Émissions de benzène et influence de l'essence alkylée

Les petits engins utilisés dans le groupe «horticulture/loisirs» émettent, lorsqu'ils fonctionnent avec de l'essence classique, une relativement grande quantité de benzène, un polluant atmosphérique toxique et cancérogène. Les émissions de benzène de ce groupe de machines atteignent environ 8 t/a en 2010; l'emploi d'essence alkylée permet de les réduire drastiquement (OFEFP 1997, OFEFP 1999). En effet, une étude menée sur mandat de l'OFEV (INFRAS 2008) estime que l'essence alkylée réduit de 96 % les émissions de benzène.

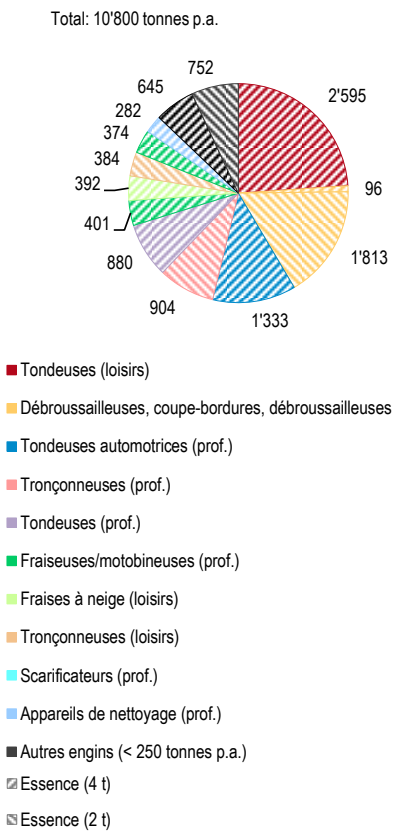
Si l'on admet que 80 % des utilisateurs professionnels de petits engins (y compris les utilisateurs dans l'agriculture et l'exploitation forestière) équipés de moteurs à 2 temps, responsables des plus fortes émissions de benzène, utilisent de l'essence alkylée, il est possible d'éviter environ 11,2 t d'émissions de benzène. Cela correspond à 43 % des émissions totales de benzène du secteur non routier (voir tab. 4).

Le potentiel de réduction est plus faible dans le secteur privé étant donné que la consommation de carburant y est plus modeste: si 50 % des particuliers employant de petits engins se laissaient convaincre d'utiliser de l'essence alkylée dans leurs engins équipés de moteurs à 2 temps, cela permettrait d'éviter la production d'environ 0,5 t de benzène, soit 1,9 % des émissions totales de ce polluant produites par le secteur non routier.

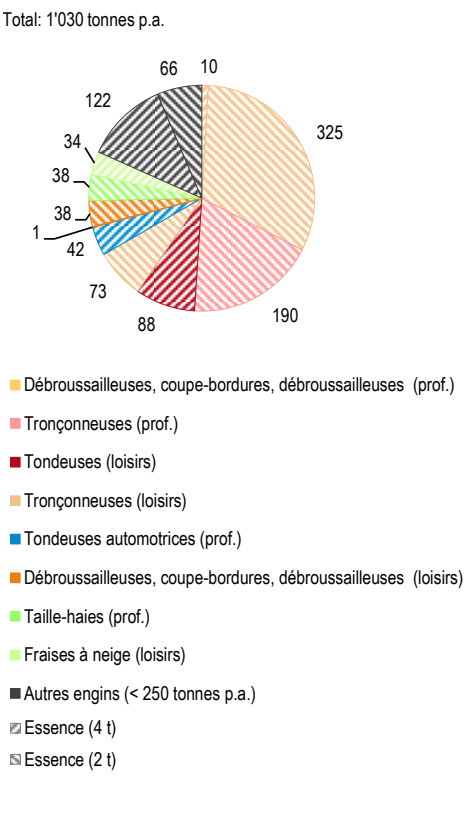
Fig. 49 > Horticulture/loisirs: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de CO ≥250 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement. catégories avec émissions de HC ≥32 t, 2010.

Monoxyde de carbone (CO)

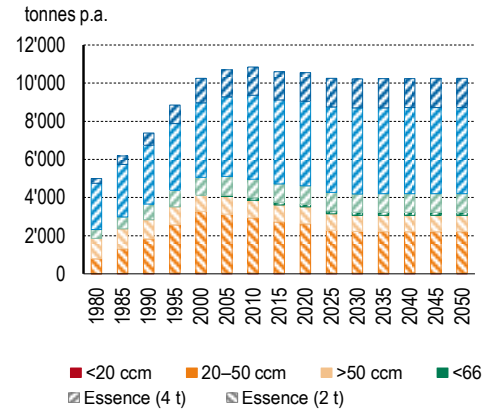


Hydrocarbures (HC)

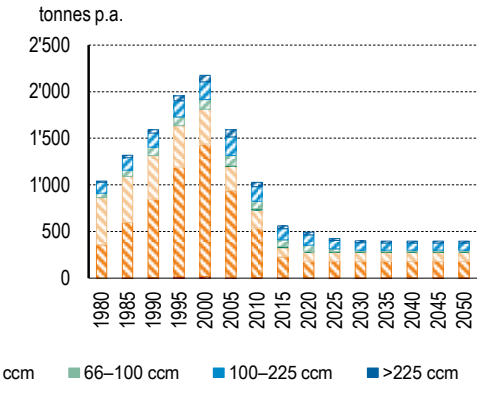


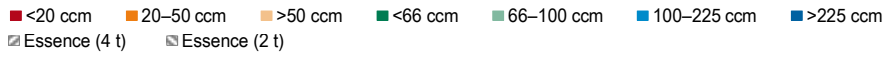
Évolution des émissions

Monoxyde de carbone (CO)



Hydrocarbures (HC)





Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 67, p. 211

8.6 Bateaux

8.6.1 Consommation d'énergie

Selon le modèle, la consommation d'énergie des bateaux était de 1,56 PJ/a en 2010. Le diesel en représentait 56 % et l'essence 34 % (fig. 50, en haut). La consommation de diesel et de mazout est essentiellement générée par la navigation commerciale. Elle correspond approximativement aux chiffres de consommation fournis par les grandes compagnies de navigation interrogées pour 2010.

Ce qui frappe, c'est la consommation élevée des bateaux à vapeur, dont la part aux prestations d'exploitation est plutôt minime. Cela est lié au fait que la consommation spécifique des bateaux à vapeur est un multiple de celle des bateaux de passagers à moteurs classiques.

La consommation d'essence de 0,53 PJ résulte pour 84 % de l'utilisation de bateaux privés. Les 16 % restants sont le fait des bateaux de pêche et de travail. La part des embarcations mues par des moteurs à 2 temps est minime (1 %).

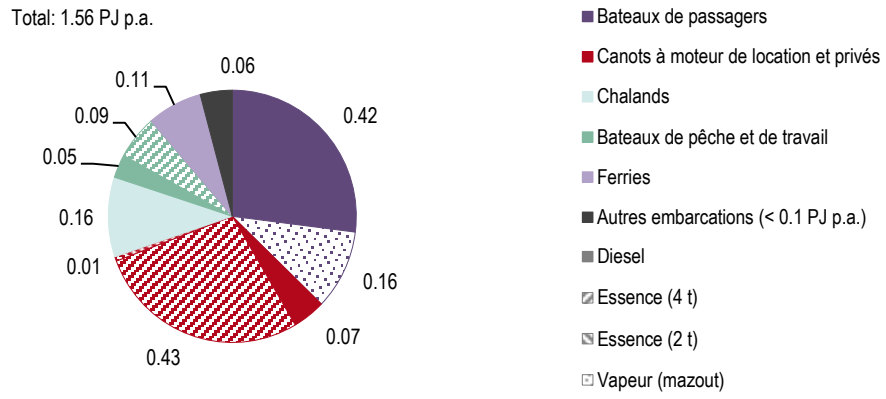
8.6.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

La consommation d'énergie des bateaux n'a que très peu changé au cours de la période considérée, et restera probablement au niveau actuel à l'avenir (fig. 50, en bas).

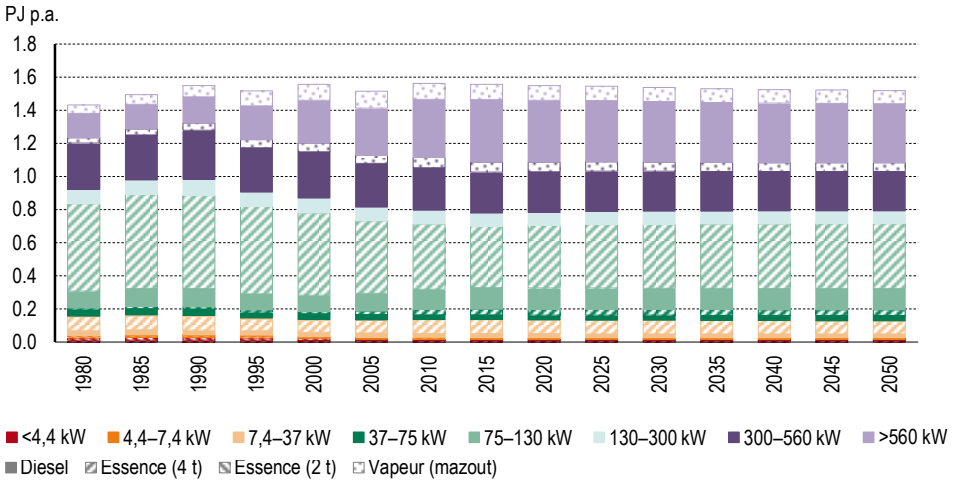
Fig. 50 > Bateaux: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique du haut: uniquement catégories avec une consommation d'énergie ≥0,1 PJ, 2010.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 60, p. 192.

8.6.3 Émissions

Les émissions polluantes des bateaux portent atteinte non seulement à la qualité de l'air, mais encore à celle de l'eau, qui fixe la majeure partie des hydrocarbures imbrûlés. Ceux-ci perturbent les fonctions biologiques normales des poissons et constituent une menace pour l'eau potable (EMPA 2006). Il est donc important d'accorder une attention toute particulière aux émissions d'hydrocarbures des bateaux.

Les émissions d'oxydes d'azote des bateaux sont essentiellement produites par les bateaux de passagers ainsi que par les bateaux privés (fig. 51, en haut). Selon les hypothèses adoptées dans le modèle, actuellement 10 % seulement des bateaux sont équipés de filtres à particules. Les émissions polluantes des bateaux de passagers et des chalands sont donc élevées. Comparativement, les émissions de particules des bateaux à vapeur sont faibles (0,02 t/a).

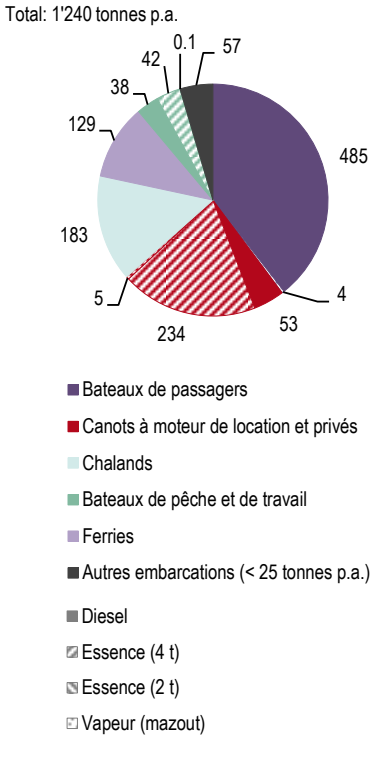
8.6.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

Les émissions d'oxydes d'azote des bateaux n'ont que légèrement diminué ces dernières années. Les prescriptions sur les gaz d'échappement du niveau d'émission UE I étaient moins sévères que les normes de l'OEMB en application depuis le milieu des années 1990 (fig. 51, en bas). Ce n'est que depuis l'instauration du niveau d'émission UE II en 2008 que des valeurs limites plus strictes sont appliquées. Les émissions de particules, elles, ont plus fortement diminué depuis 2000 déjà; en admettant que dans le futur les bateaux seront, eux aussi, davantage équipés de systèmes de filtres à particules (voir fig. 23, p. 60), les émissions de particules continueront également à diminuer sensiblement ces prochaines années.

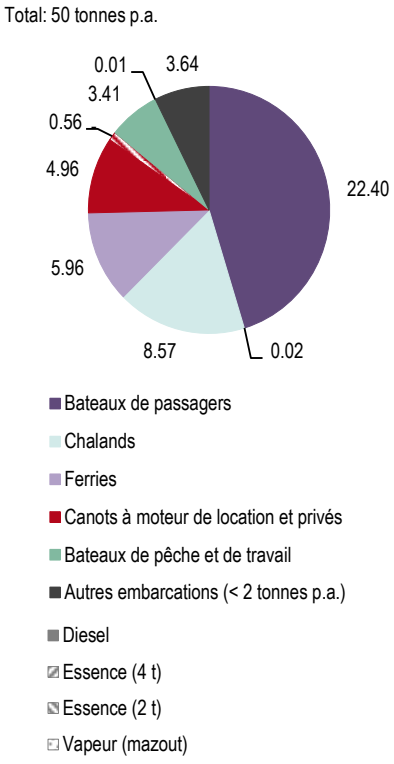
Fig. 51 > Bateaux: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique en haut à gauche: uniquement catégories avec émissions de NO_X ≥25 t, 2010.
Graphique en haut à droite: uniquement catégories avec émissions de PM ≥2 t, 2010.

Oxydes d'azote (NO_X)

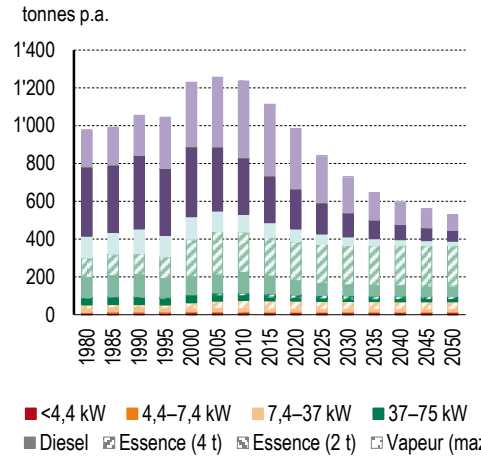


Particules fines (PM)

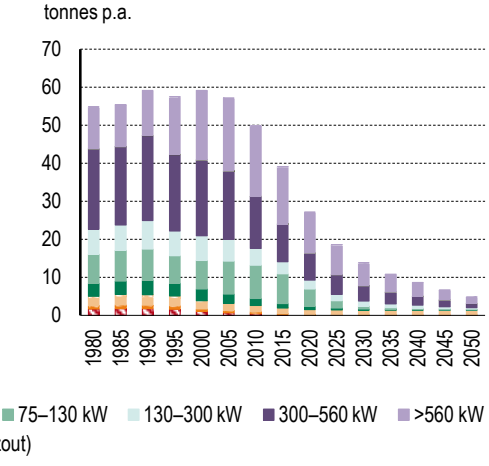


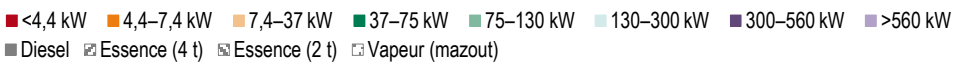
Évolution des émissions

Oxydes d'azote (NO_X)



Particules fines (PM)





Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 68, p. 219

8.7 Rail

8.7.1 Consommation d'énergie

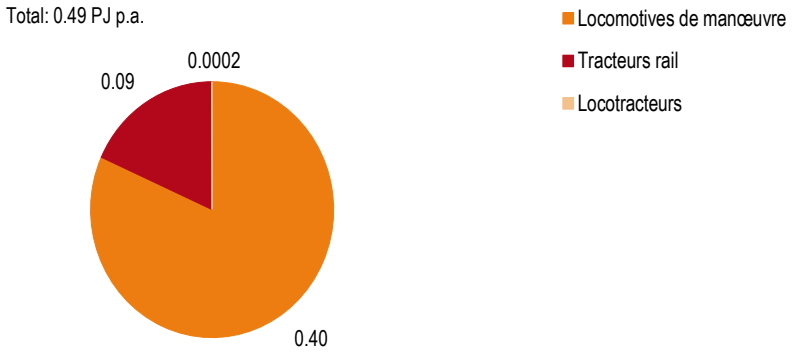
Seules des machines diesel sont utilisées dans le trafic ferroviaire. Il s'agit essentiellement de locomotives de manœuvre. En 2010, la consommation totale de carburant diesel du trafic ferroviaire s'est montée à 0,49 PJ (fig. 52, en haut). Selon leur rapport de gestion 2012, en 2010 les CFF ont consommé 12'603 t d'huile diesel pour les usages liés à la traction (CFF 2012). Comme toutes les autres variables sont connues ou peuvent faire l'objet d'estimations, les heures de service des véhicules ferroviaires diesel ont été calibrées de telle sorte que le modèle reflète assez précisément cette consommation de carburant.

8.7.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

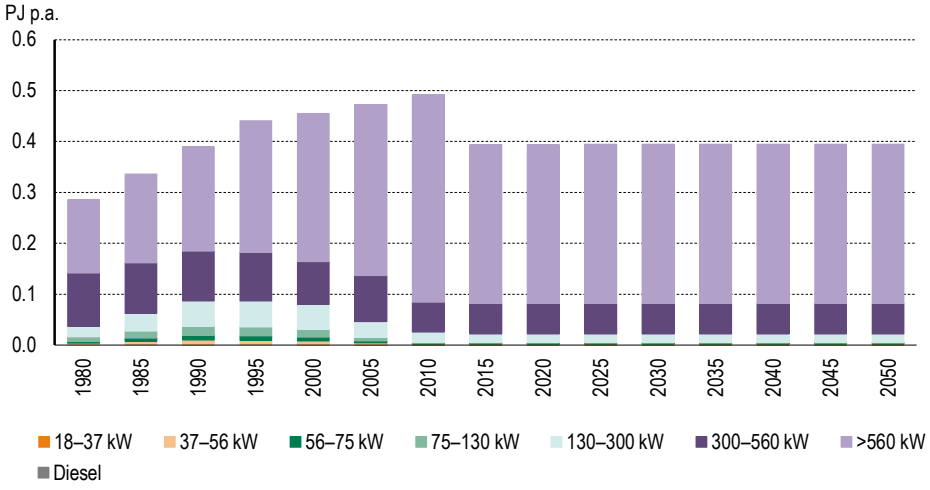
La consommation de diesel du trafic ferroviaire va reculer de 20 % entre 2010 et 2015 du fait que le BLS aura retiré de la circulation 48 locomotives de manœuvre durant cette période. Les pronostics sont délicats étant donné que différentes tendances plaident en faveur tant d'une augmentation que d'une diminution de la consommation de diesel du rail: certes, on admet une progression du transport de personnes et du trafic marchandises, mais cela n'implique pas nécessairement une augmentation des activités de manœuvre puisque les entreprises ferroviaires cherchent à les rationaliser partout où cela est possible. Les plus petits terminaux de triage vont être fermés. La mise en service de locomotives de marchandises mues par des génératrices diesel pouvant parcourir le dernier mile (généralement pas électrifié), en discussion actuellement, pourrait générer une hausse de la consommation de diesel; d'un autre côté, cette évolution pourrait précisément induire une réduction supplémentaire des activités de manœuvre. Ces considérations amènent à admettre que la tendance va rester stable dans la consommation d'énergie du rail considéré dans le secteur non routier.

Fig. 52 > Rail: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du tab. 61, p. 193.

8.7.3 Émissions

La longévité des véhicules ferroviaires est relativement importante, et, par conséquent, leur âge moyen, élevé. Il s'ensuit que les émissions spécifiques des locomotives diesel sont supérieures à la moyenne. Les véhicules ferroviaires émettent donc de relativement grandes quantités d'oxydes d'azote (535 t/a, fig. 53, en haut à gauche).

Dans le modèle, on admet un taux d'équipement en filtres à particules relativement grand pour les véhicules ferroviaires (67 % des véhicules, voir BLS 2012, CFF 2012). En conséquence, les émissions de particules sont relativement modestes avec 6 t/a (fig. 53, en haut à droite).

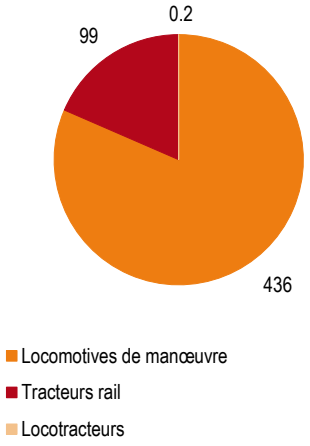
8.7.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

Les émissions de particules ont déjà diminué de 82 % depuis 2000 et vont continuer à diminuer ces prochaines années grâce à la poursuite de l'installation de filtres à particules sur les anciennes machines (pour atteindre en 2020 environ la moitié de la valeur de 2010, fig. 53, en bas à droite). Le recul sera sensiblement plus faible pour les oxydes d'azote que pour les particules: de 2010 à 2020, les émissions d'oxydes d'azote diminueront d'un quart environ (fig. 53, en bas à gauche).

Fig. 53 > Rail: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

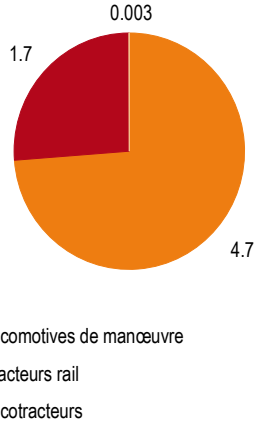
Oxydes d'azote (NO_x)

Total: 535 tonnes p.a.



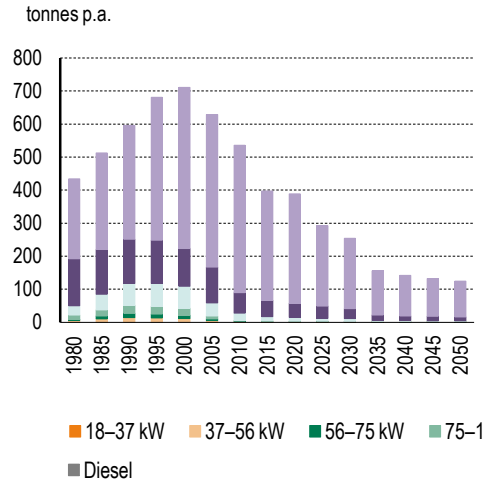
Particules fines (PM)

Total: 6 tonnes p.a.

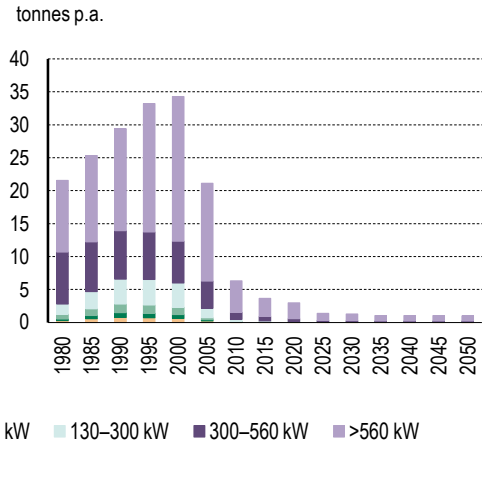


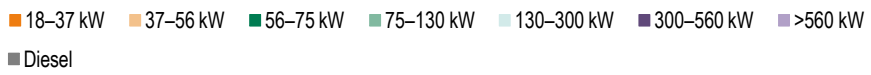
Évolution des émissions

Oxydes d'azote (NO_x)



Particules fines (PM)





Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du Tab. 69, p. 223

8.8 Armée

8.8.1 Consommation d'énergie

La consommation d'énergie des catégories de machines à usage militaire considérées ici atteignait 0,27 PJ (fig. 54, en haut) en 2010. La part de l'essence y était minime (7 %), seule une partie de la flotte d'embarcations étant propulsée par ce carburant. Ce sont les blindés qui sont les plus voraces, avec 73 % de la consommation totale de carburant (fig. 54, en haut). Les machines de chantier à usage militaire, elles, absorbent 7 % seulement de la consommation totale de carburant.

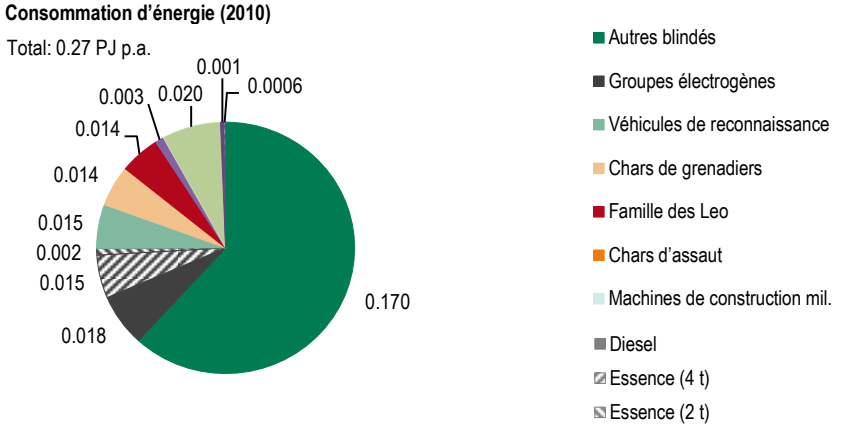
8.8.2 Évolution de la consommation d'énergie (1980–2050)

La consommation d'énergie pour des usages militaires a légèrement augmenté dans le passé, mais elle va probablement à nouveau diminuer légèrement ces prochaines années (fig. 54, en bas).

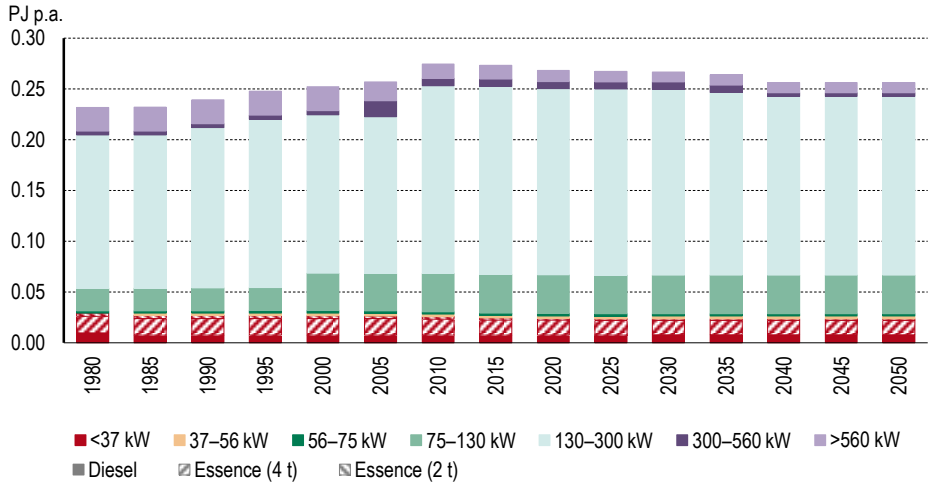
Fig. 54 > Armée: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphique du haut: réunion des catégories machines de chantier et transport par voie aquatique.

Consommation d'énergie (2010)



Évolution de la consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur. Chiffres tirés du tab. 62, p. 193.

8.8.3 Émissions

En 2010, les engins à usage militaire ont émis 172 t d'oxydes d'azote et 5 t de particules (fig. 55, en haut). La catégorie dominante est celle des «autres blindés» (en général blindés à roues), et cela, pour les deux polluants.

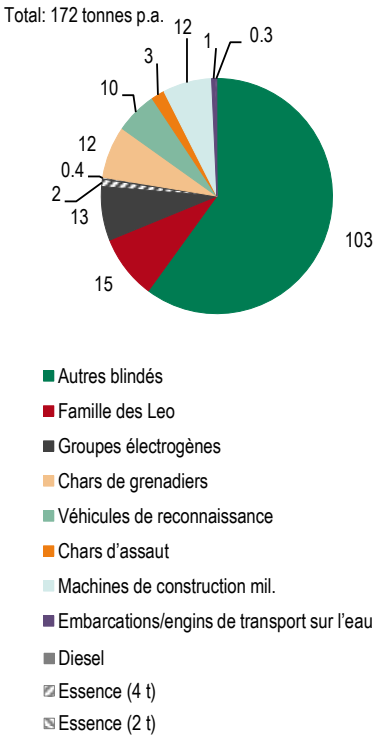
8.8.4 Évolution des émissions polluantes (1980–2050)

On admet que les engins à usage militaire sont équipés de systèmes de filtres à particules dans la même proportion que les machines de chantier (exception faite des véhicules à chenilles). Par conséquent, on prévoit que les émissions de particules de ces engins vont diminuer sensiblement ces prochaines années (fig. 55, en bas à droite). Pour les oxydes d'azote, l'évolution suit également celle des machines de chantier (fig. 55, en bas à gauche).

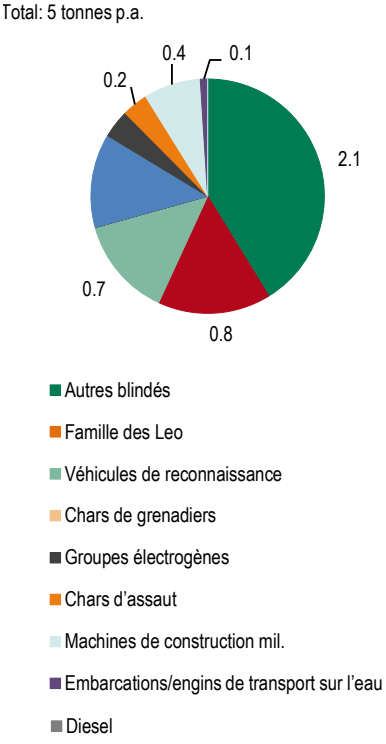
Fig. 55 > Armée: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050)

Graphiques du haut: réunion des catégories machines de chantier et transport par voie aquatique.

Oxydes d'azote (NO_x)

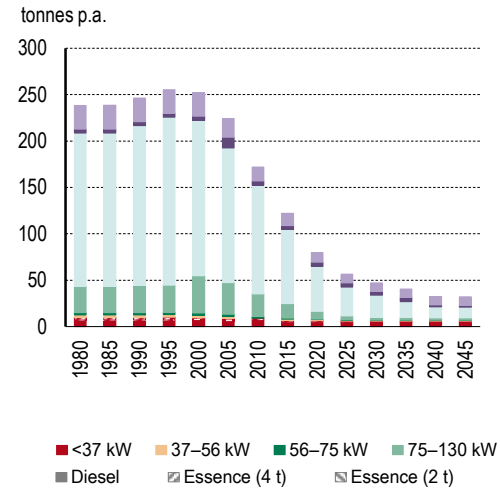


Particules fines (PM)

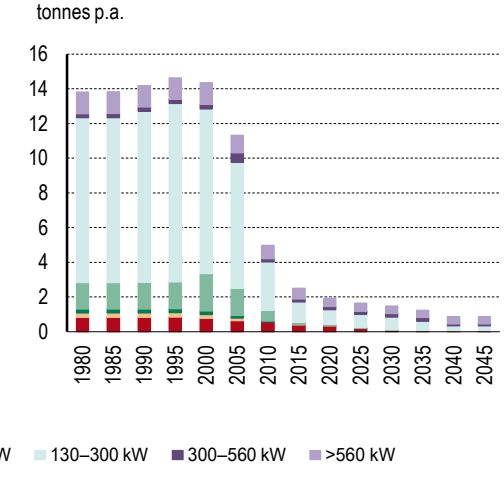


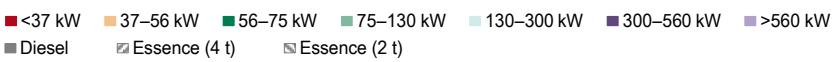
Évolution des émissions

Oxydes d'azote (NO_x)



Particules fines (PM)





Aide de lecture: les couleurs désignent resp. les catégories de machines et les classes de puissance, les hachures délimitent les types de moteur.
Chiffres tirés du Tab. 70, p. 224

9 > Remarques complémentaires

9.1 Comparaison avec les émissions du trafic routier

C'est seulement sous certaines réserves que les émissions polluantes du secteur non routier résultant de la modélisation peuvent être comparées avec celles du trafic routier (OFEV 2010). D'une part, la base de données utilisée dans le secteur non routier est moins bonne, d'autre part, le modèle est sensiblement moins détaillé que pour le trafic routier. Néanmoins, il est possible d'en comparer les ordres de grandeur à titre indicatif.

Le tab. 17 dresse un parallèle entre la consommation de carburant et d'énergie et les émissions polluantes du secteur non routier et du trafic routier. On constate que le secteur non routier prend une part nettement plus grande aux émissions totales qu'à la consommation totale de carburant. Ce sont surtout ses émissions de particules fines et d'hydrocarbures qui sont supérieures à la moyenne.

Les émissions d'hydrocarbures du secteur non routier s'expliquent par la forte proportion d'engins équipés de moteurs à 2 temps. Les tronçonneuses, par exemple, qui en ont produit 1'200 t en 2010, sont responsables d'un bon quart des émissions totales d'hydrocarbures du secteur non routier. Elles sont utilisées dans l'agriculture et l'exploitation forestière, ainsi que dans l'horticulture, et forment la plus grande catégorie de machines à être équipées de moteurs à 2 temps. Durant la même année, le trafic routier a émis 17'000 t d'hydrocarbures.

La part élevée du secteur non routier à l'émission de particules résulte d'abord des nombreux moteurs diesel, essentiellement utilisés sur des chantiers ainsi que dans l'agriculture et l'exploitation forestière. Mais elle s'explique aussi par les émissions polluantes spécifiques des machines du secteur non routier, encore relativement élevées à cause de l'introduction plus tardive de valeurs limites d'émission dans ce secteur[14]. Il s'ensuit que les seules émissions de particules fines des machines agricoles sont presque une fois et demie plus élevées que celles des véhicules utilitaires lourds (220 t/a en 2010 pour ces derniers, contre environ 310 t/a pour les machines agricoles non routières), alors même que ces derniers affichent un nombre d'heures de service nettement supérieur[15].

[14] Les premières valeurs limites appliquées à des machines du secteur non routier datent de 2001, contre 1987 déjà pour les véhicules diesel du trafic routier.

[15] En 2010, les véhicules utilitaires lourds ont accompli 2304 mio. véh-km. Compte tenu d'une vitesse moyenne de 50 km/h, cela correspond à 46 mio. h/a. En comparaison, les machines agricoles fonctionnant au diesel ont accompli 25 mio. d'heures en 2010.

Tab. 17 > Comparaison du secteur non routier et du trafic routier en 2010

Valeurs arrondies.

	Secteur non routier [t/a]	Trafic routier [t/a]	Part du secteur non routier à la quantité totale (route + non routier)
Consommation			
Diesel	348'900	1'726'600	17 %
Essence	46'300	2'807'100	2 %
Énergie	18,0 PJ	193 PJ	9 %
Émissions polluantes			
Monoxyde de carbone (CO)	39'200	124'200	24 %
Hydrocarbures (HC)	4'370	17'100	20 %
Oxydes d'azote (NO_X)	10'400	39'300	21 %
Particules fines (PM)	532	1'135	32 %
Dioxyde de carbone (CO_2)	1'254'000	14'373'100	8 %

Source trafic routier: OFEV 2010

Cette relation est également visible dans la comparaison des émissions polluantes et de la consommation de carburant. Le tab. 18 indique les émissions polluantes spécifiques moyennes (émissions polluantes par unité de consommation de carburant en [g/kg]) du secteur non routier et du trafic routier, et les compare entre elles. On constate que les coefficients d'émission du secteur non routier sont en moyenne un multiple de ceux du trafic routier. Les écarts sont particulièrement grands pour les moteurs à essence, ce qui s'explique notamment par la proportion élevée de moteurs à 2 temps parmi les engins à essence du secteur non routier (env. 21 % de l'essence consommée dans le secteur non routier l'est par les moteurs à 2 temps, contre seulement 0,6 % dans le trafic routier). Les émissions spécifiques des véhicules diesel (oxydes d'azote et particules fines) sont deux à trois fois plus élevées dans le secteur non routier que sur la route. Cela confirme le fait qu'il existe encore un grand potentiel d'amélioration de la qualité de l'air dans le secteur non routier, et qu'il faudrait l'exploiter ces prochaines années en instaurant des valeurs limites appropriées pour les gaz d'échappement.

Tab. 18 > Émissions polluantes spécifiques du secteur non routier et du trafic routier en 2010

Exprimées par rapport à la consommation de carburant en [g/kg].

Polluant	Secteur non routier [g/kg]	Trafic routier [g/kg]	Rapport des coefficients d'émission secteur non routier: trafic routier
Moteurs à essence			
Monoxyde de carbone (CO)	758	42	18:1
Hydrocarbures (HC)	67	6	13:1
Moteurs diesel			
Oxydes d'azote (NO_X)	29	16	2:1
Microparticules (PM)	1,5	0,5	3:1

Source trafic routier: OFEV 2010

9.2 Effets de l'installation a posteriori de filtres à particules

La fig. 56 (à gauche) montre comment les émissions de particules occasionnées par les machines de chantier auraient évolué jusqu'à présent et évolueraient à l'avenir, comparativement à la plage d'émissions possibles limitée par les marges que la législation peut influencer en Suisse (pour autant que les limitations portent uniquement sur les émissions et non pas sur l'utilisation des machines). La limite inférieure de cette plage correspond aux émissions qui seraient produites si toutes les machines étaient équipées de filtres à particules. Sa limite supérieure correspond aux émissions qui seraient produites si les machines respectaient les valeurs limites de l'UE.

Machines de chantier

Il apparaît, pour les machines de chantier, que l'évolution effective des émissions de particules fines a suivi la limite supérieure de la plage jusqu'à peu avant 2000, car à cette époque, les efforts entrepris en vue de réduire ces émissions étaient. L'UE ne connaissait pas non plus de limitation des émissions. À partir de l'an 2000, on observe les premiers effets de l'installation a posteriori de filtres à particules permettant de réduire effectivement les émissions. Les niveaux d'émission de l'UE sont entrés en force peu après, ce qui a provoqué l'abaissement de la limite supérieure de la plage influençable. Vers 2010, l'évolution effective des émissions se rapproche de la limite inférieure de la plage influençable, du fait que l'OPair est entrée progressivement en force (voir OFEV 2009). De plus, quelques fabricants de machines ont installé des filtres à particules dans des moteurs répondant aux niveaux UE IIIB et UE IV (voir tab. 13 au chap. 4.3.8). À partir de 2020–2025 environ, les émissions atteignent le niveau atteignable grâce à la généralisation des filtres à particules à l'ensemble du parc de machines.

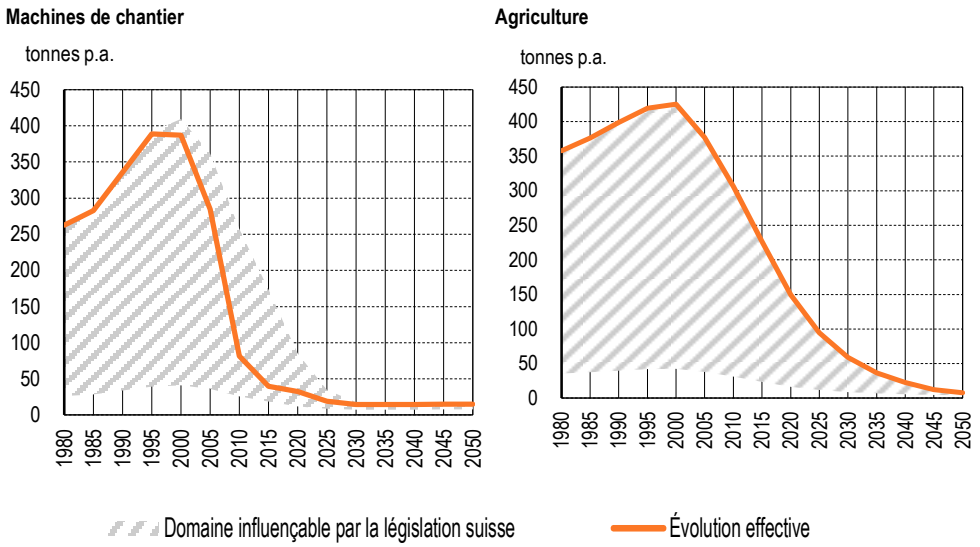
Machines agricoles

La fig. 56 (à droite) montre la même évolution pour les machines agricoles. On y constate que, jusqu'à présent, les émissions effectives suivent les limites supérieures prescrites par la législation européenne du fait que la Suisse ne connaît pas d'autre législation pour les machines agricoles. La limite supérieure de la plage définie par la

législation de l'UE s'abaisse plus lentement que pour les machines de chantier. Cela tient au fait que les machines agricoles restent plus longtemps en service et que, par conséquent, les anciennes machines sont remplacées moins rapidement. Il s'ensuit qu'une obligation d'installer des filtres sur les nouvelles machines n'aurait que peu d'effet sur l'évolution des émissions (OFEV 2008). Ce ne sera donc que vers 2045–2050 que les émissions des machines agricoles se trouveront au niveau atteignable grâce à la généralisation des filtres à particules à l'ensemble de leur parc.

Fig. 56 > Machines de chantier et machines agricoles: évolution effective des émissions de particules et plage influençable par la législation suisse

La plage influençable (zone hachurée) est définie par un scénario dans lequel toutes les machines sont équipées de filtres à particules (limite inférieure de la zone hachurée) et par un scénario dans lequel les valeurs limites de l'UE sont respectées (limite supérieure). L'évolution effective correspond aux émissions résultant de l'équipement actuel en filtres à particules et de l'équipement probable dans les années à venir.



Installation de filtres à particules selon données du chap. 4.3.8 (p. 48)

9.3 Comparaison avec le rapport UW-0828

9.3.1 Méthode

La méthode appliquée dans l'étude précédente UW-0828 (OFEV 2008) a été conservée dans une large mesure. Quelques adaptations mineures y ont été apportées en raison des récents développements dans l'application des valeurs limites renforcées, à savoir:

- Facteurs dynamiques (CF_2, voir chap. 4.3.7): l'étude précédente différencie les facteurs dynamiques par catégories de machines, niveaux d'émission et polluants. Étant donné les différents facteurs dynamiques applicables aux NO_X pour des machines de différentes puissances du niveau UE IV, le modèle a été adapté de telle sorte qu'il permet d'utiliser des facteurs dynamiques différenciés par classe de puissance (voir tab. 10, p. 47).
- Facteurs d'usure (CF_3, voir aussi chap. 4.3.7): dans l'étude précédente, ces facteurs étaient considérés comme constants par polluant et par technologie des moteurs. Comme ils n'ont plus cours à partir du niveau d'émission UE IIIA (ou sont définis comme égaux à 1), ils peuvent désormais être différenciés en fonction des niveaux d'émission dans le modèle.
- Prise en compte de l'entrée en vigueur retardée des niveaux d'émission: le rapport précédent admettait que toutes les nouvelles machines satisfaisaient à un niveau d'émission dès le moment de son entrée en force. Or dans la réalité, cette entrée en vigueur prend du retard à cause des possibilités qu'offrent les «sell-off periods» et les schémas de flexibilité dans la législation UE (voir chap. 4.3.4). Le présent rapport tient compte de cet état de fait, en ce sens que le modèle admet des proportions réalistes de nouvelles machines répondant encore à l'ancien niveau d'émission pendant les deux ans qui suivent l'instauration d'un nouveau niveau d'émission (le scénario d'instauration «probable», voir fig. 12, p. 43).
- Prise en compte des filtres à particules: dans l'étude précédente, on a utilisé pour l'emploi des filtres à particules des facteurs de correction constants par polluant – concrètement, les émissions de PM ont été réduites de 90 % et la consommation de carburant a été augmentée de 3 %. Cette correction n'a été appliquée qu'aux machines équipées a posteriori de filtres à particules – on a admis qu'à partir d'un niveau d'émission donné (UE IIIB), l'emploi de tels filtres serait généralisé à l'ensemble du parc, étant donné que ce serait le seul moyen de respecter les valeurs limites, et que, par conséquent, aucune correction du coefficient d'émission prescrit par la valeur limite plus basse n'est nécessaire. Seulement, vu que les valeurs limites appliquées aux particules ont été progressivement renforcées par la législation de l'UE et que les fabricants de machines ont adopté des stratégies diverses (voir tab. 13 au chap. 4.3.8), il devenait nécessaire de différencier les facteurs de correction par niveau d'émission et par classe de puissance puisqu'un filtre à particules a une influence variable suivant la valeur limite. De même, les facteurs de correction ne sont plus uniquement appliqués aux machines équipées a posteriori, mais à toutes celles qui sont équipées de filtres à particules.

9.3.2 Structures quantitatives

La comparaison des structures quantitatives du nouvel inventaire du secteur non routier et des données de l'OFEV tirées du rapport UW-0828 (OFEV 2008) prend 2010 comme année de référence. La structure considérée dans le rapport UW-0828 a été tirée d'une étude distincte (EWI 2005).

La fig. 57 compare les effectifs, les heures de service (spécifiques, c.-à-d. par engin, et totales) et la demande d'énergie selon l'ancienne structure quantitative et selon la structure actuelle. Les différences les plus marquées concernent les machines de chantier, l'industrie, les engins de jardin et l'armée. La demande d'énergie est le produit des effectifs, des heures de service, des puissances nominales moyennes par segment de machines et des facteurs de charge. Ces derniers ayant été adaptés pour certaines catégories de machines, les lignes qui suivent décrivent d'abord cette adaptation car elle concerne plusieurs groupes de machines.

Facteurs de charge

De nouvelles études (p. ex. Fridell et al. 2014) montrent que les facteurs de charge de l'EPA (2004) appliqués jusqu'à présent aux machines de chantier sont trop élevés pour l'utilisation typique qui est faite de ces machines en Europe. Les facteurs de charge effectifs de quelques catégories de machines de chantier ainsi que leurs pendants dans l'exploitation forestière et l'armée ont donc été réajustés (tab. 19). Ces adaptations se traduisent dans la plupart des cas par une baisse de 27 à 37 %. S'agissant des machines de chantier à usage militaire, les facteurs de charge étaient toutefois plus faibles jusqu'à présent, raison pour laquelle ils ont été corrigés de 4 à 67 % vers le haut. L'adaptation des facteurs de charge aboutit, pour 2010, à une réduction d'environ 6 % de la consommation d'énergie de l'ensemble du secteur non routier – y compris l'augmentation des valeurs spécifiques de consommation d'énergie consécutives à l'élévation du facteur de correction de la charge (CF_1, voir chap. 4.3.7). Pour les seules machines de chantier, la réduction de la consommation d'énergie s'élève même à 15 % en 2010, notamment parce que les facteurs de charge des pelles – la catégorie de machines la plus gourmande en énergie de ce groupe – ont été abaissés. En revanche, l'adaptation des facteurs de charge aboutit à une augmentation de 1 % de la consommation d'énergie de l'armée.

Machines de chantier

Les effectifs et les heures de service des machines de chantier sont plus élevés que dans l'inventaire précédent. Cela s'explique surtout par le fait qu'au moment de l'établissement de la structure quantitative utilisée pour cet inventaire, au début des années 2000, l'industrie de la construction traversait une phase de régression de la valeur ajoutée brute (voir aussi OFS 2012) et que, de ce fait, on a admis que les activités de cette branche tendraient à ralentir. Entre-temps, on a constaté que la valeur ajoutée brute de l'industrie de la construction a progressé d'environ 19 % entre 2000 et 2010; l'activité des machines de chantier a logiquement suivi cette tendance. La réduction des facteurs de charge, elle, abaisse la demande d'énergie des machines de chantier (voir le chapitre ci-dessus et le tab. 19), mais la variation nette de la demande d'énergie par rapport à l'inventaire précédent est clairement positive avec 11 %.

Tab. 19 > Comparaison des facteurs de charge avec ceux du rapport UW-0828

Exprimés en émissions polluantes par unité de consommation de carburant en [g/kg].

Groupe	Catégorie de machines	Classe de puissance	Facteur de charge effectif		Variation
			UW-0828	actuel	
Machines de chantier	pelles à câbles	(toutes)	0,48	0,35	-27 %
	grues à pneus/mobiles	(toutes)	0,48	0,3	-37 %
	chargeuses	(toutes)	0,48	0,35	-27 %
	tombereaux/camions à bennes basculantes	(toutes)	0,48	0,35	-27 %
	appareils de forage	(toutes)	0,48	0,35	-27 %
	minipelles	<18 kW	0,48	0,3	-37 %
	minipelles	18–75 kW	0,48	0,35	-27 %
	pelles sur chenilles	75–300 kW	0,48	0,48	0 %
	pelles sur pneus	37–75 kW	0,48	0,33	-31 %
Exploitation forestière	pelles sur pneus	(toutes)	0,48	0,4	-17 %
Armée	chargeuses sur chenilles	(toutes)	0,288	0,35	22 %
	pelles chargeuses à pneus	(toutes)	0,288	0,35	22 %
	pelles sur chenilles	(toutes)	0,288	0,48	67 %
	bulldozer (bouteurs)	(toutes)	0,288	0,48	67 %
	camions-grues	(toutes)	0,288	0,3	4 %

Industrie

Les effectifs et les heures de service des machines mobiles du groupe «industrie» – dans l'inventaire non routier, ce groupe englobe aussi l'artisanat et les services communaux – sont eux aussi plus élevés que dans l'ancien inventaire. Cela tient surtout aux dameuses de piste, dont l'effectif dans l'ancien inventaire a été sous-estimé sur la base de l'extrait standard du MOFIS de fin septembre, alors que beaucoup de ces dameuses ne sont pas comptabilisées – selon l'extrait de fin janvier, l'effectif est environ deux fois plus élevé (voir chap. 6.2.1, p. 63). L'effectif des élévateurs a légèrement reculé par rapport à l'ancien inventaire. Dans le nouvel inventaire, on a en outre intégré les génératrices utilisées dans l'industrie et l'artisanat ainsi que les machines et les véhicules aéroportuaires, mais cela n'explique que très partiellement la croissance.

Agriculture

On a certes constaté un léger recul des activités des machines agricoles dans l'ancien inventaire, mais ce recul se révèle plus important qu'attendu. En outre, le nouvel inventaire prend aussi en considération les résultats par classes de puissance tirés des recensements des entreprises agricoles des années passées, et ceux-ci ont montré que la part des grandes machines avait été surestimée dans le précédent inventaire. De ce fait, la répartition par classes de puissance a été adaptée rétroactivement, ce qui a encore réduit la consommation d'énergie de ce groupe. En 2010, cette dernière est donc d'environ 18 % inférieure à ce qu'elle était dans l'étude précédente.

Exploitation forestière

Dans l'exploitation forestière également, les activités actuelles sont légèrement en dessous de celles qui avaient été considérées dans le précédent inventaire pour 2010. S'agissant de la consommation totale d'énergie, la réduction du facteur de charge des pelles sur pneus joue elle aussi un rôle, ce qui conduit à une demande d'énergie de 12 % inférieure à ce qu'elle était dans l'étude précédente.

Horticulture/loisirs

Les effectifs et les heures de service du groupe «horticulture/loisirs» sont ceux qui ont le plus augmenté en valeurs absolues par rapport à l'ancien inventaire. Cela tient essentiellement au fait que, dans le nouvel inventaire, on a pris en compte pour la première fois les engins électriques. Il s'ensuit que l'effectif 2010 est de 210 % plus élevé que dans le précédent inventaire. Sans les engins électriques, il serait de 17 % supérieur. Actuellement, les heures de service sont même sept fois plus élevées que selon l'inventaire précédent, ce qui s'explique essentiellement par les longues durées de fonctionnement des tondeuses robots. En raison des faibles puissances des engins électriques, la demande d'énergie n'est «que» de 130 % supérieure à ce qu'elle était dans le précédent inventaire.

Bateaux

L'effectif considéré dans le nouvel inventaire est de 15 % supérieur à celui de l'étude précédente. Cela tient à l'augmentation de l'effectif des bateaux à moteur ainsi que des chalands et des bateaux de passagers. De plus, le nouvel inventaire intègre les bateaux de transport de marchandises sur le Rhin. Le problème, pour ces derniers, est que le nombre de trajets est connu, mais pas le nombre de trajets accomplis par un même bateau. Cela n'a pas de conséquence sur l'activité totale; en revanche, l'hypothèse selon laquelle les trajets sont égaux à l'effectif tend à surestimer ce dernier. La somme des heures de service n'est que de 4 % supérieure à l'ancien inventaire, et la demande totale d'énergie n'a subi qu'une variation marginale à cause des déplacements de la répartition par classes de puissance vers les petits bateaux à moteur et les voiliers (+0,3 %).

Rail

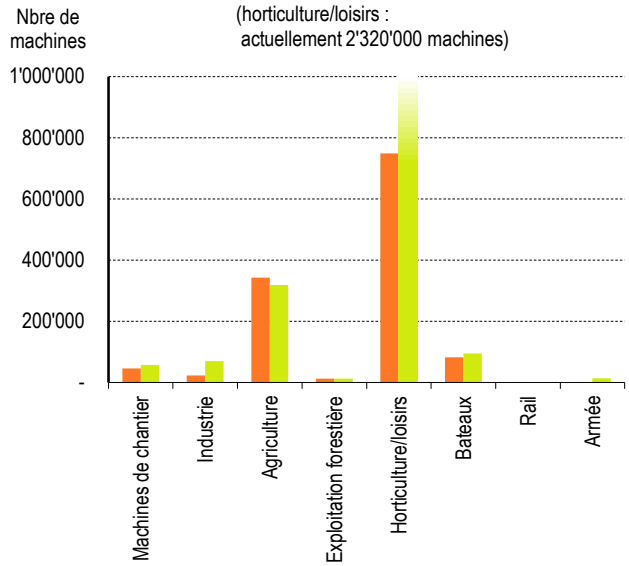
La demande totale d'énergie du nouvel inventaire pour 2010 est de 4 % inférieure à celle de l'inventaire précédent. Cela s'explique par la diminution de l'effectif des tracteurs ferroviaires et par l'augmentation parallèle de la puissance nominale moyenne des locomotives de manœuvre.

Armée

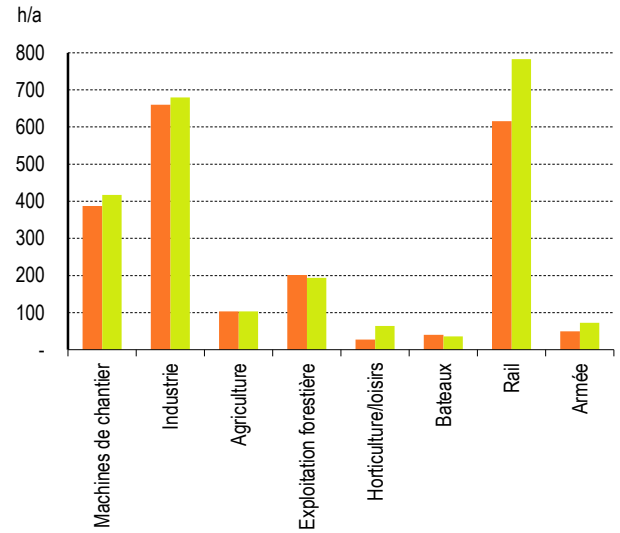
En termes relatifs, les activités de l'armée sont celles qui ont le plus augmenté de tous les groupes de machines depuis l'inventaire précédent (croissance de la demande d'énergie de 480 %). Cela tient surtout à la forte sous-estimation des heures de service des machines de chantier à usage militaire et de l'effectif et des heures de service des chars de grenadiers dans l'ancien inventaire. Les données ont été vérifiées et confirmées par la Base logistique de l'armée, et la structure quantitative a elle aussi été corrigée rétroactivement. Il n'a pas été possible d'expliquer les raisons de cette sous-estimation dans EWI (2005). Cependant comme l'armée ne représente que 1,5 % de la consommation totale d'énergie du secteur non routier, cette correction n'a pas une incidence majeure dans l'analyse globale.

Fig. 57 > Comparaison de la structure quantitative actuelle avec le rapport UW-0828

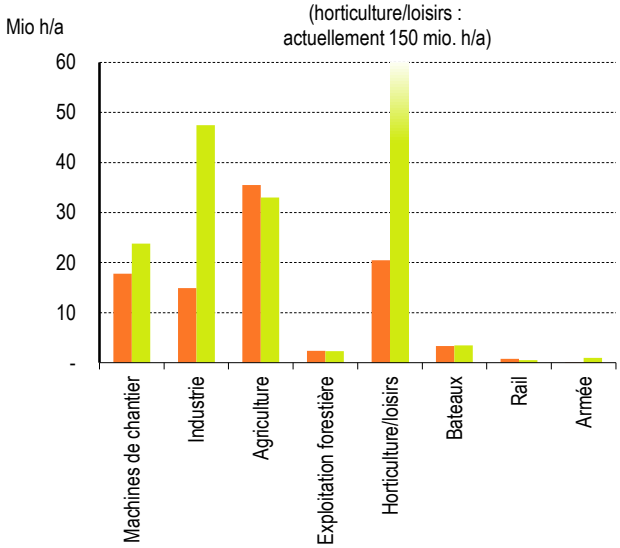
Effectif



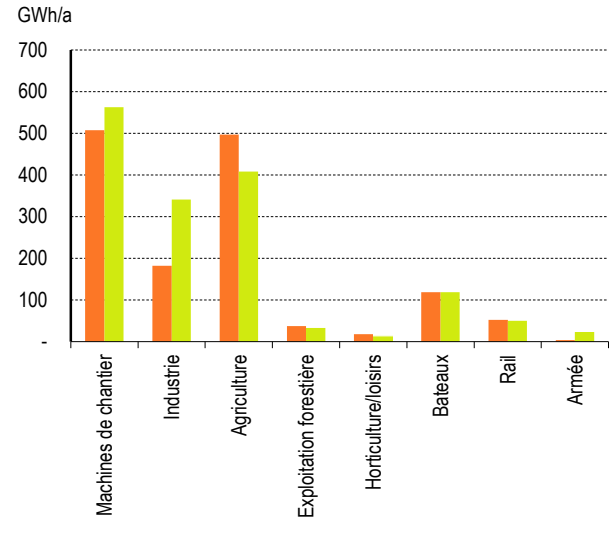
Heures de service spécifiques



Somme des heures de service



Consommation d'énergie



Les valeurs chiffrées sont tirées des tab. 48 – tab. 49, p. 179, tab. 53 p. 185, ainsi que de OFEV 2008

9.3.3 Coefficients d'émission

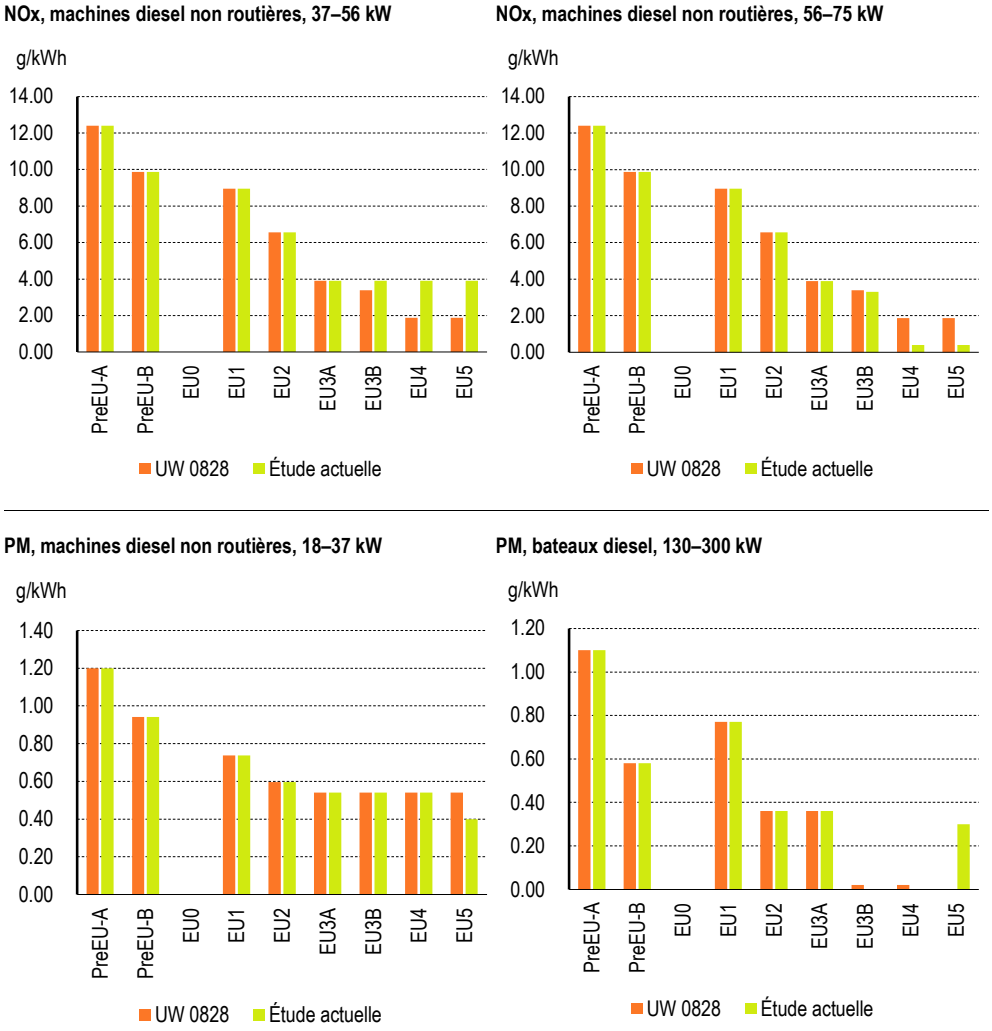
Les coefficients d'émission jusqu'aux niveaux d'émission UE déjà entrés en force au moment de la publication de l'étude précédente (OFEV 2008) – UE IIIA pour les machines diesel, UE II pour les petits engins à essence – ont été repris en majeure partie pour le présent rapport (voir chap. 4.3.3). Pour les niveaux d'émission entrés en vigueur ultérieurement, des hypothèses ont été formulées dans OFEV (2008) à propos de l'évolution des coefficients d'émission; des informations plus récentes sont désormais disponibles, ce qui explique les différences entre les coefficients d'émission actuels et ceux de OFEV (2008).

Machines diesel

Suivant la classe de puissance des machines, les coefficients d'émission actuels applicables aux oxydes d'azote (NO_X) à partir du niveau IIIB se situent parfois au-dessus, parfois au-dessous de ceux de l'étude précédente (fig. 58 en haut). Globalement, il en résulte des émissions légèrement plus élevées pour l'ensemble du secteur non routier en raison de l'ajustement des coefficients d'émission de base. Cet effet est encore renforcé par les facteurs dynamiques augmentés à partir du niveau IV (voir chap. 4.3.7) et la prise en compte de l'instauration retardée des niveaux d'émission (voir chap. 4.3.4).

S'agissant des particules fines (PM), les ajustements des coefficients d'émission appliqués aux machines de chantier ainsi qu'aux engins agricoles et forestiers provoquent un abaissement des émissions par rapport au rapport précédent; cela tient surtout à la valeur limite du niveau V, plus sévère pour les petites machines (fig. 58, en bas à gauche). En revanche, pour les bateaux et les véhicules ferroviaires, les niveaux UE IIIB et UE IV (uniquement UE IV pour les véhicules ferroviaires) ne sont pas entrés en vigueur comme attendu – les valeurs limites du niveau IIIA pour les bateaux et du niveau IIIB pour les véhicules ferroviaires restent en vigueur jusqu'à l'instauration du niveau V (2019–2020) (fig. 58, en bas à droite). De ce fait, les coefficients d'émission de la présente étude se situent au-dessus des valeurs découlant des hypothèses de l'étude précédente, et, par conséquent, les émissions totales des bateaux et des véhicules ferroviaires telles que modélisées sont également plus élevées. Globalement, les émissions de PM du secteur non routier (y compris l'abandon des facteurs de vieillissement à partir du niveau IIIA et de la prise en compte de l'introduction retardée) se situent cependant légèrement au-dessous de celles que l'on obtiendrait avec les structures quantitatives actuelles, mais avec la méthode de calcul des émissions appliquée jusqu'ici.

Fig. 58 > Machines diesel: comparaison avec les coefficients d'émission du rapport UW-0828



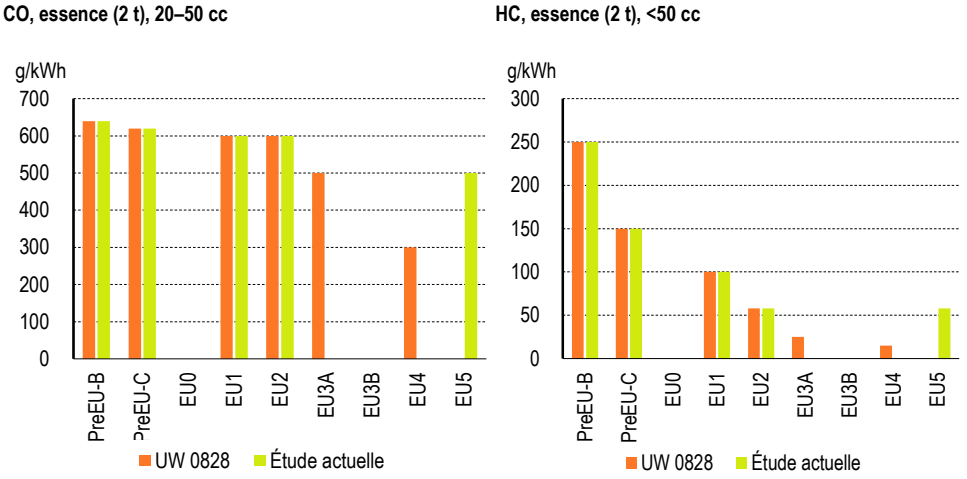
Les valeurs chiffrées sont tirées du Tab. 28, p. 154 ainsi que de OFEV 2008

Petits engins à essence

Les émissions de monoxyde de carbone (CO), surtout influencées par les engins à essence, diminuent sensiblement moins vite depuis 2015 que ce que prévoyait l'étude précédente. Cela tient au fait que la valeur limite définie pour le CO dans le niveau UE V, qui doit entrer en vigueur en 2019–2020, est sensiblement plus élevée que les coefficients d'émission admis dans l'étude précédente pour les probables niveaux UE III et UE IV. Or ces derniers niveaux seront «court-circuités», raison pour laquelle ce sont les valeurs limites du niveau UE II qui resteront en vigueur jusqu'en 2019 et 2020 (voir fig. 59 à gauche).

On observe le même effet pour les émissions d'hydrocarbures (HC), elles aussi essentiellement influencées par les moteurs à essence (fig. 59 à droite).

Fig. 59 > Engins à essence: comparaison avec les coefficients d'émission du rapport UW-0828

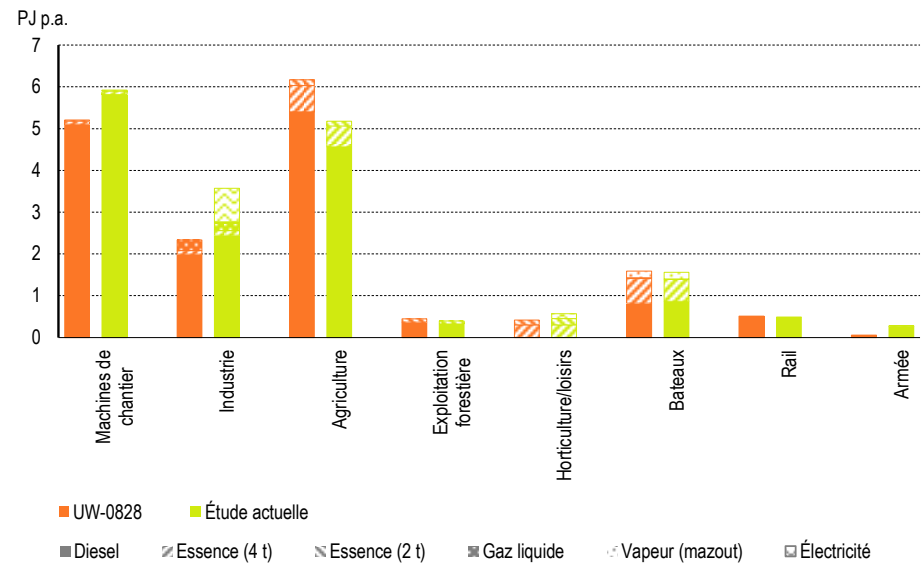


Les valeurs chiffrées sont tirées du Tab. 34, p. 161 ainsi que de OFEV 2008

9.3.4 Consommation d'énergie

Pour l'année de référence 2010, le rapport entre la consommation d'énergie considérée dans l'étude actuelle (fig. 60) et celle admise dans le rapport UW-0828 est analogue à la demande d'énergie (voir chap. 9.3.2, fig. **57** à droite en bas), étant donné que les coefficients de consommation n'ont pas été modifiés. Les minimes différences dans les variations relatives par rapport à la fig. **57** (à droite en bas) s'expliquent par les parts différentes occupées par les divers types d'entraînement ainsi que par leurs différentes teneurs énergétiques (pouvoir calorifique) et leurs différents rendements.

Fig. 60 > Comparaison de la consommation d'énergie de l'année 2010 avec les valeurs pronostiquées dans le rapport UW-0828, par groupes de machines



Aide de lecture: les couleurs désignent l'étude, les hachures désignent le mode d'entraînement.
Les valeurs chiffrées sont tirées du tab. 53, p. 185, ainsi que de OFEV 2008.

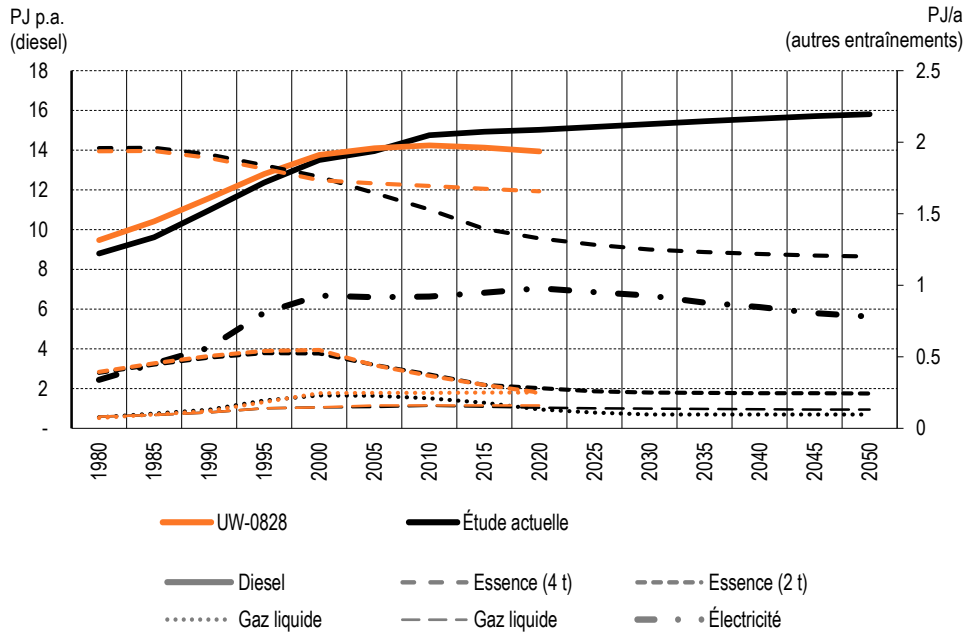
La comparaison des évolutions temporelles (fig. 61) montre que le rapport UW-0828 admettait, à partir de l'an 2000, une consommation de carburant tendanciellement plus faible que celle affichée dans l'inventaire actuel, pour les engins à moteur diesel et les engins à moteur à essence à 2 temps. Pour le diesel, cela tient aux prévisions pessimistes quant à l'évolution du secteur de la construction, lequel a cependant connu une forte croissance entre 2000 et 2010 comme on a pu s'en rendre compte par la suite. Jusqu'en 2005, en valeurs absolues, la consommation de diesel selon le rapport UW-0828 est toutefois encore légèrement supérieure à ses valeurs actuelles; cela s'explique par la correction à la baisse des facteurs de charge des principales catégories de machines de chantier dans le présent rapport (voir chap. 9.3.2, tab. 19). Pour ce qui est des engins à essence à 2 temps, les deux études montrent une baisse à partir de l'an 2000, mais celle-ci s'est révélée moins forte que ce que prévoyait le rapport UW-0828.

Pour les moteurs à essence à 4 temps et les machines à gaz, les prévisions du rapport UW-0828 sont supérieures aux valeurs actuelles. Pour les premiers nommés, l'écart s'explique surtout par l'effectif des faucheuses à un essieu en usage dans l'agriculture, lequel a diminué beaucoup plus que ce qu'on attendait. Quant aux secondes, l'écart tient à la réduction de l'activité des élévateurs à fourches.

On ne constate pas de modifications notables s'agissant de l'huile diesel alimentant les bateaux à vapeur. Quant à la consommation d'électricité, elle n'avait pas encore été prise en compte dans le rapport UW-0828.

Fig. 61 > Comparaison de l'évolution de la consommation d'énergie avec le rapport UW-0828

Consommation d'énergie



Aide de lecture: les couleurs désignent l'étude, les traitillés désignent le mode d'entraînement.
Les valeurs chiffrées sont tirées du Tab. 52, p. 184, ainsi que de OFEV 2008.

9.3.5 Émissions

Les écarts dans les émissions produites en 2010 entre la présente étude et le rapport UW-0828 (fig. 62) s'expliquent essentiellement de la même façon que les écarts dans les structures quantitatives et dans la consommation d'énergie, à savoir par le fait que les coefficients d'émission appliqués pour 2010 n'ont pas été modifiés. Une diminution supplémentaire à peine visible des émissions est due au fait que, dans l'étude actuelle, plus aucun facteur d'usure n'est appliqué à partir du niveau UE IIIA (voir chap. 4.3.7 et 9.3.1).

Ce n'est qu'à partir du niveau d'émission UE IIIB que de nouveaux coefficients d'émission ont été appliqués dans le rapport actuel, qui, associés aux modifications des structures quantitatives, influent sur l'évolution à partir de 2015 (fig. 63). Comme les prévisions du rapport UW-0828 ne s'étendent que jusqu'en 2020 et que les plus grands écarts dans les coefficients d'émission n'agissent vraiment qu'avec le niveau UE V à partir de 2019/2020, aucun écart visible n'apparaît dans la fig. 63.

Monoxyde de carbone (CO)

Jusqu'en 2010, les valeurs inscrites dans le rapport UW-0828 se situent approximativement entre 0,7 et 3,5 % au-dessus des valeurs de l'étude actuelle. Cela s'explique en partie par les facteurs de charge parfois plus faibles de l'étude actuelle; mais s'ajoute à cela le fait qu'à partir de l'an 2000, l'inventaire actuel considère de plus petits effectifs de faucheuses à essence à un essieu, qui présentent des puissances nominales et des facteurs de charge élevés et, par conséquent, influent fortement sur les émissions de CO. Néanmoins, les émissions selon le rapport UW-0828 diminuent plus vite entre 2015 et 2020, si bien qu'elles atteignent en 2020 presque le même niveau que celles qui résultent du rapport actuel. Cela tient au fait que le rapport UW-0828 prévoyait pour les moteurs à essence des valeurs limites du CO plus faibles avec les niveaux UE III et UE IV, lesquels n'ont jamais été appliqués (voir chap. 9.3.3).

Hydrocarbures (HC)

Le rapport entre les émissions actuelles et celles qu'affiche l'étude UW-0828 est similaire à celui que l'on observe pour le monoxyde de carbone (CO), et s'explique de la même façon, à savoir par des facteurs de charge parfois plus bas ainsi que des coefficients d'émission plus élevés à partir de 2015 dans l'inventaire actuel.

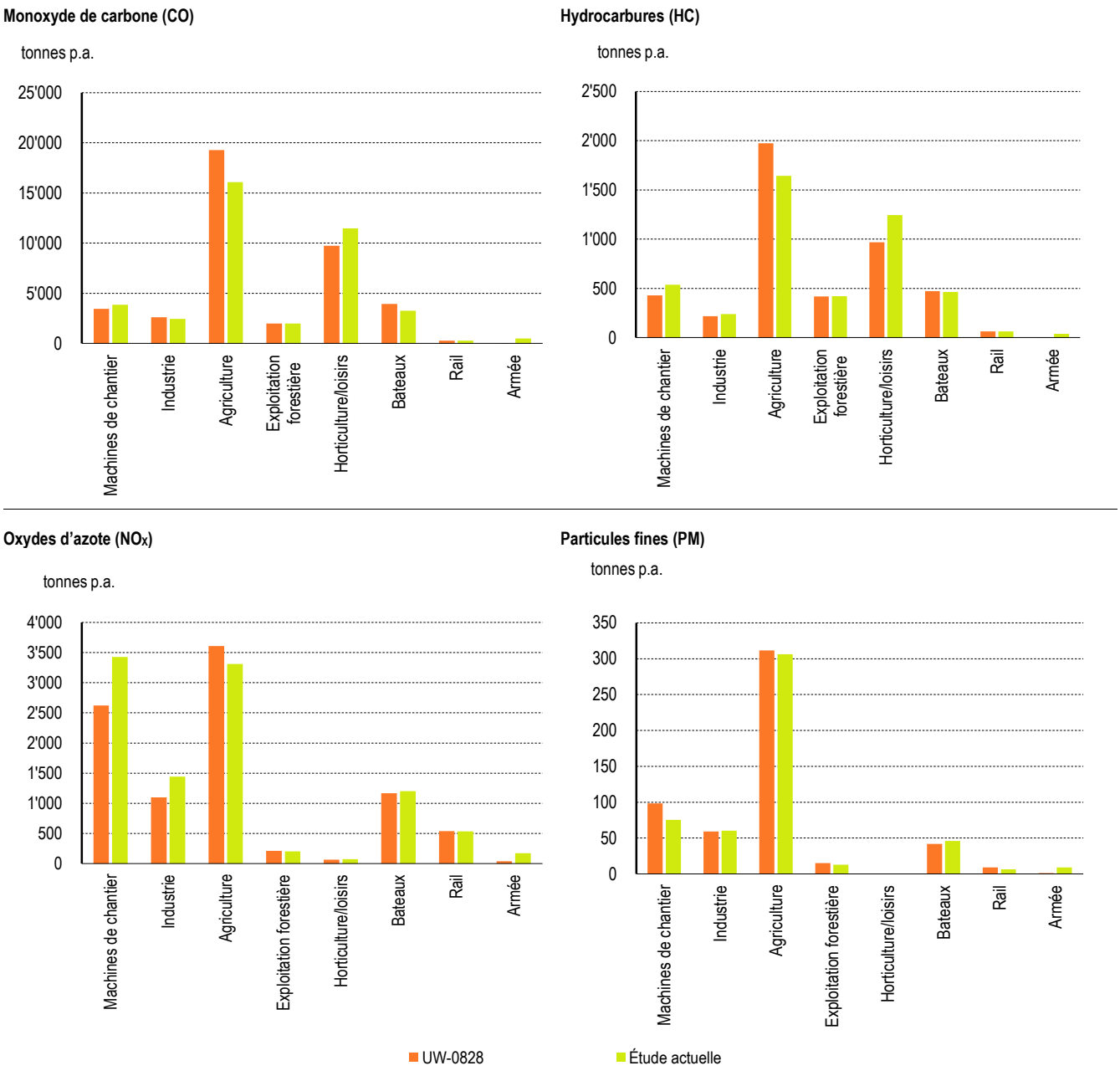
Oxydes d'azote (NO_x)

Les écarts touchant les oxydes d'azote s'expliquent dans une large mesure par les mêmes effets que ceux qui concernent la consommation de diesel: facteurs de charge plus faibles pour les machines de chantier, mais des effectifs et des heures de service généralement plus élevés pour les machines diesel dans l'inventaire actuel. De plus, des coefficients d'émission de base et des facteurs dynamiques (CF_2) plus élevés, et l'instauration retardée de nouveaux niveaux d'émission font que les émissions sont en augmentation à partir de 2010–2015.

Particules fines (PM)

Pour les particules fines également, les facteurs de charge plus faibles, mais des effectifs et des heures de service en croissance accélérée à partir de 2000 pour les machines diesel, sont les principaux responsables du fait que les émissions selon UW-0828 sont d'abord plus élevées qu'actuellement. Le rapport ne s'inverse qu'à partir de 2010 car les modifications des coefficients d'émission de base et des paramètres d'influence ainsi que la plus grande diffusion des filtres à particules assurent globalement un affaiblissement des émissions spécifiques dans l'inventaire actuel.

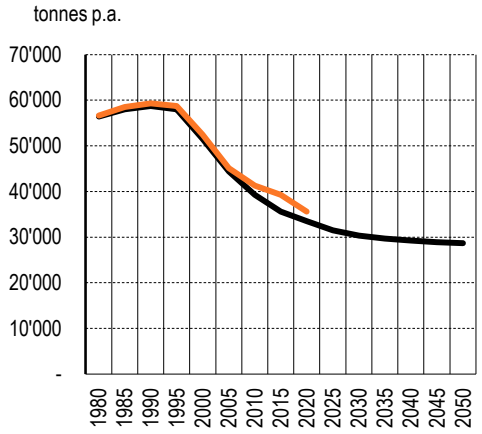
Fig. 62 > Comparaison des émissions pour 2010 avec les valeurs pronostiquées dans le rapport UW-0828, par groupes de machines



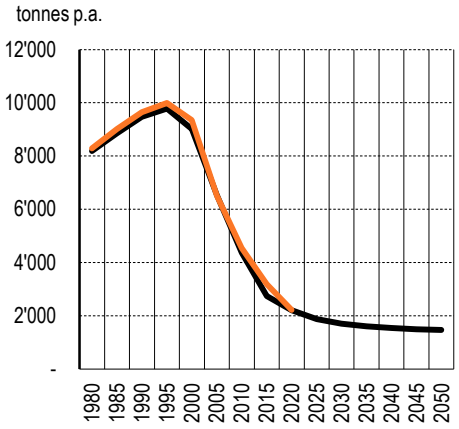
Aide de lecture: les couleurs désignent l'étude, les hachures désignent le mode d'entraînement.
Les valeurs chiffrées sont tirées du tab. 54, p. 186, ainsi que de l'OFEV 2008

Fig. 63 > Comparaison de l'évolution des émissions de polluants réglementés avec le rapport UW-0828

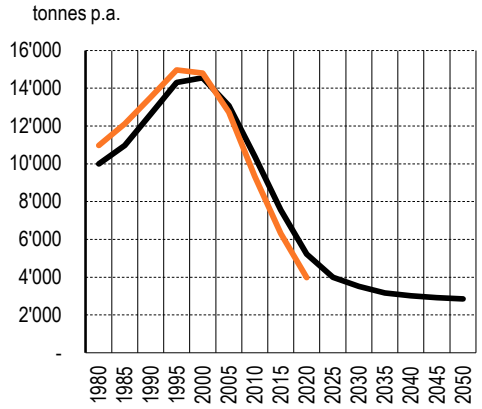
Monoxyde de carbone (CO)



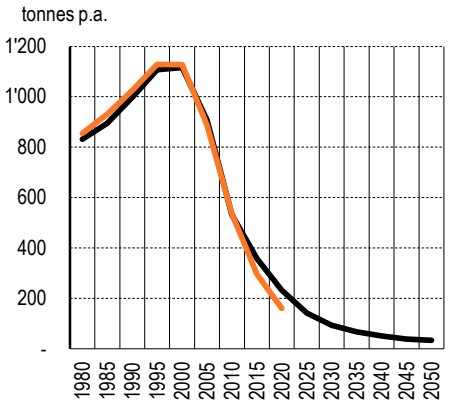
Hydrocarbures (HC)



Oxydes d'azote (NO_X)



Particules fines (PM)



Valeurs chiffrées UW-0828: OFEV 2008, actuel: Tab. 54, p. 186

> Annexe

A1 Méthode de calcul

Les pages qui suivent détaillent la méthode de calcul des émissions. Celle-ci comporte quatre étapes:

- > calcul des effectifs par segment de machines et année de construction
- > détermination des heures de service par segment de machines et année de construction
- > différenciation de la structure quantitative en fonction des niveaux d'émission
- > calcul des émissions polluantes

Toutes les valeurs d'entrée (input) nécessaires à cet effet sont surlignées en gris.

1re étape: **calcul des effectifs par segment de machines et année de construction**

1a: détermination des effectifs par segment. Un segment est différencié par catégorie de machines ***(catm),*** type de moteur ***(typm)*** et classe de grandeur ***(classeg).***

$$N_{seg} = N_{catm,\,typm,\,classeg} = N_{catm} \cdot \beta_{catm,\,typm,\,classeg}$$

avec: N_{Seg} = effectif des machines d'un segment

N_{catm} = effectif des machines d'une catégorie de machines

β_{seg} = répartition des types de moteur et classes de grandeur d'une catégorie de machines

1b: différenciation de la structure quantitative par année de construction à l'aide de la répartition des âges

$$N_{seg,\,anconstr} = N_{seg} \cdot \varpi_{seg}$$

avec: $N_{seg,\,anconstr}$ = effectif des machines du segment ***seg*** et de l'année de construction ***anconstr***

ϖ_{Seg} = répartition des âges des effectifs différenciée par segment ***seg***

2e étape: **détermination des heures de service**

2a: détermination des heures de service par catégorie de machines

$$H_{catm} = N_{catm} \cdot h_{catm}$$

avec: H_{catm} = heures de service par catégorie de machines ***catm*** [h/a]

h_{catm} = heures de service spécifiques par catégorie de machines ***catm*** [h/a]

2b: détermination des heures de service (non lissées) par segment

$$\tilde{H}_{seg,\,anconstr} = N_{seg,\,anconstr} \cdot h_{seg}$$

avec: $\tilde{H}_{seg,\,anconstr}$ = heures de service par segment ***seg*** et année de construction ***anconstr*** [h/a]

$\boldsymbol{h}_{seg}$ = heures de service spécifiques par segment ***seg*** [h/a]

2c: lissage des heures de service par segment, de manière à atteindre la valeur cible des heures de service spécifiques par catégorie de machines selon l'étape 2a.

$$H_{seg,\,anconstr} = \tilde{H}_{seg,\,anconstr} \cdot \frac{N_{catm} \cdot h_{catm}}{\sum_{seg} \tilde{H}_{seg,\,anconstrr}}$$

avec: h_{catm} = heures de service spécifiques par catégorie de machines ***catm*** [h/a]

3e étape: **différenciation de la structure quantitative par niveaux d'émission**

Détermination des effectifs et des heures de service par sous-segment, et prise en compte de la relation entre les heures de service et la répartition des âges. Un segment différencié en fonction de niveaux d'émission ***(nivem)*** est appelé sous-segment.

$$N_{sus} = \sum_{nivem} N_{seg,\,anconstr}$$

$$H_{sus} = \sum_{nivem} H_{seg,\,anconstr} \cdot \alpha(\hat{a}ge)$$

avec: $\boldsymbol{N}_{sus}$ = effectif de machines par sous-segment ***sus***

$\boldsymbol{H}_{sus}$ = heures de service par sous-segment ***sus*** [h/a]

$\alpha(\hat{a}ge)$ = relation entre heures de service et répartition des âges

4e étape: **calcul des émissions polluantes**

4a. détermination du bilan énergétique par sous-segment

$$W_{sus} = H_{sus} P_{classeg}^{pnom} \cdot \gamma_{sat}^{norme} \cdot \Delta_{catm,\,typm}^{fc}(\hat{a}ge)$$

avec: W_{sus} = bilan énergétique par sous-segment [kWh/a]

$P_{classeg}^{\text{pnom f}}$
= puissance nominale **pnom** par segment [kW]

$\lambda_{ckatm}^{\text{norme}}$
= facteur de charge normal **fc** selon cycle ISO, par catégorie de machines en fonction de l'âge des machines

$Cor_{catm,\,typm}^{\text{fc}}$ (âge)
= facteur de correction pour l'écart entre la charge effective et la charge normale selon cycle ISO C1

4b: calcul des émissions par polluant et par sous-segment, les coefficients d'émission étant différenciés par polluants, groupes de machines (machines de chantier, machines agricoles, …) et niveaux d'émission

avec: $Em_{sus,\,polluant}$
= émissions polluantes par sous-segment [g/a]

$CF_1\,(\Delta_{catm,\,typm}^{fc})$
= facteur de correction de la consommation spécifique en cas d'écart du facteur de charge par rapport à la charge normale selon cycle ISO

$CF_{2\,polluant,\,catm}$
= facteur dynamique par polluant et catégorie de machines

$CF_{3\,polluant,\,typm}(\sum H_{sus})$
= taux de dégradation par polluant et type de moteur en fonction des heures de service cumulées pour une machine d'un âge donné

$\varepsilon_{polluant,\,mseg,\,nivem}$
= coefficient d'émission par polluant, groupe de machines et niveau d'émission [g/kWh]

A2 Groupes et catégories de machines

Tab. 20 > Groupes et catégories de machines du secteur non routier

Sauf mention contraire expresse dans la dernière colonne, les entrées de la banque de données MOFIS ont été délimitées de la manière suivante:

a) Machines de chantier et industrie: entrées avec type de véhicule «machine de travail», «chariot de travail» ou «chariot à moteur» (FAZ = 50, 51 ou 80).

b) Agriculture: entrées avec type de véhicule «chariot agricole de travail» ou «chariot agricole à moteur» (FAZ = 52 ou 81).

Groupe	Catégorie	Délimitation/Définition dans les sources de données
Machines de chantier	Finisseuses de routes	MOFIS: forme de carrosserie 204 (finisseuses de routes) Off-Highway Research: Asphalt finishers
Machines de chantier	Moutons tous types avec groupes hydrauliques	MOFIS: forme de carrosserie 282 (mouton)
Machines de chantier	Rouleaux et compacteurs tous types	MOFIS: forme de carrosserie 229 (rouleau compresseur) ou 250 (rouleau compresseur à pneu)
Machines de chantier	Vibreuses mécaniques	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Machines de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	
Machines de chantier	Pelles à câbles	
Machines de chantier	Grues à pneus/mobiles	MOFIS: forme de carrosserie 156 (grue), 179 (grue sur pneumatiques) ou 311 (camion-grue) Off-Highway Research: Mobile cranes
Machines de chantier	Niveleuses	MOFIS: forme de carrosserie 140 (aplanisseuse) Off-Highway Research: Motor graders
Machines de chantier	PL non autorisés à circuler sur route	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Machines de chantier	Bouteurs	Off-Highway Research: Crawler dozers
Machines de chantier	Chargeuses (sur pneus & chenilles) tous types	MOFIS: forme de carrosserie 158 (pelle chargeuse), 259 (pelle chargeuse/excavatrice) ou 277 (pelle chargeuse/rétro-pelle) Off-Highway Research: crawler/backhoe/wheeled/skid-steer loaders
Machines de chantier	Tombereaux/camions à bennes basculantes	MOFIS: forme de carrosserie 152 (benne basculante), 153 (fourgon basculant) ou 231 (camion multibennes) Off-Highway Research: rigid/articulated dump trucks
Machines de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts, demandes de remboursement de l'import sur les huiles minerales à la DGD avec indications de branche «Construction», «construction de voies», «construction de tunnels»
Machines de chantier	Pompes tous types	MOFIS: forme de carrosserie 110 (pompe à béton) ou 169 (pompe à moteur)
Machines de chantier	Compresseurs tous types	MOFIS: forme de carrosserie 155 (compresseur) Off-Highway Research: mobile compressors
Machines de chantier	Nacelles	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Machines de chantier	Locomotives de tunnel	
Machines de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	MOFIS: forme de carrosserie 112(fraiseuse rotative) ou 346 (fraiseuse revêtement/chargeuse)
Machines de chantier	Fraiseuses de tranchée	MOFIS: forme de carrosserie 248 (fraiseuse de tranchée)
Machines de chantier	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts

Groupe	Catégorie	Délimitation/Définition dans les sources de données
Machines de chantier	Minipelles	MOFIS: forme de carrosserie 245 (excavatrice); puiss.<37 kW Off-Highway Research: Mini excavators
Machines de chantier	Pelles sur chenilles	MOFIS: forme de carrosserie 245 (excavatrice); puiss. >37 kW Off-Highway Research: Hydraulic excavator – crawler
Machines de chantier	Pelles sur pneus	MOFIS: forme de carrosserie 245 (excavatrice); puiss. >37 kW Off-Highway Research: Hydraulic excavator – wheeled
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	MOFIS: forme de carrosserie 133 (élévateur à fourches), 168 (élévateur télescopique) ou 198 (élévateur à fourche latérale)
Industrie	Balayeuses et nettoyeuses/récureuses	MOFIS: forme de carrosserie 205 (balayeuse) ou 320 (machine à nettoyer)
Industrie	Plateformes élévatrices (ind.)	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Industrie	Tracteurs (ind.)	MOFIS: type de véhicule 42 (tracteur), ou type de véhicule 82 (chariot à moteur) ET forme de carrosserie 251 (mini-tracteur)
Industrie	Dameuses de piste	MOFIS: forme de carrosserie 281 (véhicule dameur de piste)
Industrie	VT aéroportuaires	Effectifs dans le périmètre aéroportuaire (espace airside selon indications des aéroports de Zurich et de Genève)
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	
Industrie	Camions/bus aéroportuaires	
Industrie	Génératrices aéroportuaires	
Industrie	Tracteurs aéroportuaires	
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaires	
Industrie	Génératrices Industrie/artisanat/services publics	Génératrices diesel selon demandes de remboursement de l'impôt sur les huiles minérales à la DGD, sauf indications de branches «construction», «construction de voies ferrées», «construction de tunnels», «aéroports»
Agriculture	Faucheuses à un essieu/monoaxes	LBZ: motofaucheuses, motoculteurs MOFIS: type de véhicule 83 (monoaxes agricoles)
Agriculture	Tracteurs agricoles	LBZ: tracteurs MOFIS: type de véhicule 43 (tracteur agricole) Écart entre MOFIS et LBZ est attribué aux «tracteurs privés». Motifs: a) les anciens tracteurs restent sur les exploitations, mais ne sont pas enregistrés dans le LBZ; b) parfois d'autres types de machines sont immatriculés comme tracteurs (p. ex. transporteurs, faucheuses à deux essieux) dans le MOFIS (env. 3'000–4'000 unités; voir entrées dans les catégories correspondantes)
Agriculture	Moissonneuses-batteuses	LBZ: moissonneuses-batteuses MOFIS: forme de carrosserie 164 (moissonneuse-batteuse)+J69
Agriculture	Pulvérisateurs	LBZ: pulvérisations de produits phytosanitaires MOFIS: forme de carrosserie 171 (motopompe) ou 318 (motopompe à usages divers)
Agriculture	Ensileuses	LBZ: ensileuses MOFIS: forme de carrosserie 326 (hacheuse)
Agriculture	Faucheuse à deux essieux	LBZ: faucheuse à deux essieux MOFIS: type de véhicule 52 (chariot agricole de travail) ou 81 (chariot agricole de travail à moteur) avec forme de carrosserie 327 (faucheuse), ou type de véhicule 43 (tracteur) avec forme de carrosserie 269 (porteur d'engins)

Groupe	Catégorie	Délimitation/Définition dans les sources de données
Agriculture	Transporteurs & autochargeuses	LBZ: transporteurs MOFIS: type de véhicule 43 (tracteur) avec formes de carrosserie 108 (pont), 151 (pont basculant), 220 (véhicule à superstructure interchangeable), 226 (superstructure interchangeable), 238 (pont avec grue de chargement), 255 (agrégat pour superstructure interchangeable à crochet), 278 (véhicule de chargement), 330 (épandeur de fumier)
Agriculture	Chargeuses	LBZ: chargeuses, chargeuses compactes et télescopiques
Agriculture	Tronçonneuses agricoles	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Différence type de véhicule 43 (tracteur agricole) moins (tracteurs selon LBZ + faucheuses à deux essieux et transporteurs immatriculés par erreur comme tracteurs, voir catégories correspondantes)
Agriculture	Arracheuses à betteraves	Ventes d'arracheuses à betteraves selon ASMA (Association Suisse de la machine agricole)
Exploitation forestière	Tronçonneuses, exploitation forestière FW	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Exploitation forestière	Débroussailleuses	
Exploitation forestière	Autres petits engins	
Exploitation forestière	Débusqueurs à treuil et à pince	
Exploitation forestière	Récolteuses	Statistique KWF: récolteuses, harvester (abatteuse)
Exploitation forestière	Processeurs	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Exploitation forestière	Broyeuses/déchiqueteuses	
Exploitation forestière	Écorceuses mobiles	
Exploitation forestière	Pelles sur pneus, exploitation forestière	
Exploitation forestière	Porteurs forestiers	Statistique KWF: tracteurs forestiers
Exploitation forestière	Grues classiques à câbles	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts
Exploitation forestière	Grues mobiles	
Exploitation forestière	Engins à câbles combinés	
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts; part de l'usage professionnel basée sur une estimation du groupe d'experts et de Jardin Suisse (2012)
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	
Horticulture/loisirs	Tondeuses (prof.)	
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (prof.)	
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (prof.)	
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (prof.)	
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	
Horticulture/loisirs	Broyeurs (prof.)	
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (prof.)	
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	

Groupe	Catégorie	Délimitation/Définition dans les sources de données
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Estimation de l'effectif selon OFEV 2008, groupe d'experts, ventes selon sondage auprès des grands distributeurs
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Motoneiges (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (loisirs)	
Horticulture/loisirs	Tondeuses robots	
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (prof.)	
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (loisirs)	
Bateaux	Voiliers avec moteur	Statistique VKS: voiliers avec entraînement mécanique
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Statistique OFEV des pêcheurs professionnels (OFEV 2010): hypothèse: 3,15 bateaux par pêcheur (basée sur OFEV 2008)
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Statistique OFS (OFS 2012): bateaux à moteur moins le nombre de bateaux de pêche et de travail
Bateaux	Bateaux de passagers	Sondage AESN (Association des entreprises suisses de navigation)
Bateaux	Chalands	Statistique OFS (OFS 2012): chalands, remorqueurs
Bateaux	Ferries	Sondage AESN (Association des entreprises suisses de navigation)
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	INFRAS 2012
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs auxiliaires	
Rail	Locomotives de manœuvre	Données CFF, BLS: locomotives de manœuvre à moteur diesel
Rail	Locotracteurs	Données CFF, BLS: tracteurs sur rail à moteur hybride
Rail	Tracteurs rail	Données CFF, BLS: tracteurs sur rail (y c. véhicules de service à moteur diesel)
Armée	Famille des pz 68	Informations BLA
Armée	Famille des Leo	
Armée	Chars d'assaut	
Armée	Chars de grenadiers	Informations BLA: Spz 2000 et M113
Armée	Autres blindés	Informations BLA: Piranha I, II, IIIC, Duro IIIP

Groupe	Catégorie	Délimitation/Définition dans les sources de données
Armée	Véhicules de reconnaissance	Informations BLA: famille Eagle
Armée	Chargeuses sur chenilles	Informations BLA
Armée	Pelles chargeuses à pneus	
Armée	Pelles sur chenilles Mil.	
Armée	Pelles-araignées Mil.	
Armée	Bulldozers/bouteurs	
Armée	Engin de battage	
Armée	Camions-grues	
Armée	Bateaux de patrouille	
Armée	Autres embarcations	
Armée	Assortiment d'inondations	
Armée	Groupes électrogènes	
Armée	Système de pont d'appui 46m	
Armée	Assortiment transport d'eau	

A3 Valeurs limites d'émissio

A3-1 Machines diesel sans les bateaux et les véhicules ferroviaires

Tab. 21 > Valeurs limites d'émission de l'UE pour les machines diesel du secteur non routier[16] (en g/kWh)

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs limites applicables à la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ($HC+NO_X$).

Classe de puissance	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Monoxyde de carbone (CO)						
<18 kW	-	-	-	-	-	8,0
18–37 kW	-	5,5	5,5	-	-	6,6
37–56 kW	6,5	5,0	5,0	5,0	-	5,0
56–75 kW	6,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
75–130 kW	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
130–300 kW	5,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
300–560 kW	5,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
>560 kW	-	-	-	-	-	3,5
Hydrocarbures (HC)						
<18 kW	-	-	-	-	-	(7,5)
18–37 kW	-	1,5	(7,5)	-	-	(7,5)
37–56 kW	1,3	1,3	(4,7)	(4,7)	-	(4,7)
56–75 kW	1,3	1,3	(4,7)	0,19	0,19	0,19
75–130 kW	1,3	1,0	(4,0)	0,19	0,19	0,19
130–300 kW	1,3	1,0	(4,0)	0,19	0,19	0,19
300–560 kW	1,3	1,0	(4,0)	0,19	0,19	0,19
>560 kW	-	-	-	-	-	0,19
Oxydes d'azote (NO_X)						
<18 kW	-	-	-	-	-	(7,5)
18–37 kW	-	8,0	(7,5)	-	-	(7,5)
37–56 kW	9,2	7,0	(4,7)	(4,7)	-	(4,7)
56–75 kW	9,2	7,0	(4,7)	3,3	0,4	0,4
75–130 kW	9,2	6,0	(4,0)	3,3	0,4	0,4
130–300 kW	9,2	6,0	(4,0)	2,0	0,4	0,4
300–560 kW	9,2	6,0	(4,0)	2,0	0,4	0,4
>560 kW	-	-	-	-	-	3,5

[16] Des valeurs limites d'émission spécifiques s'appliquent aux bateaux et véhicules ferroviaires (voir les tableaux suivants à partir de la p. 153)

Classe de puissance	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Particules fines (PM)						
<18 kW	-	-	-	-	-	0,4
18–37 kW	-	0,8	0,6	-	-	0,015
37–56 kW	0,85	0,4	0,4	0,025	-	0,015
56–75 kW	0,85	0,4	0,4	0,025	0,025	0,015
75–130 kW	0,7	0,3	0,3	0,025	0,025	0,015
130–300 kW	0,54	0,2	0,2	0,025	0,025	0,015
300–560 kW	0,54	0,2	0,2	0,025	0,025	0,015
>560 kW	-	-	-	-	-	0,045

Sources: EC 1997, 2014

Tab. 22 > Année de mise en vigueur des valeurs limites d'émission pour les machines diesel du secteur non routier

Les valeurs ont été arrondies à l'année considérée.

Classe de puissance	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Machines de chantier, machines industrielles, armée						
<18 kW	-	-	-	-	-	2019
18–37 kW	-	2002	2007	-	-	2019
37–56 kW	2002	2004	2008	2013	-	2019
56–75 kW	2002	2004	2008	2012	2014	2020
75–130 kW	2002	2003	2007	2012	2014	2020
>130 kW	2002	2002	2006	2011	2014	2019
Machines agricoles et forestières						
<18 kW	-	-	-	-	-	2019
18–37 kW	-	2003	2007	-	-	2019
37–56 kW	2003	2004	2008	2013		2019
56–75 kW	2003	2004	2008	2012	2014	2020
75–130 kW	2003	2004	2007	2012	2014	2020
>130 kW	-	2003	2006	2011	2014	2019

Sources: EC 1997, 2014

A3-2 Petits engins à essence

Tab. 23 > Valeurs limites d'émission de l'UE pour les petits engins à essence (en g/kWh)

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs limites applicables à la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ($HC+NO_X$).

Classe de puissance	UE I	UE II	UE V		Classe de puissance	UE I	UE II	UE V
Monoxyde de carbone (CO)								
<20 ccm	805	805	805		<66 ccm	519	610	610
20–50 ccm	805	805	805		66–100 ccm	519	610	610
>50 ccm	603	603	603		100–225 ccm	519	610	610
-	-	-	-		>225 ccm	519	610	610
Hydrocarbures (HC)								
<20 ccm	295	(50)	(50)		<66 ccm	(50)	(50)	(10)
20–50 ccm	241	(50)	(50)		66–100 ccm	(40)	(40)	(10)
>50 ccm	161	(72)	(72)		100–225 ccm	(16,1)	(16,1)	(10)
-	-	-	-		>225 ccm	(13,4)	(12,1)	(8)
Oxydes d'azote (NO_X)								
<20 ccm	5,36	(50)	(50)		<66 ccm	(50)	(50)	(10)
20–50 ccm	5,36	(50)	(50)		66–100 ccm	(40)	(40)	(10)
>50 ccm	5,36	(72)	(72)		100–225 ccm	(16,1)	(16,1)	(10)
-	-	-	-		>225 ccm	(13,4)	(12,1)	(8)
Hypothèses relatives à la mise en vigueur des niveaux d'émission								
<20 ccm	2004	2008	2019		<66 ccm	2004	2005	2019
20–50 ccm	2004	2008	2019		66–100 ccm	2004	2005	2019
>50 ccm	2004	2009	2019		100–225 ccm	2004	2005	2019
-	-	-	-		>225 ccm	2004	2007	2019

Source: EC 1997

A3-3 Bateaux

Tab. 24 > Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur diesel (en g/kWh)

Les valeurs limites d'émission correspondant aux niveaux de l'OEMB ont été calculées sur la base des puissances moyennes.

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs limites applicables à la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ($HC+NO_X$).

Classe de puissance	OEMB I	OEMB II[17]	UE I	UE II	UE IIIA	UE V
Monoxyde de carbone (CO)						
<18 kW	-	-	-	-	-	-
18–37 kW	100	45	-	-	-	-
37–75 kW	80	30	6,5	5,0	5,0	5
75–130 kW	60	20	5,0	5,0	5,0	5
130–300 kW	60	20	5,0	5,0	5,0	3,5
300–560 kW	60	20	5,0	5,0	5,0	3,5
560–1000 kW	60	20	5,0	5,0	5,0	3,5
>1000 kW	60	20	5,0	5,0	5,0	3,5
Hydrocarbures (HC)						
<18 kW	-	-	-	-	-	-
18–37 kW	8,0	3,4	-	-	-	-
37–75 kW	6,0	2,2	1,3	1,3	(7,5)	(4,7)
75–130 kW	4,5	1,6	1,3	1,0	(7,2)	(5,4)
130–300 kW	4,0	1,3	1,3	1,0	(7,2)	1
300–560 kW	3,5	1,2	1,3	1,0	(7,2)	0,19
560–1000 kW	3,1	1,0	1,3	1,0	(7,2)	0,19
>1000 kW	3,1	1,0	1,3	1,0	(7,2)	0,19
Oxydes d'azote (NO_X)						
<18 kW	-	-	-	-	-	-
18–37 kW	15	10	-	-	-	-
37–75 kW	15	10	9,2	7,0	(7,5)	(4,7)
75–130 kW	15	10	9,2	6,0	(7,2)	(5,4)
130–300 kW	15	10	9,2	6,0	(7,2)	2,1
300–560 kW	15	10	9,2	6,0	(7,2)	1,2
560–1000 kW	15	10	9,2	6,0	(7,2)	1,2
>1000 kW	15	10	9,2	6,0	(7,2)	0,4

Base légale des valeurs limites d'émission:
Selon OEMB (2007) chapitre 7.2.1,
Selon OEMB (2007) chapitre 7.2.2,
Selon OEMB (2007) chapitre 3.1.5,
Selon OEMB (2007) chapitre 3.1.5,
selon OEMB (2007) chapitre 7.2.2 et RNC (2005) annexe C chapitre 3.2.3,
Les valeurs limites d'émission des particules dans le RNC sont exprimées en indice de noircissement Bosch (BSZ).
selon EC (2014)

[17] Le niveau II de la prescription sur les gaz d'échappement des moteurs de bateaux (OEMB) n'est contraignant que pour la navigation sur le lac de Constance.

Classe de puissance	OEMB I	OEMB II[17]	UE I	UE II	UE IIIA	UE V
Particules (PM)						
<18 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	-	-	-	-
18–37 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	-	-	-	-
37–75 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,85	0,40	0,40	0,30
75–130 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,70	0,30	0,30	0,14
130–300 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,54	0,20	0,20	0,11
300–560 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,54	0,20	0,20	0,02
560–1000 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,54	0,20	0,20	0,02
>1000 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	0,54	0,20	0,20	0,01
Hypothèses relatives à la mise en vigueur des niveaux d'émission						
Toutes classes	1995	1996	2003	2008	2009	2019

Tab. 25 > Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur diesel (en g/kWh)

Les valeurs limites d'émission correspondant aux niveaux de l'OEMB ont été calculées sur la base des puissances moyennes.

Classe de puissance	OEMB I	OEMB II[18]	UE I	UE II
Monoxyde de carbone (CO)				
<4,4 kW	350	200	5	5
4,4–7,4 kW	250	125	5	5
7,4–37 kW	130	50	5	5
37–74 kW	80	30	5	5
74–100 kW	65	22	5	5
>100 kW	60	20	5	5
Hydrocarbures (HC)				
<4,4 kW	25	15	2,7	2,7
4,4–7,4 kW	17	9	2,3	2,3
7,4–37 kW	9	4	1,9	1,9
37–74 kW	6	2,2	1,8	(4,7)
74–100 kW	5	1,6	1,7	(5,8)
>100 kW	4	1,4	1,7	(5,8)
Oxydes d'azote (NO_x)				
<4,4 kW	15	10	9,8	9,8
4,4–7,4 kW	15	10	9,8	9,8
7,4–37 kW	15	10	9,8	9,8
37–74 kW	15	10	9,8	(4,7)
74–100 kW	15	10	9,8	(5,8)
>100 kW	15	10	9,8	(5,8)
Particules fines (PM)				
<4,4 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,30
4,4–7,4 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,30
7,4–37 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,30
37–74 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,15
74–100 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,15
>100 kW	4,0/3,0*	3,5/2,5*	1,0	0,15
Hypothèses relatives à la mise en vigueur des niveaux d'émission				
Toutes classes	1995	1996	2007	2015

Base légale des valeurs limites d'émission:
selon OEMB (2007) chapitre 7.2.1 et RNC (2005) annexe C chapitre 3.2.1,
selon OEMB (2007) chapitre 7.2.2 et RNC (2005) annexe C chapitre 3.2.3,
*Les valeurs limites d'émission des particules dans le RNC sont exprimées en indice de noircissement Bosch (BSZ),
selon RNC (2005) annexe C chapitre 3.3.1.2,
selon OEMB (2007) chapitre 3.1.1.

[18] Le niveau II de la prescription sur les gaz d'échappement des moteurs de bateaux (OEMB) n'est contraignant que pour la navigation sur le lac de Constance.

Tab. 26 > Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur à essence (en g/kWh)

Les valeurs limites d'émission correspondant aux niveaux de l'OEMB ont été calculées sur la base des puissances moyennes.

Classe de puissance	Moteurs à essence 2 temps			Moteurs à essence 4 temps		
	OEMB I	OEMB II	OEMB/UE[19]	OEMB I	OEMB II[20]	UE I
Monoxyde de carbone (CO)						
<4,4 kW	350	200	350	350	200	350
4,4–7,4 kW	250	125	250	250	125	250
7,4–37 kW	130	54	180	130	54	180
37–74 kW	80	30	160	80	30	160
74–100 kW	65	22	157	65	22	157
>100 kW	60	20	155	60	20	155
Hydrocarbures (HC)						
<4,4 kW	25	15	28	25	15	28
4,4–7,4 kW	17	9,4	19	17	9,4	19
7,4–37 kW	9	4,0	11	9	4,0	11
37–74 kW	6	2,2	8,5	6	2,2	8,5
74–100 kW	5	1,6	7,8	5	1,6	7,8
>100 kW	4	1,4	7,3	4	1,4	7,3
Oxydes d'azote (NO_x)						
<4,4 kW	15	8,5	15	15	8,5	15
4,4–7,4 kW	15	7,6	15	15	7,6	15
7,4–37 kW	15	6,3	15	15	6,3	15
37–74 kW	15	5,5	15	15	5,5	15
74–100 kW	15	5,1	15	15	5,1	15
>100 kW	15	5,0	15	15	5,0	15
Hypothèses relatives à la mise en vigueur des niveaux d'émission						
Toutes classes	1995	1996	2007	1993	1996	2007

Base légale des valeurs limites d'émission:
selon OEMB (2007) chapitre 7.2.1 et RNC (2005) annexe C chapitre 3.2.1,
selon RNC (2005) annexe C chapitre 3.3.1.1,
selon OEMB (2007) chapitre 3.1.1,
selon OEMB (2007) chapitre 7.3
identique à la valeur appliquée aux moteurs 4 temps.

[19] En vertu de la prescription sur les gaz d'échappement des moteurs de bateaux (OEMB), la valeur limite appliquée est identique pour les moteurs à 2 temps et les moteurs à 4 temps.

[20] Le niveau II de la prescription sur les gaz d'échappement des moteurs de bateaux (OEMB) n'est contraignant que pour la navigation sur le lac de Constance et, depuis 2006, uniquement pour les moteurs à essence de plus de 74 kW.

A3-4 Véhicules ferroviaires

Tab. 27 > Valeurs limites d'émission pour les véhicules ferroviaires[21] (en g/kWh)

Les valeurs de l'UIC sont des recommandations sans effet contraignant. Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs limites applicables à la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote ($HC+NO_X$).

Classe de puissance	UIC IA	UIC IB	UIC IC	UIC II	UIC III	UE IIIa	UE IIIb	UE V
Monoxyde de carbone (CO)								
<560 kW	8,0	4,0	3,0	2,5	2,0	3,5	3,5	3,5
>560 kW	8,0	4,0	3,0	3,0	2,0	3,5	3,5	3,5
Hydrocarbures (HC)								
<560 kW	2,4	1,6	0,8	0,6	0,5	(4,0)	(4,0)	(4,0)
>560 kW	2,4	1,6	0,8	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4
Oxydes d'azote (NO_X)								
<560 kW	20,0	16,0	12,0	6,0	4,5	(4,0)	(4,0)	(4,0)
>560 kW	20,0	16,0	12,0	9,5	6,0	6,0	3,6	0,4
Particules fines (PM)								
<560 kW	2,5	2,0	1,6	0,25	0,15	0,2	0,025	0,025
>560 kW	2,5	2,0	1,6	0,25	0,20	0,2	0,025	0,025
Hypothèses relatives à la mise en vigueur des niveaux d'émission								
<560 kW	1982	1993	1997	2003	2008	2007	2012	2019
>560 kW	1982	1993	1997	2003	2008	2009	2012	2019

Sources: IFEU 2003; valeurs limites UE: EC 2004

[21] Les locomotives et les tracteurs sont traités séparément dans la directive UE 97/68/CE, mais les valeurs limites sont identiques pour les classes de puissance considérées.

A4 Coefficients d'émission et de consommation d'énergie

A4-1 Machines diesel sans les bateaux et les véhicules ferroviaires

Tab. 28 > Coefficients d'émission des machines diesel (en g/kWh) – polluants réglementés

Valeurs arrondies à 2 chiffres après la virgule. Valeurs en italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Monoxyde de carbone (CO)								
<18 kW	6,71	6,71	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	*2,90*
18–37 kW	6,71	6,71	2,76	2,42	2,06	1,76	1,50	→ *1,50*
37–56 kW	4,68	4,68	1,87	1,63	1,39	1,19	1,01	→ *1,01*
56–75 kW	4,68	4,68	1,87	1,63	1,39	1,19	1,01	→ *1,01*
75–130 kW	3,62	3,62	1,28	1,01	0,86	0,73	0,62	→ *0,62*
130–560 kW	3,62	3,62	1,04	0,91	0,77	0,66	0,50	→ *0,50*
>560 kW	3,62	3,62	1,04	0,91	0,77	0,66	0,50	→ *0,50*
Hydrocarbures (HC)								
<18 kW	2,28	2,28	1,60	1,00	0,59	0,59	0,59	*0,53*
18–37 kW	2,41	2,41	0,92	0,56	0,37	0,37	0,37	*0,37*
37–56 kW	1,33	1,33	0,65	0,46	0,33	0,33	0,33	*0,33*
56–75 kW	1,33	1,33	0,65	0,46	0,33	0,13	0,13	*0,13*
75–130 kW	0,91	0,91	0,45	0,35	0,28	0,17	0,17	*0,13*
130–560 kW	0,91	0,91	0,43	0,30	0,22	0,17	0,17	*0,13*
>560 kW	0,91	0,91	0,43	0,30	0,22	0,17	0,17	*0,13*
Oxydes d'azote (NO_X)								
<18 kW	10,31	8,20	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	*5,95*
18–37 kW	↑ 10,31	↑ 8,20	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34	*6,34*
37–56 kW	12,40	9,87	8,95	6,56	3,90	→ 3,90	→ 3,90	→ *3,90*
56–75 kW	12,40	9,87	8,95	6,56	3,90	3,30	0,40	*0,40*
75–130 kW	12,52	9,96	8,44	5,67	3,32	3,30	0,40	*0,40*
130–560 kW	12,52	9,96	8,19	5,66	3,38	2,00	0,40	*0,40*
>560 kW	12,52	9,96	8,19	5,66	→ 5,66	→ 5,66	→ 5,66	*3,50*
Particules fines (PM)								
<18 kW	1,51	1,18	1,00	0,80	0,70	0,60	0,60	*0,40*
18–37 kW	1,20	0,94	0,74[22]	0,60	0,54	→ 0,54	→ 0,54	*0,01*
37–56 kW	1,09	0,85	0,47	0,32	→ 0,32	0,03	0,03	*0,01*
56–75 kW	1,09	0,85	0,47	0,32	→ 0,32	0,03	0,03	*0,01*
75–130 kW	0,61	0,47	0,35	0,24	→ 0,24	0,03	0,03	*0,01*
130–560 kW	0,61	0,47	0,22	0,16	→ 0,16	0,03	0,03	*0,01*
>560 kW	0,61	0,47	0,22	0,16	→ 0,16	→ 0,16	→ 0,16	*0,05*

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Valeur EPA,

Valeur EPA avec taux de réduction correspondant à celui des données des mesures de fumée noire,

Valeur d'homologation, y compris tolérance de fabrication,

Moyenne entre la valeur d'homologation et la valeur limite,

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NOx moins 10 %,

Valeur limite moins 30%,

Valeur limite moins 10 %,

Valeur limite

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

[22] La valeur repose sur les évaluations des données de mesure de fumée noire

Classe de puissance	préUE A	préUE B	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	UE V
Consommation de carburant (FC)								
<18 kW	248	248	248	248	248	248	248	*248*
18–37 kW	248	248	248	248	248	248	248	*248*
37–75 kW	248	248	248	248	248	248	248	*248*
75–130 kW	223	223	223	223	223	223	223	*223*
>130 kW	223	223	223	223	223	223	223	*223*

Tab. 29 > Coefficients d'émission des machines diesel (en g/kWh) – polluants non réglementés

Valeurs en italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	*UE V*
Méthane (CH_4)[23]								
<18 kW	0,0547	0,0547	0,0384	0,0240	0,0142	0,0142	0,0142	*0,0089*
18–37 kW	0,0578	0,0578	0,0221	0,0134	0,0089	0,0089	0,0089	*0,0089*
37–56 kW	0,0319	0,0319	0,0156	0,0110	0,0079	0,0055	0,0058	*0,0055*
56–75 kW	0,0319	0,0319	0,0156	0,0110	0,0079	0,0031	0,0031	*0,0031*
75–130 kW	0,0218	0,0218	0,0108	0,0084	0,0067	0,0031	0,0031	*0,0031*
130–560 kW	0,0218	0,0218	0,0103	0,0072	0,0053	0,0031	0,0031	*0,0031*
>560 kW	0,0218	0,0218	0,0103	0,0072	0,0053	0,0031	0,0031	*0,0031*
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)[24]								
<18 kW	2,23	2,23	1,56	0,98	0,58	0,58	0,58	*0,52*
18–37 kW	2,35	2,35	0,90	0,55	0,36	0,36	0,36	*0,36*
37–56 kW	1,30	1,30	0,63	0,45	0,32	0,32	0,32	*0,32*
56–75 kW	1,30	1,30	0,63	0,45	0,32	0,13	0,13	*0,13*
75–130 kW	0,89	0,89	0,44	0,34	0,27	0,13	0,13	*0,13*
130–560 kW	0,89	0,89	0,42	0,29	0,21	0,13	0,13	*0,13*
>560 kW	0,89	0,89	0,42	0,29	0,21	0,13	0,13	*0,13*
Protoxyde d'azote (N_2O)								
0–3000 kW	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	*0,035*
Benzène (C_6H_6)[25]								
<18 kW	0,0034	0,0034	0,0024	0,0015	0,0009	0,0009	0,0009	*0,0008*
18–37 kW	0,0036	0,0036	0,0014	0,0008	0,0006	0,0006	0,0006	*0,0006*
37–56 kW	0,0020	0,0020	0,0010	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005	*0,0005*
56–75 kW	0,0020	0,0020	0,0010	0,0007	0,0005	0,0002	0,0002	*0,0002*
75–130 kW	0,0014	0,0014	0,0007	0,0005	0,0004	0,0002	0,0002	*0,0002*
130–560 kW	0,0014	0,0014	0,0006	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	*0,0002*
>560 kW	0,0014	0,0014	0,0006	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	*0,0002*

Sources: IFEU 2009, INFRAS 2008

[23] 2,4 % des hydrocarbures (IFEU 2009)
[24] 97,6 % des hydrocarbures (IFEU 2009)
[25] 0,15 % der des hydrocarbures (INFRAS 2008)

Tab. 30 > Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission

Les premières machines répondant aux niveaux d'émission considérés sont mises en circulation à partir de l'année indiquée. S'agissant des hypothèses relatives à l'entrée en force différée des niveaux d'émission, voir le chap. 4.3.4.

L'entrée en vigueur des niveaux d'émission dont les coefficients d'émission ne reposent pas sur des valeurs limites, mais sur des hypothèses (selon chap. 4.3.3), est indiquée entre parenthèses.

En italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	*UE V*
Machines de chantier, machines industrielles, armée								
<18 kW	(<1996)	(1996)	(2002)	(2004)	(2008)	(2012)	-	*2019*
18–37 kW	(<1996)	(1996)	-	2002	2007	(2012)	-	*2019*
37–56 kW	(<1996)	(1996)	2002	2004	2008	(2012)	(2014)	*2019*
56–75 kW	(<1996)	(1996)	2002	2004	2008	2012	2014	*2020*
75–130 kW	(<1996)	(1996)	2002	2003	2007	2012	2014	*2020*
>130 kW	(<1996)	(1996)	2002	2002	2006	2011	2014	*2019*
Machines agricoles et forestières								
<18 kW	(<1996)	(1996)	(2003)	(2004)	(2004)	(2012)	-	*2019*
18–37 kW	(<1996)	(1996)	-	2003	2007	(2012)	-	*2019*
37–56 kW	(<1996)	(1996)	2003	2004	2008	(2012)	(2014)	*2019*
56–75 kW	(<1996)	(1996)	2003	2004	2008	2012	2014	*2020*
75–130 kW	(<1996)	(1996)	2003	2004	2007	2012	2014	*2020*
>130 kW	(<1996)	(1996)	-	2003	2006	2011	2014	*2019*

Source: EC 1997, 2014

A4-2 Machines à gaz

Tab. 31 > Coefficients d'émission des machines à gaz (en g/kWh)

Les coefficients d'émission des machines à gaz ne reposent pas sur des valeurs limites, mais sur des mesures de moteurs dotés de différents équipements additionnels (avec ou sans catalyseur).

Polluant	Sans traitement a posteriori	Avec cat. à oxydation	50 % avec cat. à 3 voies	100 % avec cat. à 3 voies
CO	10	0,2	0,2	0,2
HC	8	0,5	0,5	0,5
NO_X	10	10	6	2
PM	0,02	0,01	0,01	0,01
FC	450	450	455	460
CH_4[26]	0,552	0,035	0,035	0,035
NMHC[27]	7,448	0,466	0,466	0,466
N_2O	0,05	0,05	0,05	0,05
C_6H_6	0	0	0	0

Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission

Toutes classes		1980	1994	2000

Origine des coefficients d'émission et de consommation: Mayer 2005, EEA 2013

[26] 6,9 % des émissions de HC (EEA 2013)
[27] 93,1 % des émissions de HC (EEA 2013)

A4-3 Engins à essence

Tab. 32 > Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 4 temps (en g/kWh) – polluants réglementés

Les coefficients d'émission des engins mis en service avant 2004 ne reposent pas sur des valeurs limites, mais sur les hypothèses ad hoc (préUE). L'année d'entrée en vigueur est indiquée entre parenthèses. En italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	préUE C	UE I	UE II	*UE V*
Monoxyde de carbone (CO)						
<66 ccm	470	470	470	467	→ 467	*→ 467*
66–100 ccm	470	470	470	467	→ 467	*→ 467*
100–225 ccm	470	470	470	467	→ 467	*→ 467*
>225 ccm	470	470	470	467	→ 467	*→ 467*
Hydrocarbures (HC)						
<66 ccm	60	60	60	41	41	*8*
66–100 ccm	40	40	40	32	32	*8*
100–225 ccm	20	20	20	12	12	*8*
>225 ccm	20	20	20	10	9	*6*
Oxydes d'azote (NO_X)						
<66 ccm	1,5	2	3	4,5	4,5	*0,9*
66–100 ccm	1,5	2	3	3,6	3,6	*0,9*
100–225 ccm	3,5	3,5	3,5	2,8	2,8	*0,9*
>225 ccm	3,5	3,5	3,5	2,2	1,9	*0,72*
Consommation de carburant (FC)						
<66 ccm	500	500	500	480	480	*460*
66–100 ccm	480	480	480	470	470	*460*
100–225 ccm	460	460	460	450	450	*450*
>225 ccm	460	460	460	450	450	*450*
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission						
<66 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2005	*2019*
66–100 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2005	*2019*
100–225 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2009	*2019*
>225 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2007	*2019*

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NOx moins 10 %,

Diminution parallèle à la réduction des émissions de HC

Valeur limite moins 10 %.

Valeur limite,

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

Tab. 33 > Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 4 temps (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène[28]

Valeurs en italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	préUE C	UE I	UE II	*UE V*
Méthane (CH_4)[29]						
<66 ccm	2,04	2,04	2,04	1,394	1,394	*0,272*
66–100 ccm	1,36	1,36	1,36	1,088	1,088	*0,272*
100–225 ccm	0,68	0,68	0,68	0,408	0,408	*0,272*
>225 ccm	0,68	0,68	0,68	0,34	0,306	*0,204*
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)[30]						
<66 ccm	58,0	58,0	58,0	39,6	39,6	*7,7*
66–100 ccm	38,6	38,6	38,6	30,9	30,9	*7,7*
100–225 ccm	19,3	19,3	19,3	11,6	11,6	*7,7*
>225 ccm	19,3	19,3	19,3	9,7	8,7	*5,8*
Protoxyde d'azote (N_2O)						
0–3000 ccm	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	*0,03*

Sources: INFRAS 2008, IFEU 2009, EEA 2013

[28] Coefficients d'émission du benzène, voir tab. 43, p. 160
[29] 3,4 % des hydrocarbures (IFEU 2009)
[30] 96,6 % des hydrocarbures (IFEU 2009)

Tab. 34 > Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 2 temps (en g/kWh) – polluants réglementés

Les coefficients d'émission des engins mis en service avant 2004 ne reposent pas sur des valeurs limites, mais sur les hypothèses ad hoc (préUE). L'année d'entrée en vigueur est indiquée entre parenthèses. En italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	préUE C	UE I	UE II	*UE V*
Monoxyde de carbone (CO)						
<20 ccm	650	640	620	→ 600	→ 600	*500*
20–50 ccm	650	640	620	→ 600	→ 600	*500*
>50 ccm	650	640	620	540	540	*500*
Hydrocarbures (HC)						
<20 ccm	260	250	150	100	41	*41*
20–50 ccm	260	250	150	100	41	*41*
>50 ccm	260	250	150	100	58	*58*
Oxydes d'azote (NO_x)						
<20 ccm	1,5	2	3	4,8	4,5	*4,5*
20–50 ccm	1,5	2	3	4,8	4,5	*4,5*
>50 ccm	1,5	2	3	4,8	6,3	*6,3*
Consommation de carburant (FC)						
<20 ccm	660	650	550	500	440	*410*
20–50 ccm	660	650	550	500	440	*410*
>50 ccm	660	650	550	500	460	*410*
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission						
<20 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2009	*2019*
20–50 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2009	*2019*
>50 ccm	(<1996)	(1996)	(2000)	2004	2011	*2019*

Source: OFEFP 1996

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NOx moins 10 %,

Diminution parallèle à la réduction des émissions de HC

Valeur limite moins 10 %,

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

Tab. 35 > Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 2 temps (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène [31]

Valeurs en italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.

Classe de puissance	préUE A	préUE B	préUE C	UE I	UE II	*UE V*
Méthane (CH_4)[32]						
<20 ccm	18,2	17,5	10,5	7	2,87	*2,87*
20–50 ccm	18,2	17,5	10,5	7	2,87	*2,87*
>50 ccm	18,2	17,5	10,5	7	4,06	*4,06*
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)[33]						
<20 ccm	242	233	140	93	38	*38*
20–50 ccm	242	233	140	93	38	*38*
>50 ccm	242	233	140	93	54	*54*
Protoxyde d'azote (N_2O)						
0–3000 ccm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	*0,01*

Sources: INFRAS 2008, IFEU 2009, EEA 2013

[31] Coefficients d'émission du benzène, voir tab. 43, p. 160
[32] 7 % des hydrocarbures (IFEU 2009)
[33] 93 % des hydrocarbures (IFEU 2009)

A4-4 Bateaux

Tab. 36 > Coefficients d'émission des bateaux diesel (en g/kWh)

En italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission.
Polluants non réglementés: mêmes coefficients d'émission que pour les autres machines diesel (Tab. 28).

Classe de puissance	PréOEMB	OEMB	UE I	UE II	UE IIIa	*UE V*
Monoxyde de carbone (CO)						
<18 kW	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	*6,7*
18–37 kW	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	*6,7*
37–75 kW	5,9	5,9	5,9	4,5	4,5	*4,5*
75–130 kW	5	5	4,5	4,5	4,5	*4,5*
130–300 kW	5	5	4,5	4,5	4,5	*3,15*
300–560 kW	5	5	4,5	4,5	4,5	*3,15*
>560 kW	5	5	4,5	4,5	4,5	*3,15*
Hydrocarbures (HC)						
<18 kW	10	7,2	5,0	3,0	2,0	*2,0*
18–37 kW	10	7,2	5,0	3,0	2,0	*2,0*
37–75 kW	10	5,4	1,2	1,2	1,1	*0,42*
75–130 kW	10	4,1	1,2	0,9	0,8	*0,49*
130–300 kW	5	3,6	1,2	0,9	0,8	*→ 0,8*
300–560 kW	5	3,2	1,2	0,9	0,8	*0,17*
>560 kW	5	2,8	1,2	0,9	0,8	*0,17*
Oxydes d'azote (NO_X)						
<18 kW	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	*10,3*
18–37 kW	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	*10,3*
37–75 kW	12,4	12,4	8,3	6,3	5,7	*4,23*
75–130 kW	12,5	12,5	8,3	6,3	5,7	*4,86*
130–300 kW	12,5	12,5	8,3	6,3	5,7	*2,1*
300–1000 kW	12,5	12,5	8,3	6,3	5,7	*1,2*
>1000 kW	12,5	12,5	8,3	6,3	5,7	*0,4*
Particules fines (PM)						
<18 kW	1,5	1,2	1,0	0,80	0,70	*→ 0,70*
18–37 kW	1,2	0,9	0,74	0,60	0,54	*→ 0,54*
37–75 kW	1,1	0,58	0,77	0,36	0,36	*0,3*
75–130 kW	0,6	0,47	0,63	0,27	0,27	*0,14*
130–300 kW	0,6	0,47	0,49	0,18	0,18	*0,11*
300–1000 kW	0,6	0,47	0,49	0,18	0,18	*0,02*
>1000 kW	0,6	0,47	0,49	0,18	0,18	*0,01*

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Même valeur que pour les moteurs diesel (Tab. 28),

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NOx moins 10 %,

Valeur limite moins 10 %,

Valeur limite,

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NO_X

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche)

Classe de puissance	PréOEMB	OEMB	UE I	UE II	UE IIIa	*UE V*
Consommation de carburant (FC)						
<18 kW	248	248	248	248	248	*248*
18–37 kW	248	248	248	248	248	*248*
37–75 kW	248	248	248	248	248	*248*
75–130 kW	223	223	223	223	223	*223*
>130 kW	223	223	223	223	223	*223*
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission						
Toutes classes	(<1995)	1995	2003	2008	2009	*2019*

Origine des coefficients de consommation: OFEFP 1996

Tab. 37 > Coefficients d'émission des bateaux diesel (en g/kWh)

Valeurs en italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission. Polluants non réglementés: mêmes coefficients d'émission que pour les autres machines diesel (Tab. 28).

Classe de puissance	PréOEMB	OEMB	UE I	*UE II*
Monoxyde de carbone (CO)				
<4,4 kW	6,7	6,7	4,5	*4,5*
4,4–7,4 kW	6,7	6,7	4,5	*4,5*
7,4–37 kW	6,7	6,7	4,5	*4,5*
37–74 kW	5,9	5,9	4,5	*4,5*
74–100 kW	5,0	5,0	4,5	*4,5*
>100 kW	5,0	3,6 (6 %)	→ 3,6	→ 3,6
Hydrocarbures (HC)				
<4,4 kW	10	10	2,4	*2,4*
4,4–7,4 kW	10	10	2,1	*2,1*
7,4–37 kW	10	2,0 (23 %)	1,7	*1,7*
37–74 kW	10	1,4 (23 %)	→ 1,4	*0,42*
74–100 kW	10	1,2 (23 %)	→ 1,2	*0,52*
>100 kW	5	1,2 (30 %)	→ 1,2	*0,52*
Oxydes d'azote (NO_x)				
<4,4 kW	13	11	8,8	*8,8*
4,4–7,4 kW	13	11 (71 %)	8,8	*8,8*
7,4–37 kW	13	11 (71 %)	8,8	*8,8*
37–74 kW	13	11 (71 %)	8,8	*4,23*
74–100 kW	13	11 (71 %)	8,8	*5,22*
>100 kW	13	11 (73 %)	8,8	*5,22*

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Même valeur que pour les moteurs diesel (Tab. 28),

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NOx moins 10 %,

Valeur limite compte tenu de la marge autorisée (valeur entre parenthèses) selon EMPA 2006,

Valeur limite moins 10 %,

Valeur limite,

Partage de la valeur limite pour la somme des HC + NO_x

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

Classe de puissance	PréOEMB	OEMB	UE I	*UE II*
Particules fines (PM)				
<4,4 kW	1,5	1,2	0,9	*0,9*
4,4–7,4 kW	1,5	1,2	0,9	*0,9*
7,4–37 kW	1,2	1,1	0,9	*0,9*
37–74 kW	1,1	1,0	0,9	*0,3*
74–100 kW	0,9	0,9	0,9	*0,15*
>100 kW	0,9	0,9	0,9	*0,15*
Consommation de carburant (FC)				
<4,4 kW	400	400	400	*400*
4,4–7,4 kW	400	400	400	*400*
7,4–37 kW	400	380	380	*380*
37–74 kW	380	350	350	*350*
74–100 kW	400	330	330	*330*
>100 kW	300	300	300	*300*
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission				
Toutes classes	(<1995)	1995	2007	*2015*

Origine des coefficients de consommation: OFEFP 1996a

Tab. 38 > Coefficients d'émission des bateaux à essence (en g/kWh) – polluants réglementés

Classe de puissance	Moteurs à essence 2 temps			Moteurs à essence 4 temps		
	PréOEMB	OEMB	OEMB/UE	PréOEMB	OEMB	UE
Monoxyde de carbone (CO)						
<4,4 kW	645	315	315	350	315	315
4,4–7,4 kW	645	200 (79 %)	225	350	200 (79 %)	225
7,4–37 kW	645	100 (79 %)	162	350	100 (79 %)	162
37–74 kW	645	65 (79 %)	144	350	65 (79 %)	144
74–100 kW	645	55 (79 %)	141	350	55 (79 %)	141
>100 kW	645	45 (73 %)	139	350	45 (73 %)	139
Hydrocarbures (HC)						
<4,4 kW	260	22	25	25	22	25
4,4–7,4 kW	260	12 (66 %)	13	20	12 (66 %)	13
7,4–37 kW	260	6,0 (66 %)	8	20	6,0 (66 %)	8
37–74 kW	260	4,0 (66 %)	6	20	4,0 (66 %)	6
74–100 kW	260	3,3 (66 %)	5	20	3,3 (66 %)	5
>100 kW	260	2,1 (52 %)	5	20	2,1 (52 %)	5
Oxydes d'azote (NO_x)						
<4,4 kW	15	13	13	3,5	13	13
4,4–7,4 kW	15	9,3 (62 %)	→ 9,3	3,5	9,3 (62 %)	→ 9,3
7,4–37 kW	15	9,3 (62 %)	→ 9,3	3,5	9,3 (62 %)	→ 9,3
37–74 kW	15	9,3 (62 %)	→ 9,3	3,5	9,3 (62 %)	→ 9,3
74–100 kW	15	9,3 (62 %)	→ 9,3	3,5	9,3 (62 %)	→ 9,3
>100 kW	15	9,6 (64 %)	→ 9,6	3,5	9,6 (64 %)	→ 9,6
Consommation de carburant (FC)						
<4,4 kW	700	400	400	400	400	400
4,4–7,4 kW	700	400	400	400	400	400
7,4–37 kW	650	380	380	380	380	380
37–74 kW	650	380	380	380	380	380
74–100 kW	650	380	380	380	380	380
>100 kW	650	380	380	380	380	380
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission						
Toutes classes	(<1995)	1995	2007	(<1995)	1995	2007

Origine des coefficients de consommation: OFEFP 1996a

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Même valeur que pour les moteurs diesel (Tab. 32, Tab. 34),

Valeur limite moins 10 %,

Valeur limite moins 30 % pour cause d'obligation de respecter la valeur limite pendant 10 ans,

Valeur limite compte tenu de la marge autorisée (valeur entre parenthèses) selon EMPA 2006,

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

Tab. 39 > Coefficients d'émission des bateaux à essence (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène[34]

Classe de puissance	Moteurs à essence à 2 temps			Moteurs à essence à 4 temps		
	PréOEMB	OEMB	OEMB/UE	PréOEMB	OEMB	UE
Méthane (CH_4)[35]						
<4,4 kW	18,20	1,54	1,75	1,25	1,10	1,25
4,4–7,4 kW	18,20	0,84	0,91	1,00	0,60	0,65
7,4–37 kW	18,20	0,42	0,56	1,00	0,30	0,40
37–74 kW	18,20	0,42	0,56	1,00	0,20	0,30
74–100 kW	18,20	0,42	0,56	1,00	0,17	0,25
>100 kW	18,20	0,42	0,56	1,00	0,10	0,25
Hydrocarbures non méthaniques (NMHC)[36]						
<4,4 kW	241,8	20,5	23,3	23,8	20,9	23,8
4,4–7,4 kW	241,8	11,2	12,1	19,0	11,4	12,4
7,4–37 kW	241,8	5,6	7,4	19,0	5,7	7,6
37–74 kW	241,8	5,6	7,4	19,0	3,8	5,7
74–100 kW	241,8	5,6	7,4	19,0	3,1	4,8
>100 kW	241,8	5,6	7,4	19,0	2,0	4,8
Protoxyde d'azote (N_2O)						
0–300 kW	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03

Sources: INFRAS 2008, IFEU 2009, EEA 2013

[34] Coefficients d'émission du benzène, voir tab. 43, p. 160

[35] Moteurs à 4 temps: 5 % des hydrocarbures; moteurs à 2 temps: 7 % des hydrocarbures (IFEU 2009)

[36] Moteurs à 4 temps: 95 % des hydrocarbures; moteurs à 2 temps: 93 % des hydrocarbures (IFEU 2009)

Tab. 40 > Coefficients d'émission des bateaux à vapeur (en g/kWh)

Polluant	Vapeur 1	Vapeur 2	Vapeur 3	Vapeur 4	Vapeur 5	Vapeur 6	Vapeur 7
CO	0,3	0,3	0,3	0,09	0,09	0,09	0,09
HC	0,449	0,449	0,449	0,33	0,33	0,33	0,33
NO_X	2,336	2,336	2,336	1,77	1,558	1,257	1,027
PM	0,033	0,024	0,015	0,009	0,006	0,006	0,006
FC	1406	1115	1115	1115	1115	1115	1115
CH_4	0,0218	0,0218	0,0218	0,0218	0,0218	0,0103	0,0072
NMHC	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,42	0,29
N_2O	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
C_6H_6	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0006	0,0005

Hypothèses relatives à la date d'amélioration des bateaux à vapeur

Toutes classes	<1950	1950	1980	1990	1995	2000	2005

Les coefficients d'émission et de consommation des bateaux à vapeur ne reposent pas sur des valeurs limites. Ils proviennent des sources suivantes:
OFEFP 1996a, p. 218,
Hypothèse basée sur les indications de consommation des compagnies de navigation,
Reprise des valeurs des autres machines diesel correspondantes

A4-5 Véhicules ferroviaires

Tab. 41 > Coefficients d'émission des véhicules ferroviaires (en g/kWh)

En italique: hypothèse relative à l'évolution future des coefficients d'émission. Polluants non réglementés: mêmes coefficients d'émission que pour les autres machines diesel (Tab. 28).

Classe de puissance	préUE	UIC I	UIC II	UE IIIa	UE IIIb	UE V
Monoxyde de carbone (CO)						
<560 kW	4,0	3,0	2,5	→ 2,5	→ 2,5	→ 2,5
>560 kW	4,0	3,0	3,0	→ 3,0	→ 3,0	→ 3,0
Hydrocarbures (HC)						
<560 kW	1,6	0,8	0,6	0,4	0,17	→ 0,17
>560 kW	1,6	0,8	0,8	0,5	0,4	0,36
Oxydes d'azote (NO_X)						
<560 kW	13	12	6,0	3,2	1,8	→ 1,8
>560 kW	16	12	9,5	5,4	3,2	→ 3,2
Particules fines (PM)						
<560 kW	0,6	0,5	0,25	0,18	0,025	0,025
>560 kW	0,6	0,5	0,25	0,18	0,025	0,025
Consommation de carburant (FC)						
<560 kW	223	223	223	223	223	223
>560 kW	223	223	223	223	223	223
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission						
<560 kW		2000	2003	2006	2012	2020
>560 kW		2000	2003	2009	2012	2020

Origine des coefficients d'émission et de consommation:

Valeurs pour les moteurs diesel,

Valeurs pour les moteurs diesel, valeur limite recommandée par l'UIC pour le niveau d'émission UIC I-II,

Valeur limite,

Hypothèse INFRAS,

Hypothèse, resp. reprise de la valeur d'un autre niveau d'émission/classe de puissance (flèche).

A4-6 Machines et engins électriques

Tab. 42 > Rendement des machines et des engins électriques

Les valeurs correspondent au rendement global du moteur, des accus et des chargeurs. Étant donné que le groupe «horticulture/loisirs» comprend aussi des engins à câble, on y fait la distinction entre les catégories d'engins fonctionnant exclusivement sur accu (tondeuses robots ainsi que catégories des utilisateurs professionnels), alimentés exclusivement par un câble (broyeurs et fendeurs de bûches) ainsi que les catégories mixtes (autres). Dans les catégories mixtes, la part des engins à accu augmente avec le temps (voir dernière ligne).

Classe de puissance	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Industrie (tous les engins à accu)								
<18 kW	47 %	47 %	48 %	50 %	55 %	62 %	68 %	74 %
18–37 kW	48 %	49 %	49 %	51 %	57 %	63 %	70 %	77 %
37–56 kW	49 %	50 %	50 %	52 %	58 %	65 %	71 %	78 %
56–75 kW	50 %	50 %	50 %	53 %	59 %	65 %	72 %	78 %
Horticulture/loisirs								
<18 kW, engins à accu	40 %	44 %	52 %	60 %	64 %	66 %	68 %	70 %
<18 kW, engins à câble	73 %	73 %	76 %	79 %	81 %	81 %	81 %	81 %
<18 kW, catégories mixtes	65 %	65 %	68 %	70 %	71 %	71 %	71 %	72 %
Part des engins à accu dans les catégories mixtes	3 %	5 %	10 %	33 %	50 %	58 %	67 %	75 %

Sources: de Haan et Zah 2013, Nipkow 1989, groupes d'experts, propres hypothèses

A4-7 Émissions de benzène des moteurs à essence, par année

Tab. 43 > Émissions de benzène des moteurs à essence, par année

Une valeur limite de 1 % de benzène dans l'essence étant en vigueur depuis 2000, les coefficients d'émission du benzène pour les moteurs à essence ne peuvent pas être ordonnés par classe de puissance et niveau d'émission. Le tableau contient de ce fait les coefficients d'émission moyens par type de moteur et par classe de puissance à intervalle de 10 ans. Les émissions de benzène des moteurs à essence sont égales à 5 % des hydrocarbures jusqu'en 1999 et à 0,8 % à partir de 2000 (voir INFRAS 2008). Les coefficients d'émission moyens énumérés ci-dessous sont légèrement plus élevés que les valeurs indiquées dans les Tab. 32 à Tab. 39 pour les hydrocarbures multipliées par les facteurs indiqués, car les facteurs d'usure (CF_3, voir chap. 4.3.7) sont déjà pris en considération ici.

Classe de puissance	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Petits engins à moteur à 4 temps								
<66 ccm	3,00	3,00	0,66	0,50	0,43	0,09	0,09	0,09
66–100 ccm	2,56	2,69	0,44	0,38	0,33	0,10	0,09	0,09
100–225 ccm	1,17	1,18	0,19	0,14	0,11	0,08	0,08	0,08
>225 ccm	1,45	1,45	0,23	0,14	0,10	0,07	0,07	0,07
Petits engins à moteur à 2 temps								
<20 ccm	14,5	14,5	2,20	1,06	0,39	0,36	0,36	0,36
20–50 ccm	15,8	16,3	2,46	1,06	0,42	0,41	0,41	0,41
>50 ccm	16,6	16,8	2,47	1,08	0,60	0,60	0,60	0,60
Bateaux à essence à moteur à 4 temps								
<4,4 kW	1,54	1,54	0,23	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25
4,4–7,4 kW	1,27	1,26	0,16	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
7,4–37 kW	1,41	1,40	0,13	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
37–74 kW	1,26	1,25	0,11	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
74–100 kW	1,22	1,22	0,11	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
>100 kW	1,26	1,25	0,10	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
Bateaux à essence à moteur à 2 temps								
<4,4 kW	16,9	16,9	1,26	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26
4,4–7,4 kW	16,9	16,9	1,20	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14
7,4–37 kW	16,9	16,9	1,16	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

A4-8 Facteurs de conversion pour les émissions de dioxyde de carbone

Tab. 44 > Facteurs de conversion pour la détermination des émissions de CO_2

Grammes de CO_2/gramme de carburant[37].

Carburant	Facteur de conversion
Diesel	3,150 g/g
Essence	3,141 g/g
Mazout	3,140 g/g
Gaz	2,558 g/g

[37] Les émissions de CO_2 sont déterminées à l'aide de ces facteurs de conversion, indépendamment du type de moteur. De ce fait, les émissions de dioxyde de carbone des engins à moteur à 2 temps sont surestimées, parce que, dans ces moteurs, une partie notable du carbone est émise sous la forme d'hydrocarbures et de monoxyde de carbone.

A4-9 Facteurs de correction pour les émissions de particules avec filtres à particules

Tab. 45 > Facteurs de correction permettant de déterminer les émissions de particules fines (PM) lors de l'utilisation de filtres à particules

Classe de puissance	préUE A	préUE B	UE I	UE II	UE IIIA	UE IIIB	UE IV	*UE V*
Machines diesel sans les bateaux et les véhicules ferroviaires								
<18 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
18–37 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0
37–56 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	1,0
56–75 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	1,0
75–130 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	1,0
130–560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	1,0
>560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,37
Bateaux								
<18 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,1
18–37 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,1
37–56 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,01
56–75 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,01
75–130 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,01
130–560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	0,01
>560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	–	–	1
Véhicules ferroviaires								
<18 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
18–37 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
37–56 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
56–75 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
75–130 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
130–560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6
>560 kW	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	–	0,6

A5 Puissances nominales et facteurs de charge

Tab. 46 > Puissances nominales, facteurs de charge normaux et facteurs de charge effectifs pour les différentes catégories de machines

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Puissance nominale kW	Facteur de charge		
				Valeur normale	Ecart	Effectif
Mach. de chantier	Finisseuses de routes	Diesel	71	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	95	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	42	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Vibreuses mécaniques	Diesel	72	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	5	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	4	0,20	1,00	0,20
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	3	0,20	1,00	0,20
Mach. de chantier	Pelles à câbles	Diesel	103	0,48	0,73	0,35
Mach. de chantier	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	153	0,48	0,63	0,30
Mach. de chantier	Niveleuses	Diesel	130	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	200	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	Bouteurs	Diesel	129	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	107	0,48	0,73	0,35
Mach. de chantier	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	74	0,48	0,73	0,35
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	125	0,47	0,98	0,46
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	8	0,47	1,00	0,47
Mach. de chantier	Pompes tous types	Diesel	15	0,77	1,00	0,77
Mach. de chantier	Pompes tous types	Essence (4T)	5	0,20	1,00	0,20
Mach. de chantier	Compresseurs tous types	Diesel	62	0,47	0,98	0,46
Mach. de chantier	Nacelles	Diesel	72	0,48	0,42	0,20
Mach. de chantier	Locomotives de tunnel	Diesel	193	0,48	0,60	0,29
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	133	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	12	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	Fraiseuses de tranchée	Diesel	22	0,48	1,00	0,48
Mach. de chantier	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	96	0,48	0,73	0,35
Mach. de chantier	Minipelles	Diesel	19	0,48	0,66	0,32
Mach. de chantier	Pelles sur chenilles	Diesel	98	0,48	0,87	0,42
Mach. de chantier	Pelles sur pneus	Diesel	68	0,33	1,00	0,33
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	41	0,48	0,42	0,20
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	28	0,20	1,00	0,20
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	41	0,20	1,00	0,20
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Électricité	16	0,48	0,42	0,20
Industrie	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	59	0,48	0,42	0,20
Industrie	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	67	0,48	0,42	0,20
Industrie	Plateformes élévatrices (ind.)	Électricité	-	0,48	0,42	0,20
Industrie	Tracteurs (ind.)	Diesel	35	0,48	0,52	0,25
Industrie	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	20	0,48	0,52	0,25
Industrie	Dameuses de piste	Diesel	226	0,48	1,00	0,48

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Puissance nominale kW	Facteur de charge		
				Valeur normale	Ecart	Effectif
Industrie	Voitures aéroportuaires	Diesel	65	0,20	1,00	0,20
Industrie	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	65	0,20	1,00	0,20
Industrie	Voitures aéroportuaires	Gaz	65	0,20	1,00	0,20
Industrie	Voitures aéroportuaires	Électricité	65	0,20	1,00	0,20
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	70	0,20	1,00	0,20
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	70	0,20	1,00	0,20
Industrie	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	130	0,20	1,00	0,20
Industrie	Génératrices aéroportuaires	Diesel	150	0,47	0,98	0,46
Industrie	Tracteurs aéroportuaires	Électricité	70	0,20	1,00	0,20
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	50	0,20	1,00	0,20
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Électricité	50	0,20	1,00	0,20
Industrie	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	174	0,47	0,98	0,46
Agriculture	Faucheuses à un essieu/monoaxes	Essence (4T)	8	0,48	0,83	0,40
Agriculture	Tracteurs agricoles	Diesel	62	0,48	0,63	0,30
Agriculture	Moissonneuses-batteuses	Diesel	163	0,48	0,83	0,40
Agriculture	Pulvérisateurs	Diesel	25	0,48	0,63	0,30
Agriculture	Ensileuses	Diesel	193	0,48	0,83	0,40
Agriculture	Faucheuse à deux essieux	Diesel	40	0,48	0,63	0,30
Agriculture	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	45	0,48	0,63	0,30
Agriculture	Chargeuses	Diesel	35	0,48	0,63	0,30
Agriculture	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	3	0,50	1,70	0,85
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Diesel	43	0,48	0,42	0,20
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	35	0,48	0,42	0,20
Agriculture	Arracheuses à betteraves	Diesel	380	0,48	0,63	0,30
Expl. forestière	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	4	0,50	1,70	0,85
Expl. forestière	Débroussailleuses	Essence (2T)	3	0,28	1,79	0,50
Expl. forestière	Autres petits engins	Essence (2T)	4	0,28	1,00	0,28
Expl. forestière	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	69	0,48	0,63	0,30
Expl. forestière	Récolteuses	Diesel	117	0,48	1,00	0,48
Expl. forestière	Processeurs	Diesel	55	0,48	1,00	0,48
Expl. forestière	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	284	0,48	1,00	0,48
Expl. forestière	Écorceuses mobiles	Diesel	272	0,48	1,00	0,48
Expl. forestière	Pelles sur pneus	Diesel	95	0,48	0,83	0,40
Expl. forestière	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	124	0,48	1,00	0,48
Expl. forestière	Grues classiques à câble	Diesel	62	0,48	0,42	0,20
Expl. forestière	Grues mobiles à câbles	Diesel	91	0,48	0,42	0,20
Expl. forestière	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	125	0,48	0,42	0,20
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussail-leuses (prof.)	Essence (4T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussail-leuses (prof.)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Puissance nominale kW	Facteur de charge		
				Valeur normale	Ecart	Effectif
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Électricité	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	4	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	8	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	3	0,50	1,70	0,85
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	4	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	4	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	2	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	2	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Électricité	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	2	0,48	1,04	0,50
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Électricité	2	0,48	1,04	0,50
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	2	0,48	1,04	0,50
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	2	0,48	1,04	0,50
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Électricité	2	0,48	1,04	0,50
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Électricité	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Électricité	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Électricité	1	0,28	1,79	0,50
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	4	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Électricité	4	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	8	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	2	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Électricité	2	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	4	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (loisirs)	Électricité	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	4	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Électricité	4	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	4	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	Électricité	4	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	2	0,48	1,00	0,48
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (loisirs)	Électricité	2	0,48	1,00	0,48

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Puissance nominale kW	Facteur de charge		
				Valeur normale	Ecart	Effectif
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (loisirs)	Électricité	2	0,28	1,00	0,28
Horticulture/loisirs	Tondeuses robots	Électricité	0	1,00	1,00	1,00
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	5	0,50	1,00	0,50
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (loisirs)	Électricité	5	0,50	1,00	0,50
Bateaux	Voiliers avec moteur	Diesel	17	0,48	0,63	0,30
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	4	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	3	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	175	0,48	0,63	0,30
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	37	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	3	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Diesel	131	0,48	0,63	0,30
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	62	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	4	0,30	1,00	0,30
Bateaux	Bateaux de passagers	Diesel	449	0,62	1,00	0,62
Bateaux	Bateaux de passagers	Vapeur (mazout)	489	0,62	1,00	0,62
Bateaux	Chalands	Diesel	218	0,62	1,00	0,62
Bateaux	Ferries	Diesel	670	0,62	1,00	0,62
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	1300	0,48	0,42	0,20
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs auxiliaires	Diesel	40	0,40	0,42	0,17
Rail	Locomotives de manœuvre	Diesel	794	0,33	0,48	0,16
Rail	Locotracteurs	Diesel	200	0,33	0,48	0,16
Rail	Tracteurs rail	Diesel	259	0,33	0,48	0,16
Armée	Famille Leo	Diesel	800	0,48	0,50	0,24
Armée	Chars d'assaut	Diesel	200	0,48	0,50	0,24
Armée	Chars de grenadiers	Diesel	261	0,48	0,50	0,24
Armée	Autres blindés	Diesel	200	0,48	0,50	0,24
Armée	Véhicules de reconnaissance	Diesel	95	0,48	0,50	0,24
Armée	chargeuses sur chenilles	Diesel	200	0,48	0,73	0,35
Armée	pelles chargeuses à pneus	Diesel	95	0,48	0,73	0,35
Armée	pelles sur chenilles militaires	Diesel	95	0,48	1,00	0,48
Armée	Pelles-araignées militaires	Diesel	95	0,48	0,60	0,29
Armée	Engin de battage	Diesel	55	0,48	0,60	0,29
Armée	Camions-grues	Diesel	204	0,48	0,63	0,30
Armée	Bateaux de patrouille	Diesel	22	0,48	0,63	0,30
Armée	Autres embarcations	Essence (4T)	22	0,30	1,00	0,30
Armée	Groupes électrogènes	Diesel	47	0,47	0,98	0,46
Armée	Groupes électrogènes	Essence (4T)	5	0,47	0,98	0,46
Armée	Groupes électrogènes	Essence (2T)	2	0,47	0,98	0,46
Armée	Assortiment transport d'eau	Diesel	95	0,48	0,60	0,29

A6 Catégories de machines avec émissions polluantes dynamiques

Tab. 47 > Catégories de machines avec émissions polluantes dynamiques

Sont énumérées ci-dessous les catégories de machines produisant des émissions dynamiques de particules (PM) et de monoxyde de carbone (CO). Les facteurs dynamiques pour les NO_X à partir du niveau IV (voir tab. 10) sont appliqués à tous les moteurs diesel de 56 à 560 kW de puissance.

Groupe	Catégorie
Mach. de chantier	Finisseuses de routes
Mach. de chantier	Rouleaux et compacteurs tous types
Mach. de chantier	Pelles sur chenilles
Mach. de chantier	Pelles sur pneus
Mach. de chantier	Minipelle
Mach. de chantier	Pelles à câbles
Mach. de chantier	Grues à pneus/mobiles
Mach. de chantier	Niveleuses
Mach. de chantier	PL non autorisés à circuler sur route
Mach. de chantier	Bouteurs
Mach. de chantier	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types
Mach. de chantier	Tombereaux/camions à bennes basculantes
Mach. de chantier	Locomotives de tunnel
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement
Mach. de chantier	Fraiseuses de tranchée
Industrie	Élévateurs à fourches tous types
Industrie	Balayeuses et nettoyeuses récureuses
Industrie	Tracteurs (ind.)
Agriculture	Tracteurs agricoles
Agriculture	Moissonneuses-batteuses
Agriculture	Pulvérisateurs
Agriculture	Ensileuses
Agriculture	Faucheuses à deux essieux
Agriculture	Transporteurs & autochargeuses
Agriculture	Chargeuses
Agriculture	Arracheuses à betteraves

Groupe	Catégorie
Expl. forestière	Récolteuses
Expl. forestière	Processeurs
Expl. forestière	Broyeuses/déchiqueteuses
Expl. forestière	Écorceuses mobiles
Expl. forestière	Pelles sur pneus
Expl. forestière	Porteurs et tracteurs forestiers
Expl. forestière	Grues classiques à câble
Expl. forestière	Grues mobiles à câble
Bateaux	Canots à moteur de location et privés
Rail	Locomotives de manœuvre
Armée	Famille Pz 68
Armée	Leo 87
Armée	Chars d'assaut
Armée	Chars de grenadiers
Armée	Autres blindés
Armée	Véhicules de reconnaissance
Armée	Chargeuses sur chenilles
Armée	Pelles chargeuses à pneus
Armée	Pelles sur chenilles
Armée	Pelles-araignées
Armée	Bulldozer
Armée	Camions-grues
Armée	Bateaux de patrouille

A7 Effectifs et heures de service par groupes de machines

Tab. 48 > Effectifs

Groupe	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Mach. de chantier	63'364	58'816	52'729	57'102	60'384	62'726	64'370	65'520
Industrie	26'714	43'244	70'671	69'786	69'757	70'083	70'314	70'451
Agriculture	292'773	324'567	337'869	318'876	309'825	305'235	302'413	302'336
Exploit. forestière	11'815	13'844	13'055	11'857	10'831	10'170	9'787	9'559
Horticulture/loisirs	1'198'841	1'539'624	1'944'373	2'322'737	2'464'323	2'499'627	2'508'448	2'510'652
Bateaux	94'866	103'383	93'912	95'055	97'522	99'104	100'040	100'595
Rail	529	1'300	1'255	697	640	640	640	640
Armée	13'092	13'373	14'272	13'083	12'853	12'856	12'537	12'537
Somme	**1'701'994**	**2'098'151**	**2'528'136**	**2'889'193**	**3'026'135**	**3'060'441**	**3'068'549**	**3'072'290**

Tab. 49 > Heures de service totales (en mio. h/a)

Groupe	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Mach. de chantier	15,7	19,0	21,4	23,8	25,6	26,9	27,8	28,5
Industrie	17,8	29,0	48,4	47,5	47,1	47,0	47,0	47,0
Agriculture	39,9	38,8	37,7	33,0	30,6	29,0	28,0	27,5
Exploit. forestière	2,4	2,8	2,6	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7
Horticulture/loisirs	14,6	25,7	39,3	149,7	190,8	201,3	203,9	204,5
Bateaux	3,7	3,9	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Rail	0,5	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Armée	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Somme	**95**	**121**	**155**	**261**	**301**	**311**	**313**	**314**

Tab. 50 > Heures de service spécifiques (en h/a)

Groupe	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Mach. de chantier	247	322	406	417	424	429	432	435
Industrie	666	670	684	680	675	671	668	667
Agriculture	136	119	112	103	99	95	93	91
Exploit. forestière	203	199	203	193	188	182	180	178
Horticulture/loisirs	12	17	20	64	77	81	81	81
Bateaux	39	38	38	36	35	35	34	34
Rail	877	613	617	783	719	719	719	719
Armée	64	64	63	73	74	74	74	74

A8 Effectifs et heures de service par catégories de machines

Tab. 51 > Effectifs et heures de service par catégories de machines

Année de référence 2010.

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Effectif	Heures de service [h/a]	H. de serv. spécifiques [h/a/unité]	Age moyen [a]
Mach. de chantier	Finisseuses de routes	Diesel	400	120'000	300	4,7
Mach. de chantier	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	60	18'000	300	4,7
Mach. de chantier	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	3'000	900'000	300	4,7
Mach. de chantier	Vibreuses mécaniques	Diesel	85	25'641	302	4,7
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	3'000	1'049'950	350	4,7
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	1'932	579'601	300	3,6
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	5'568	1'670'449	300	3,6
Mach. de chantier	Pelles à câbles	Diesel	120	24'000	200	7,2
Mach. de chantier	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	850	267'827	315	4,7
Mach. de chantier	Niveleuses	Diesel	189	94'500	500	5,9
Mach. de chantier	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	150	105'000	700	8,8
Mach. de chantier	Bouteurs	Diesel	325	113'750	350	4,7
Mach. de chantier	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	7'333	3'707'198	506	4,7
Mach. de chantier	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	5'300	2'650'000	500	4,7
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	992	106'515	107	7,2
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	2'208	175'085	79	3,6
Mach. de chantier	Pompes tous types	Diesel	162	23'613	146	4,7
Mach. de chantier	Pompes tous types	Essence (4T)	538	78'695	146	3,6
Mach. de chantier	Compresseurs tous types	Diesel	7'650	1'530'000	200	4,7
Mach. de chantier	Nacelles	Diesel	340	104'202	306	4,7
Mach. de chantier	Locomotives de tunnel	Diesel	110	55'000	500	4,7
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	161	76'133	473	4,7
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	989	458'176	463	3,6
Mach. de chantier	Fraiseuses de tranchée	Diesel	50	15'000	300	4,7
Mach. de chantier	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	230	139'000	604	4,7
Mach. de chantier	Minipelles	Diesel	7'400	3'922'000	530	4,7
Mach. de chantier	Pelles sur chenilles	Diesel	5'470	4'016'716	734	8,8
Mach. de chantier	Pelles sur pneus	Diesel	2'490	1'782'955	716	8,8
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	11'520	8'294'400	720	8,8
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	720	518'400	720	8,8
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	2'160	1'555'200	720	8,8
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Électricité	43'300	31'176'000	720	8,8
Industrie	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	670	670'000	1'000	5,9
Industrie	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	1'801	900'400	500	7,2
Industrie	Plateformes élévatrices (ind.)	Electricité	2'701	1'350'600	500	7,2
Industrie	Tracteurs (ind.)	Diesel	2'640	792'000	300	7,2

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Effectif	Heures de service [h/a]	H. de serv. spécifiques [h/a/unité]	Age moyen [a]
Industrie	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	360	108'000	300	7,2
Industrie	Dameuses de piste	Diesel	1'400	980'000	700	7,2
Industrie	Voitures aéroportuaires	Diesel	213	102'125	480	3,5
Industrie	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	536	257'203	480	3,5
Industrie	Voitures aéroportuaires	Gaz	16	7'565	480	3,5
Industrie	Voitures aéroportuaires	Électricité	24	11'347	480	3,5
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	258	98'154	380	3,8
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	57	21'546	380	3,8
Industrie	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	332	33'200	100	4,3
Industrie	Génératrices aéroportuaires	Diesel	79	71'100	900	7,2
Industrie	Tracteurs aéroportuaires	Électricité	272	136'000	500	7,2
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	51	30'780	600	7,2
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Électricité	462	277'020	600	7,2
Industrie	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	215	66'005	307	7,2
Agriculture	Faucheuses à un essieu/monoaxes	Essence (4T)	55'674	6'680'880	120	18,8
Agriculture	Tracteurs agricoles	Diesel	106'504	20'208'297	190	20,7
Agriculture	Moissonneuses-batteuses	Diesel	2'499	274'890	110	6,7
Agriculture	Pulvérisateurs	Diesel	1'850	239'760	130	11,1
Agriculture	Ensileuses	Diesel	409	48'942	120	8,9
Agriculture	Faucheuses à deux essieux	Diesel	13'907	1'702'159	122	9,6
Agriculture	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	17'105	1'368'341	80	10,4
Agriculture	Chargeuses	Diesel	8'455	845'500	100	7,8
Agriculture	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	90'132	1'802'640	20	3,6
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Diesel	21'146	440'382	21	36,3
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	3'442	51'378	15	31,7
Agriculture	Arracheuses à betteraves	Diesel	150	21'000	140	2,4
Expl. forestière	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	6'600	900'000	136	1,1
Expl. forestière	Débroussailleuses	Essence (2T)	1'933	289'950	150	1,1
Expl. forestière	Autres petits engins	Essence (2T)	1'750	105'000	60	2,4
Expl. forestière	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	1'250	750'000	600	5,9
Expl. forestière	Récolteuses	Diesel	40	36'000	900	3,2
Expl. forestière	Processeurs	Diesel	10	7'250	725	4,4
Expl. forestière	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	43	38'700	900	3,8
Expl. forestière	Écorceuses mobiles	Diesel	4	3'200	800	6,5
Expl. forestière	Pelles sur pneus	Diesel	39	19'500	500	5,9
Expl. forestière	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	125	115'000	920	3,6
Expl. forestière	Grues classiques à câble	Diesel	73	36'500	500	8,0
Expl. forestière	Grues mobiles à câble	Diesel	70	40'600	580	5,4
Expl. forestière	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	15	13'500	900	5,4
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	2'000	400'000	200	2,9
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débrous. (prof.)	Essence (2T)	28'000	5'600'000	200	2,9

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Effectif	Heures de service [h/a]	H. de serv. spécifiques [h/a/unité]	Age moyen [a]
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	4'126	618'959	150	3,6
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Électricité	15'000	2'249'941	150	3,6
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	826	92'557	112	3,0
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	3'098	347'088	112	4,2
Horticulture/loisirs	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	15'720	1'572'000	100	2,9
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	6'000	1'200'000	200	3,6
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	5'502	550'200	100	2,4
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	1'310	655'000	500	3,6
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	2'620	393'000	150	3,6
Horticulture/loisirs	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	1'965	157'200	80	3,6
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	8'000	440'000	55	4,7
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	4'585	1'375'500	300	4,7
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Électricité	13'000	3'900'000	300	4,7
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	5'556	333'346	60	3,0
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Électricité	25'000	1'500'014	60	3,0
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	1'395	209'268	150	1,1
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	632	94'807	150	1,1
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Électricité	24'014	3'602'076	150	1,1
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	9'167	57'292	6	4,7
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débrous. (loisirs)	Essence (2T)	114'167	713'542	6	4,7
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débrous. (loisirs)	Électricité	261'300	1'633'122	6	3,0
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	12'933	81'598	6	4,7
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Électricité	163'338	1'030'515	6	3,0
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	833	5'208	6	4,7
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	13'000	81'250	6	4,7
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Électricité	23'056	144'098	6	3,0
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	433'421	4'875'986	11	5,9
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Électricité	485'898	5'466'352	11	5,9
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	11'667	145'838	13	5,9
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	130'895	818'095	6	4,7
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Électricité	191'088	1'194'299	6	5,9
Horticulture/loisirs	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	1'500	15'000	10	5,9
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	4'583	13'750	3	5,9
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (loisirs)	Électricité	46'769	140'306	3	5,9
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	18'333	114'583	6	4,7
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Électricité	15'278	95'486	6	5,9
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	2'833	7'650	3	5,9
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	Électricité	47'223	127'501	3	5,9
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	24'833	1'117'487	45	5,9
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (loisirs)	Électricité	2'980	134'098	45	5,9
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	7'000	140'000	20	5,9

Groupe	Catégorie	Type de moteur	Effectif	Heures de service [h/a]	H. de serv. spécifiques [h/a/unité]	Age moyen [a]
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (loisirs)	Électricité	10'000	200'000	20	5,9
Horticulture/loisirs	Tondeuses robots	Électricité	87'500	105'000'000	1200	4,2
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	400	12'000	30	5,9
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (loisirs)	Électricité	34'394	1'031'820	30	5,9
Bateaux	Voiliers avec moteur	Diesel	10'669	320'499	30	8,8
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	5'350	160'714	30	5,9
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	5'274	158'417	30	5,9
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	137	70'221	511	8,8
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	801	409'157	511	5,9
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	16	8'122	511	5,9
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Diesel	4'263	127'948	30	8,8
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	44'259	1'328'425	30	5,9
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	11'404	342'277	30	5,9
Bateaux	Bateaux de passagers	Diesel	132	157'989	1197	25,5
Bateaux	Bateaux de passagers	Vapeur (mazout)	14	11'061	790	9,9
Bateaux	Chalands	Diesel	244	122'000	500	25,5
Bateaux	Ferries	Diesel	8	28'000	3500	25,5
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	6'243	9'159	1	25,5
Bateaux	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	6'243	207'725	33	7,2
Rail	Locomotives de manœuvre	Diesel	202	323'200	1'600	17,7
Rail	Locotracteurs	Diesel	2	600	300	20,9
Rail	Tracteurs rail	Diesel	493	221'850	450	23,8
Armée	Famille Leo	Diesel	286	6'292	22	21,0
Armée	Chars d'assaut	Diesel	298	5'364	18	32,5
Armée	Chars de grenadiers	Diesel	555	19'980	36	31,4
Armée	Autres blindés	Diesel	1'300	299'000	230	11,9
Armée	Véhicules de reconnaissance	Diesel	383	57'450	150	11,9
Armée	Chargeuses sur chenilles	Diesel	10	5'000	500	4,7
Armée	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	47	23'500	500	4,7
Armée	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	25	12'500	500	4,7
Armée	Pelles-araignées militaires	Diesel	7	3'500	500	4,7
Armée	Engins de battage	Diesel	36	2'088	58	4,7
Armée	Camions-grues	Diesel	43	2'795	65	4,7
Armée	Bateaux de patrouille	Diesel	11	6'336	576	4,7
Armée	Autres embarcations	Essence (4T)	50	4'500	90	4,7
Armée	Groupes électrogènes	Diesel	1'667	83'333	50	7,2
Armée	Groupes électrogènes	Essence (4T)	6'667	333'333	50	3,6
Armée	Groupes électrogènes	Essence (2T)	1'667	83'333	50	3,6
Armée	Assortiment transport d'eau	Diesel	32	1'600	50	20,0

A9 Consommation d'énergie et émissions polluantes

Tab. 52 > Consommation d'énergie et émissions polluantes du secteur non routier

	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Consommation d'énergie (en PJ/a)								
Diesel	8,80	10,98	13,52	14,76	15,03	15,31	15,58	15,81
Essence (4 temps)	1,96	1,91	1,76	1,53	1,33	1,25	1,22	1,20
Essence (2 temps)	0,39	0,49	0,52	0,38	0,28	0,25	0,25	0,24
Gaz	0,08	0,13	0,23	0,21	0,13	0,10	0,10	0,10
Mazout (pour bateaux à vapeur)	0,08	0,11	0,15	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
Électricité	0,34	0,57	0,93	0,92	0,98	0,93	0,85	0,78
Émissions polluantes (en t/a)								
HC	8'195	9'470	9'019	4'367	2'205	1'705	1'540	1'465
CO	56'403	58'725	51'492	39'270	33'517	30'359	29'230	28'657
NO_X	9'986	12'623	14'557	10'395	5'214	3'509	3'016	2'845
PM	831	998	1'116	532	232	94	51	33
CO_2	833'004	1'003'198	1'190'692	1'253'924	1'245'064	1'255'347	1'271'652	1'287'251
CH_4	408	485	458	198	95	81	76	74
NMHC	7'787	8'985	8'560	4'170	2'110	1'624	1'464	1'391
N_2O	31	38	47	51	51	52	52	53
Benzène	326	376	58	26	13	11	10	10

A10 Consommation d'énergie par groupes de machines

Tab. 53 > Consommation d'énergie par groupes de machines (en PJ/a)

Groupe	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Mach. de chantier	Diesel	2,78	3,73	4,88	5,81	6,31	6,59	6,82	6,99
Mach. de chantier	Essence (4T)	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09
Mach. de chantier	Essence (2T)	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
Industrie	Diesel	1,15	1,62	2,24	2,45	2,27	2,30	2,40	2,48
Industrie	Essence (4T)	0,04	0,07	0,11	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08
Industrie	Gaz	0,08	0,13	0,23	0,21	0,13	0,10	0,10	0,10
Industrie	Électricité	0,30	0,50	0,83	0,80	0,85	0,81	0,73	0,66
Agriculture	Diesel	3,47	4,03	4,65	4,56	4,59	4,57	4,53	4,51
Agriculture	Essence (4T)	1,05	0,87	0,68	0,50	0,36	0,28	0,23	0,21
Agriculture	Essence (2T)	0,13	0,15	0,15	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07
Expl. forestière	Diesel	0,23	0,24	0,28	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34
Expl. forestière	Essence (2T)	0,10	0,14	0,13	0,08	0,05	0,04	0,04	0,03
Horticulture/loisirs	Essence (4T)	0,14	0,20	0,27	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
Horticulture/loisirs	Essence (2T)	0,09	0,13	0,19	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11
Horticulture/loisirs	Électricité	0,04	0,06	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Bateaux	Diesel	0,68	0,74	0,79	0,87	0,88	0,87	0,86	0,86
Bateaux	Essence (4T)	0,64	0,68	0,60	0,52	0,51	0,52	0,52	0,52
Bateaux	Essence (2T)	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Bateaux	Vapeur (mazout)	0,08	0,11	0,15	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
Rail	Diesel	0,29	0,39	0,46	0,49	0,39	0,39	0,39	0,39
Armée	Diesel	0,21	0,22	0,23	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24
Armée	Essence (4T)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Armée	Essence (2T)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A11 Émissions par groupes de machines

Tab. 54 > Émissions par groupes de machines (en t/a)

Polluant	Groupe	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Mach. de chantier	900	1'084	1'089	525	222	194	196	198
HC	Industrie	246	305	405	236	68	47	47	48
HC	Agriculture	3'189	3'161	2'957	1'614	782	535	436	392
HC	Exploit. forestière	1'080	1'463	1'204	364	150	132	122	117
HC	Horticulture/loisirs	1'043	1'591	2'177	1'027	492	399	397	397
HC	Bateaux	1'602	1'708	1'016	500	425	354	312	285
HC	Rail	62	85	99	63	46	30	16	14
HC	Armée	73	73	72	39	19	15	14	14
CO	Mach. de chantier	4'317	5'335	5'872	4'063	3'108	3'016	3'102	3'171
CO	Industrie	1'300	1'918	2'810	2'407	1'144	902	902	906
CO	Agriculture	28'542	25'178	21'521	15'976	11'736	9'455	8'346	7'747
CO	Exploit. forestière	2'376	3'190	2'973	1'933	1'404	1'150	1'065	1'016
CO	Horticulture/loisirs	5'000	7'388	10'251	10'850	10'546	10'211	10'240	10'247
CO	Bateaux	14'101	14'882	7'184	3'273	4'935	5'038	5'035	5'037
CO	Rail	208	270	319	274	210	168	128	120
CO	Armée	559	563	562	495	433	419	412	412
NO_X	Mach. de chantier	3'276	4'479	5'243	3'428	1'309	992	1'007	1'033
NO_X	Industrie	1'333	1'855	2'252	1'441	505	289	287	292
NO_X	Agriculture	3'464	4'096	4'524	3'311	1'809	1'111	867	752
NO_X	Exploit. forestière	238	262	293	202	68	41	40	39
NO_X	Horticulture/loisirs	24	35	52	70	70	45	44	44
NO_X	Bateaux	977	1'055	1'230	1'236	985	730	597	531
NO_X	Rail	435	596	711	535	389	254	142	125
NO_X	Armée	238	246	252	172	79	47	33	30
PM	Mach. de chantier	263	336	387	81	32	15	15	15
PM	Industrie	97	138	173	71	16	3	3	3
PM	Agriculture	358	399	425	306	149	59	23	8
PM	Exploit. forestière	23	23	23	13	3	0	0	0
PM	Horticulture/loisirs	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Bateaux	55	59	59	50	27	14	9	5
PM	Rail	22	29	34	6	3	1	1	1
PM	Armée	14	14	14	5	2	1	1	1
CO_2	Mach. de chantier	212'343	284'303	367'394	435'819	471'337	492'608	509'197	522'170
CO_2	Industrie	93'188	133'828	189'098	203'195	182'203	181'542	189'517	195'309
CO_2	Agriculture	342'748	371'824	403'637	381'271	370'628	362'499	356'162	353'407
CO_2	Exploit. forestière	24'444	28'092	29'848	29'043	28'308	27'760	27'456	27'266
CO_2	Horticulture/loisirs	16'512	24'570	33'962	33'176	29'893	29'128	29'202	29'224
CO_2	Bateaux	105'661	114'274	114'672	114'996	113'934	113'115	112'192	111'949
CO_2	Rail	21'032	28'688	33'519	36'222	29'017	29'058	29'058	29'058

Polluant	Groupe	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO_2	Armée	17'076	17'618	18'562	20'203	19'744	19'637	18'868	18'868
CH_4	Mach. de chantier	42	48	42	20	8	7	7	7
CH_4	Industrie	8	9	11	7	2	1	1	1
CH_4	Agriculture	150	154	147	73	34	26	23	21
CH_4	Exploit. forestière	74	101	83	25	10	9	8	8
CH_4	Horticulture/loisirs	67	101	139	61	27	24	24	24
CH_4	Bateaux	64	67	32	11	13	13	13	12
CH_4	Rail	1	1	1	1	1	0	0	0
CH_4	Armée	3	3	3	2	1	1	1	1
NMHC	Mach. de chantier	859	1'035	1'047	505	214	187	189	191
NMHC	Industrie	238	296	395	229	66	46	46	47
NMHC	Agriculture	3'039	3'007	2'811	1'541	748	509	414	371
NMHC	Exploit. forestière	1'006	1'362	1'121	339	140	123	114	109
NMHC	Horticulture/loisirs	976	1'490	2'037	966	466	375	373	373
NMHC	Bateaux	1'538	1'641	984	490	413	341	299	273
NMHC	Rail	61	84	97	62	46	29	16	14
NMHC	Armée	69	70	68	38	18	15	14	13
N_2O	Mach. de chantier	9	13	17	20	21	22	23	24
N_2O	Industrie	4	6	8	8	8	8	8	8
N_2O	Agriculture	11	13	14	14	14	14	13	13
N_2O	Éxploit. forestière	1	1	1	1	1	1	1	1
N_2O	Horticulture/loisirs	0	0	0	0	1	1	1	1
N_2O	Bateaux	4	4	4	4	4	4	4	4
N_2O	Rail	1	1	2	2	1	1	1	1
N_2O	Armée	1	1	1	1	1	1	1	1
Benzène	Mach. de chantier	26	29	4	2	1	1	1	1
Benzène	Industrie	2	3	1	1	0	0	0	0
Benzène	Agriculture	133	129	20	10	5	3	3	3
Benzène	Éxploit. forestière	53	72	9	3	1	1	1	1
Benzène	Horticulture/loisirs	52	80	17	8	4	3	3	3
Benzène	Bateaux	58	61	5	2	2	2	2	2
Benzène	Rail	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Armée	3	3	0	0	0	0	0	0

A12 Consommation d'énergie par catégories de machines

Tab. 55 > Machines de chantier: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Mach. de chantier	Finisseuses de routes	Diesel	0,012	0,016	0,019	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Mach. de chantier	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Mach. de chantier	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	0,064	0,081	0,081	0,106	0,124	0,137	0,148	0,157
Mach. de chantier	Vibreuses mécaniques	Diesel	0,009	0,008	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	0,006	0,014	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	0,009	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	0,013
Mach. de chantier	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	0,042	0,046	0,034	0,026	0,019	0,016	0,016	0,015
Mach. de chantier	Pelles à câbles	Diesel	0,005	0,007	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Mach. de chantier	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	0,074	0,094	0,120	0,133	0,135	0,129	0,125	0,121
Mach. de chantier	Niveleuses	Diesel	0,041	0,051	0,060	0,058	0,053	0,048	0,044	0,041
Mach. de chantier	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	0,073	0,087	0,096	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099
Mach. de chantier	Bouteurs	Diesel	0,048	0,061	0,071	0,069	0,065	0,061	0,058	0,056
Mach. de chantier	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	0,747	1,000	1,225	1,427	1,528	1,589	1,638	1,677
Mach. de chantier	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	0,248	0,337	0,423	0,733	0,936	1,067	1,174	1,260
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0,001	0,001	0,015	0,060	0,077	0,082	0,084	0,085
Mach. de chantier	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	0,011	0,014	0,012	0,014	0,014	0,014	0,015	0,015
Mach. de chantier	Pompes tous types	Diesel	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Mach. de chantier	Pompes tous types	Essence (4T)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002
Mach. de chantier	Compresseurs tous types	Diesel	0,320	0,446	0,463	0,448	0,412	0,377	0,349	0,326
Mach. de chantier	Nacelles	Diesel	0,005	0,010	0,016	0,020	0,023	0,025	0,026	0,027
Mach. de chantier	Locomotives de tunnel	Diesel	0,018	0,024	0,029	0,034	0,037	0,039	0,041	0,042
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	0,016	0,026	0,039	0,048	0,052	0,055	0,057	0,059
Mach. de chantier	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	0,046	0,054	0,058	0,057	0,053	0,055	0,058	0,060
Mach. de chantier	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mach. de chantier	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	0,028	0,038	0,046	0,049	0,050	0,050	0,050	0,050
Mach. de chantier	Minipelles	Diesel	0,122	0,153	0,209	0,282	0,337	0,374	0,396	0,408
Mach. de chantier	Pelles sur chenilles	Diesel	0,660	0,939	1,450	1,767	1,937	2,044	2,131	2,202
Mach. de chantier	Pelles sur pneus	Diesel	0,279	0,343	0,477	0,419	0,382	0,358	0,338	0,323

Tab. 56 > Industrie: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	0,327	0,545	0,963	0,941	0,554	0,411	0,407	0,404
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	0,019	0,032	0,057	0,065	0,027	0,019	0,019	0,018
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	0,078	0,131	0,232	0,211	0,132	0,098	0,097	0,096
Industrie	Élévateurs à fourches tous types	Électricité	0,275	0,458	0,802	0,765	0,811	0,756	0,674	0,610
Industrie	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	0,048	0,073	0,078	0,106	0,125	0,137	0,143	0,147
Industrie	Plateformes élévatrices (ind,)	Diesel	0,087	0,132	0,141	0,162	0,176	0,183	0,188	0,190
Industrie	Plateformes élévatrices (ind,)	Électricité	0,017	0,026	-	-	-	-	-	-
Industrie	Tracteurs (ind,)	Diesel	0,048	0,072	0,077	0,087	0,094	0,098	0,100	0,101
Industrie	Tracteurs (ind,)	Essence (4T)	0,007	0,011	0,011	0,012	0,011	0,011	0,011	0,012
Industrie	Dameuses de piste	Diesel	0,586	0,721	0,867	1,016	1,149	1,251	1,320	1,378
Industrie	Voitures aéroportuaires	Diesel	0,000	0,001	0,001	0,010	0,013	0,016	0,018	0,019
Industrie	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	0,015	0,024	0,040	0,031	0,033	0,039	0,042	0,041
Industrie	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Industrie	Voitures aéroportuaires	Électricité	-	-	-	0,001	0,002	0,004	0,005	0,007
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	0,004	0,006	0,010	0,011	0,014	0,018	0,020	0,021
Industrie	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005
Industrie	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0,004	0,006	0,010	0,011	0,014	0,017	0,019	0,020
Industrie	Génératrices aéroportuaires	Diesel	0,015	0,024	0,041	0,048	0,063	0,079	0,088	0,094
Industrie	Tracteurs aéroportuaires	Électricité	0,005	0,007	0,012	0,014	0,017	0,019	0,019	0,019
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Industrie	Appareils d'assistance aéroportuaire	Électricité	0,007	0,011	0,018	0,020	0,025	0,028	0,028	0,028
Industrie	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	0,028	0,042	0,045	0,051	0,068	0,085	0,095	0,102

Tab. 57 > Agriculture: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Agriculture	Faucheuses à un essieu/monoaxes	Essence (4T)	1,054	0,865	0,673	0,490	0,351	0,266	0,222	0,200
Agriculture	Tracteurs agricoles	Diesel	3,059	3,431	3,870	3,719	3,689	3,631	3,568	3,539
Agriculture	Moissonneuses-batteuses	Diesel	0,152	0,207	0,228	0,171	0,131	0,136	0,136	0,136
Agriculture	Pulvérisateurs	Diesel	0,034	0,029	0,023	0,020	0,018	0,015	0,014	0,013
Agriculture	Ensileuses	Diesel	0,019	0,025	0,031	0,036	0,040	0,043	0,044	0,044
Agriculture	Faucheuses à deux essieux	Diesel	0,006	0,082	0,170	0,234	0,281	0,300	0,310	0,317
Agriculture	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	0,190	0,220	0,249	0,206	0,179	0,155	0,140	0,132
Agriculture	Chargeuses	Diesel	0,009	0,032	0,055	0,102	0,137	0,155	0,167	0,174
Agriculture	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	0,130	0,145	0,153	0,115	0,086	0,075	0,074	0,074
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	0,004	0,020	0,052	0,069	0,081	0,089	0,095
Agriculture	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0,007	0,009	0,008	0,011	0,012	0,013	0,012
Agriculture	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	0,025	0,043	0,054	0,060	0,064

Tab. 58 > Exploitation forestière: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Expl. forestière	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	0,098	0,131	0,112	0,065	0,042	0,033	0,031	0,030
Expl. forestière	Débroussailleuses	Essence (2T)	0,001	0,007	0,012	0,008	0,005	0,004	0,004	0,004
Expl. forestière	Autres petits engins	Essence (2T)	0,005	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001
Expl. forestière	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	0,215	0,192	0,174	0,155	0,146	0,134	0,126	0,121
Expl. forestière	Récolteuses	Diesel	-	0,001	0,014	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018
Expl. forestière	Processeurs	Diesel	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Expl. forestière	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	0,004	0,013	0,031	0,050	0,058	0,064	0,066	0,068
Expl. forestière	Ecorceuses mobiles	Diesel	0,001	0,004	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001
Expl. forestière	Pelles sur pneus	Diesel	0,000	0,002	0,004	0,007	0,009	0,010	0,011	0,011
Expl. forestière	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	0,012	0,032	0,064	0,081	0,089	0,093	0,095
Expl. forestière	Grues classiques à câble	Diesel	0,006	0,007	0,006	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
Expl. forestière	Grues mobiles à câble	Diesel	0,001	0,006	0,009	0,009	0,007	0,006	0,006	0,006
Expl. forestière	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0,004	0,007	0,009	0,009	0,010

Tab. 59 > Horticulture/loisirs: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	0,010	0,050	0,098	0,067	0,051	0,047	0,047	0,047
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	0,001	0,004	0,008	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006
Horticulture/loisirs	Taille-haies (prof.)	Électricité	0,001	0,003	0,006	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	0,001	0,010	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	0,024	0,027	0,030	0,038	0,037	0,037	0,037	0,037
Horticulture/loisirs	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	0,009	0,005	-	-	-	-	-	-
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	0,011	0,026	0,052	0,058	0,055	0,054	0,054	0,054
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	0,033	0,036	0,038	0,038	0,032	0,029	0,030	0,030
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	0,004	0,013	0,017	0,015	0,015	0,015	0,015
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	0,010	0,012	0,014	0,018	0,016	0,016	0,016	0,016
Horticulture/loisirs	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	0,007	0,009	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	0,007	0,011	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	0,001	-	-	-	-	-	-
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (prof.)	Électricité	-	0,008	0,010	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses à meule (prof.)	Électricité	0,008	0,008	0,007	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Appareils de forage (prof.)	Électricité	-	-	0,017	0,018	0,017	0,016	0,016	0,016
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	0,001	0,006	0,012	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005
Horticulture/loisirs	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Électricité	0,000	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Taille-haies (loisirs)	Électricité	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Souffleuses (loisirs)	Électricité	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	0,066	0,085	0,105	0,108	0,108	0,107	0,107	0,107
Horticulture/loisirs	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	0,012	0,007	-	-	-	-	-	-
Horticulture/loisirs	Tondeuses (hobby)	Électricité	0,022	0,027	0,032	0,032	0,033	0,033	0,033	0,032
Horticulture/loisirs	Tondeuses automotrices (hobby)	Essence (4T)	0,001	0,003	0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	0,014	0,014	0,014	0,014	0,012	0,012	0,012	0,012
Horticulture/loisirs	Tronçonneuses (loisirs)	Électricité	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Horticulture/loisirs	Motoneiges (hobby)	Essence (4T)	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (hobby)	Essence (4T)	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Scarificateurs (hobby)	Électricité	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Horticulture/loisirs	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Électricité	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Broyeurs (hobby)	Électricité	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (hobby)	Essence (4T)	0,014	0,020	0,020	0,017	0,014	0,014	0,014	0,014
Horticulture/loisirs	Fraises à neige (hobby)	Électricité	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (hobby)	Essence (4T)	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (hobby)	Essence (2T)	-	0,000	-	-	-	-	-	-
Horticulture/loisirs	Appareils de nettoyage (hobby)	Électricité	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Horticulture/loisirs	Tondeuses robots	Électricité	-	-	-	0,018	0,021	0,021	0,021	0,021
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Horticulture/loisirs	Fendeurs de bûches (Hobby)	Électricité	-	0,008	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012

Tab. 60 > Bateaux: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Bateaux	Voiliers avec moteur	Diesel	0,028	0,030	0,026	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	0,005	0,005	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
Bateaux	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	0,006	0,007	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	0,053	0,049	0,044	0,047	0,043	0,039	0,037	0,035
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	0,129	0,118	0,108	0,087	0,073	0,066	0,061	0,059
Bateaux	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Diesel	0,057	0,062	0,054	0,066	0,073	0,077	0,078	0,079
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	0,508	0,552	0,487	0,431	0,433	0,447	0,454	0,459
Bateaux	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	0,017	0,018	0,012	0,009	0,009	0,009	0,009	0,010
Bateaux	Bateaux de passagers	Diesel	0,347	0,327	0,386	0,420	0,414	0,395	0,381	0,376
Bateaux	Bateaux de passagers	Vapeur	0,084	0,111	0,148	0,159	0,146	0,139	0,133	0,131
Bateaux	Chalands	Diesel	0,119	0,186	0,153	0,159	0,168	0,173	0,176	0,178
Bateaux	Ferries	Diesel	0,056	0,056	0,097	0,112	0,113	0,114	0,114	0,114
Bateaux	Bateaux de transport de march. sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0,013	0,016	0,019	0,023	0,027	0,029	0,030	0,031
Bateaux	Bateaux de transport de march. sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0,010	0,012	0,013	0,015	0,016	0,018	0,018	0,019

Tab. 61 > Rail: Consommation d'énergie (in PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Rail	Locomotives de manœuvre	Diesel	0,243	0,277	0,340	0,402	0,306	0,307	0,307	0,307
Rail	Locotracteurs	Diesel	0,003	0,011	0,010	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003
Rail	Tracteurs rail	Diesel	0,040	0,102	0,105	0,090	0,085	0,085	0,085	0,085

Tab. 62 > Armée: consommation d'énergie (en PJ/a)

Groupe	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Armée	Famille Pz 68	Diesel	0,004	0,004	0,004	-	-	-	-	-
Armée	Famille Leo	Diesel	0,024	0,024	0,024	0,014	0,008	0,007	0,007	0,007
Armée	Chars d'assaut	Diesel	0,004	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001
Armée	Chars de grenadiers	Diesel	0,142	0,142	0,122	0,014	0,014	0,014	0,004	0,004
Armée	Autres blindés	Diesel	-	0,007	0,025	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Armée	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0,001	0,001	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016	0,016
Armée	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Armée	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Armée	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Armée	Pelles-araignées militaires	Diesel	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Armée	Bulldozer	Diesel	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-
Armée	Engins de battage	Diesel	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Armée	Camions-grues	Diesel	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Armée	Bateaux de patrouille	Diesel	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Armée	Autres embarcations	Essence (4T)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Armée	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000
Armée	Groupes électrogènes	Diesel	0,018	0,018	0,018	0,018	0,019	0,019	0,019	0,019
Armée	Groupes électrogènes	Essence (4T)	0,016	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014
Armée	Groupes électrogènes	Essence (2T)	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Armée	Système de pont d'appui 46 m	Diesel	-	-	-	-	0,003	0,003	0,003	0,003
Armée	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A13 Émissions par catégories de machines

Tab. 63 > Machines de chantier: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Finisseuses de routes	Diesel	1	2	2	1	0	0	0	0
HC	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	9	11	11	5	3	3	3	3
HC	Vibreuses mécaniques	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	1	3	1	1	1	1	1
HC	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	12	15	13	8	5	4	4	5
HC	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	418	463	327	137	57	54	52	50
HC	Pelles à câbles	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	8	10	12	5	2	2	2	2
HC	Niveleuses	Diesel	5	6	7	3	1	1	1	1
HC	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	9	11	12	5	2	1	1	1
HC	Bouteurs	Diesel	5	6	8	3	1	1	1	1
HC	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	95	121	145	64	24	22	23	24
HC	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	39	50	61	39	17	18	20	22
HC	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	2	3	1	1	1	1
HC	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	12	18	15	10	6	5	5	5
HC	Pompes tous types	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
HC	Pompes tous types	Essence (4T)	1	2	2	1	1	1	1	1
HC	Compresseurs tous types	Diesel	48	67	69	23	9	7	7	6
HC	Nacelles	Diesel	1	1	2	1	0	0	0	0
HC	Locomotives de tunnel	Diesel	2	3	3	1	0	0	0	1
HC	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	2	3	5	2	1	1	1	1
HC	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	59	68	74	42	24	18	18	19
HC	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	4	5	6	2	1	1	1	1
HC	Minipelles	Diesel	31	40	53	28	14	15	15	16
HC	Pelles sur chenilles	Diesel	95	128	190	108	42	32	32	34
HC	Pelles sur pneus	Diesel	42	50	66	31	10	7	6	6
CO	Finisseuses de routes	Diesel	7	9	10	5	2	1	1	1
CO	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
CO	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	42	52	51	28	15	12	13	13
CO	Vibreuses mécaniques	Diesel	3	3	2	1	0	0	0	0
CO	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	3	8	4	3	3	3	3
CO	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	203	266	233	252	258	283	309	335
CO	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	884	980	728	609	521	467	448	429
CO	Pelles à câbles	Diesel	3	4	5	2	1	1	1	1
CO	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	44	55	70	23	8	6	6	6

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO	Niveleuses	Diesel	26	34	40	13	4	3	3	2
CO	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	51	61	67	25	8	5	5	5
CO	Bouteurs	Diesel	30	38	45	14	4	4	3	3
CO	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	513	665	805	303	111	95	98	100
CO	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	189	251	311	189	86	79	86	93
CO	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	1	7	10	6	5	5	5
CO	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	244	323	283	324	335	356	366	366
CO	Pompes tous types	Diesel	1	2	2	1	1	1	1	1
CO	Pompes tous types	Essence (4T)	25	27	34	37	35	36	37	38
CO	Compresseurs tous types	Diesel	156	218	225	77	40	31	29	27
CO	Nacelles	Diesel	2	4	5	3	1	1	2	2
CO	Locomotives de tunnel	Diesel	11	14	17	6	2	2	2	2
CO	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	11	18	26	10	4	3	3	3
CO	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	1'020	1'180	1'269	1'309	1'307	1'380	1'439	1'486
CO	Fraiseuses de tranchée	Diesel	1	2	2	1	1	0	0	0
CO	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	13	17	20	7	3	3	3	3
CO	Minipelles	Diesel	129	163	217	129	108	73	76	78
CO	Pelles sur chenilles	Diesel	493	684	1'034	532	196	134	135	140
CO	Pelles sur pneus	Diesel	216	260	352	152	49	30	27	26
NO_X	Finisseuses de routes	Diesel	10	14	15	11	4	3	3	3
NO_X	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	3	4	4	2	0	0	0	0
NO_X	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	54	69	62	51	30	30	32	34
NO_X	Vibreuses mécaniques	Diesel	9	8	6	2	1	0	0	0
NO_X	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	5	9	7	6	6	6	6
NO_X	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	1	2	2	1	1	0	1	1
NO_X	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	2	2	2	5	6	6	6	5
NO_X	Pelles à câbles	Diesel	6	8	9	5	2	1	1	1
NO_X	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	86	110	124	64	15	8	8	8
NO_X	Niveleuses	Diesel	53	67	69	34	7	2	2	2
NO_X	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	96	114	114	61	17	6	5	5
NO_X	Bouteurs	Diesel	63	79	81	38	7	3	3	3
NO_X	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	912	1'230	1'323	767	209	129	133	136
NO_X	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	275	380	424	413	172	147	162	173
NO_X	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	1	2	17	37	13	6	6	6
NO_X	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	2	2	2	2	1	1	1	1
NO_X	Pompes tous types	Diesel	1	3	2	2	2	2	2	2
NO_X	Pompes tous types	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Compresseurs tous types	Diesel	375	528	483	261	101	76	70	66
NO_X	Nacelles	Diesel	4	9	13	9	3	2	3	3
NO_X	Locomotives de tunnel	Diesel	21	28	29	16	4	2	2	2

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NO_X	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	20	34	44	25	6	4	4	4
NO_X	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	7	8	9	6	5	2	2	2
NO_X	Fraiseuses de tranchée	Diesel	1	1	1	1	1	1	1	1
NO_X	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	33	45	49	27	8	5	5	5
NO_X	Minipelles	Diesel	110	139	167	157	187	297	316	327
NO_X	Pelles sur chenilles	Diesel	791	1'164	1'650	1'138	400	195	183	189
NO_X	Pelles sur pneus	Diesel	337	423	536	287	101	57	51	49
PM	Finisseuses de routes	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
PM	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	6	7	7	2	1	0	0	0
PM	Vibreuses mécaniques	Diesel	1	1	0	0	0	0	0	0
PM	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	1	2	1	1	0	0	0
PM	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Pelles à câbles	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
PM	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	5	6	7	1	0	0	0	0
PM	Niveleuses	Diesel	3	4	4	0	0	0	0	0
PM	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	6	7	7	1	0	0	0	0
PM	Bouteurs	Diesel	3	4	5	1	0	0	0	0
PM	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	61	78	87	17	4	2	2	2
PM	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	26	35	40	10	3	2	2	2
PM	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	1	1	0	0	0	0
PM	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Pompes tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Pompes tous types	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Compresseurs tous types	Diesel	30	41	35	6	1	0	0	0
PM	Nacelles	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
PM	Locomotives de tunnel	Diesel	1	2	2	0	0	0	0	0
PM	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	1	2	3	0	0	0	0	0
PM	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	3	3	3	0	0	0	0	0
PM	Minipelles	Diesel	17	21	27	21	17	7	7	7
PM	Pelles sur chenilles	Diesel	67	86	113	15	4	2	2	2
PM	Pelles sur pneus	Diesel	30	35	41	4	1	0	0	0
CO_2	Finisseuses de routes	Diesel	867	1'145	1'386	1'688	1'712	1'712	1'712	1'712
CO_2	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	238	283	313	321	322	322	322	322
CO_2	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	4'725	5'936	5'997	7'819	9'106	10'106	10'917	11'573
CO_2	Vibreuses mécaniques	Diesel	695	598	491	359	259	199	165	148
CO_2	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	458	1'065	1'067	1'067	1'067	1'067	1'067

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO_2	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	680	893	779	814	778	839	915	991
CO_2	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	3'077	3'409	2'503	1'888	1'392	1'203	1'154	1'106
CO_2	Pelles à câbles	Diesel	372	485	604	650	673	673	673	673
CO_2	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	5'428	6'899	8'851	9'790	9'943	9'524	9'179	8'896
CO_2	Niveleuses	Diesel	3'005	3'781	4'400	4'267	3'892	3'549	3'274	3'045
CO_2	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	5'393	6'410	7'098	7'285	7'293	7'293	7'293	7'293
CO_2	Bouteurs	Diesel	3'538	4'455	5'197	5'074	4'786	4'505	4'284	4'111
CO_2	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	54'994	73'577	90'168	105'007	112'487	116'983	120'535	123'400
CO_2	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	18'274	24'775	31'152	53'967	68'866	78'549	86'381	92'729
CO_2	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	65	107	1'094	4'447	5'687	6'053	6'215	6'221
CO_2	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	788	1'062	922	1'032	1'010	1'054	1'082	1'083
CO_2	Pompes tous types	Diesel	109	225	198	213	219	225	232	238
CO_2	Pompes tous types	Essence (4T)	79	92	113	118	107	108	111	114
CO_2	Compresseurs tous types	Diesel	23'575	32'825	34'089	32'963	30'323	27'747	25'658	23'967
CO_2	Nacelles	Diesel	335	729	1'155	1'473	1'686	1'812	1'912	1'997
CO_2	Locomotives de tunnel	Diesel	1'337	1'755	2'109	2'483	2'719	2'856	2'993	3'107
CO_2	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	1'148	1'931	2'853	3'512	3'822	4'035	4'209	4'348
CO_2	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	3'420	3'958	4'257	4'202	3'946	4'083	4'258	4'398
CO_2	Fraiseuses de tranchée	Diesel	92	109	121	122	123	123	123	123
CO_2	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	2'059	2'764	3'374	3'610	3'655	3'655	3'655	3'655
CO_2	Minipelles	Diesel	8'944	11'271	15'348	20'781	24'833	27'543	29'118	30'052
CO_2	Pelles sur chenilles	Diesel	48'609	69'108	106'685	130'032	142'533	150'449	156'858	162'053
CO_2	Pelles sur pneus	Diesel	20'498	25'262	35'073	30'835	28'095	26'339	24'903	23'748
CH_4	Finisseuses de routes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Vibreuses mécaniques	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	0	1	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	29	32	23	10	4	4	4	3
CH_4	Pelles à câbles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Niveleuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bouteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	2	3	3	2	1	1	1	1
CH_4	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
CH_4	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	0	1	1	0	0	0	0	0
CH_4	Pompes tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CH_4	Pompes tous types	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Compresseurs tous types	Diesel	1	2	2	1	0	0	0	0
CH_4	Nacelles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Locomotives de tunnel	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	2	2	3	1	1	1	1	1
CH_4	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Minipelles	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
CH_4	Pelles sur chenilles	Diesel	2	3	5	3	1	1	1	1
CH_4	Pelles sur pneus	Diesel	1	1	2	1	0	0	0	0
NMHC	Finisseuses de routes	Diesel	1	2	2	1	0	0	0	0
NMHC	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	9	11	10	5	2	3	3	3
NMHC	Vibreuses mécaniques	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	1	3	1	1	1	1	1
NMHC	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	11	15	13	8	5	4	4	4
NMHC	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	389	431	304	128	53	50	48	46
NMHC	Pelles à câbles	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	8	9	12	5	2	2	2	2
NMHC	Niveleuses	Diesel	4	6	7	3	1	1	1	1
NMHC	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	9	11	12	5	2	1	1	1
NMHC	Bouteurs	Diesel	5	6	8	3	1	1	1	1
NMHC	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	93	118	141	62	23	22	23	23
NMHC	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	38	49	60	38	17	18	20	21
NMHC	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	2	3	1	1	1	1
NMHC	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	12	17	14	10	6	4	5	5
NMHC	Pompes tous types	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Pompes tous types	Essence (4T)	1	2	2	1	1	0	1	1
NMHC	Compresseurs tous types	Diesel	47	65	67	22	8	7	7	6
NMHC	Nacelles	Diesel	1	1	2	1	0	0	0	0
NMHC	Locomotives de tunnel	Diesel	2	2	3	1	0	0	0	1
NMHC	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	2	3	5	2	1	1	1	1
NMHC	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	57	66	71	40	24	17	18	18
NMHC	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	4	5	6	2	1	1	1	1
NMHC	Minipelles	Diesel	31	39	52	27	14	14	15	16
NMHC	Pelles sur chenilles	Diesel	93	125	185	105	41	31	32	33
NMHC	Pelles sur pneus	Diesel	41	49	65	30	10	7	6	6
N_2O	Finisseuses de routes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
N_2O	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Vibreuses mécaniques	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pelles à câbles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Niveleuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bouteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	3	3	4	5	5	5	6	6
N_2O	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	1	1	1	2	3	4	4	4
N_2O	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pompes tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pompes tous types	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Compresseurs tous types	Diesel	1	2	2	2	1	1	1	1
N_2O	Nacelles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Locomotives de tunnel	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Minipelles	Diesel	0	0	1	1	1	1	1	1
N_2O	Pelles sur chenilles	Diesel	2	3	5	6	7	7	7	8
N_2O	Pelles sur pneus	Diesel	1	1	2	1	1	1	1	1
Benzène	Finisseuses de routes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Moutons tous types avec groupes hydraulique	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Rouleaux et compacteurs tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Vibreuses mécaniques	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pilonneuses, vibreuses à main	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pilonneuses, vibreuses à main	Essence (2T)	21	23	3	1	0	0	0	0
Benzène	Pelles à câbles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Grues à pneus et grues mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Niveleuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	PL non autorisés à circuler sur route	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bouteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chargeuses (sur pneus et chenilles) tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Benzène	Tombereaux/camions à bennes basculantes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Groupes électrogènes de secours/génératrices	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pompes tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pompes tous types	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Compresseurs tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Nacelles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Locomotives de tunnel	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraiseuses à béton/de revêtement	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraiseuses à béton/de revêtement	Essence (4T)	3	3	1	0	0	0	0	0
Benzène	Fraiseuses de tranchée	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de forage tous types (spéc. travaux publics)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Minipelles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 64 > Industrie: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	54	90	155	78	16	8	8	8
HC	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	25	41	73	63	14	7	6	6
HC	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	46	16	4	3	2	1	1	1
HC	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	6	10	10	6	2	2	2	2
HC	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	11	16	17	10	3	3	3	3
HC	Tracteurs (ind.)	Diesel	7	11	12	8	3	2	2	2
HC	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	9	14	14	11	6	4	4	4
HC	Dameuses de piste	Diesel	74	91	107	51	19	17	18	19
HC	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	7	6	2	0	0	0	0	0
HC	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
HC	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	0	1	0	0	0	0	0	0
HC	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
HC	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
HC	Génératrices aéroportuaires	Diesel	2	3	5	2	1	1	1	1
HC	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	3	5	5	3	1	1	1	1
CO	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	237	396	688	375	96	39	34	34
CO	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	425	709	1'251	1'468	642	469	464	461
CO	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	37	15	8	6	4	3	3	3
CO	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	31	47	49	31	13	9	10	10
CO	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	35	53	55	32	14	12	12	12
CO	Tracteurs (ind.)	Diesel	35	52	55	36	17	11	11	11
CO	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	156	235	251	272	271	279	285	289
CO	Dameuses de piste	Diesel	270	331	392	162	73	65	68	70
CO	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	43	37	15	4	3	4	4	4
CO	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
CO	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	2	3	2	0	0	0	0	0
CO	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	8	8	3	1	1	1	1	1
CO	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	1	2	2	2	1	0	0	0
CO	Génératrices aéroportuaires	Diesel	7	11	19	7	4	4	5	5
CO	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	1	1	1	1	0	1	1	1
CO	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	12	18	19	8	5	5	6	6
NO_X	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	277	462	747	511	184	112	109	108
NO_X	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	3	5	8	8	3	1	1	1
NO_X	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	48	80	107	37	16	12	12	12
NO_X	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	44	66	64	54	28	23	24	25
NO_X	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	81	123	120	86	39	27	27	27

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NO_X	Tracteurs (ind.)	Diesel	45	69	67	51	30	25	26	26
NO_X	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	1	2	2	1	1	1	0	0
NO_X	Dameuses de piste	Diesel	763	942	1'012	616	170	66	64	67
NO_X	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	2	2	2	2	2
NO_X	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	5	7	6	1	0	0	1	0
NO_X	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
NO_X	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	2	3	4	3	2	1	2	2
NO_X	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	1	1	1	0	0	0	0	0
NO_X	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	5	8	10	7	1	1	1	1
NO_X	Génératrices aéroportuaires	Diesel	20	32	49	28	9	4	4	5
NO_X	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	1	2	3	2	1	1	1	2
NO_X	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	36	54	52	32	18	12	13	14
PM	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	31	52	85	31	6	0	0	0
PM	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	4	6	6	3	1	0	0	0
PM	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	7	10	9	3	1	0	0	0
PM	Tracteurs (ind.)	Diesel	5	7	7	4	2	1	1	1
PM	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Dameuses de piste	Diesel	46	56	59	28	6	1	1	1
PM	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
PM	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
PM	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Génératrices aéroportuaires	Diesel	1	2	3	1	0	0	0	0
PM	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	2	3	3	1	0	0	0	0
CO_2	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	24'058	40'099	70'861	69'279	40'761	30'222	29'922	29'745
CO_2	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	1'426	2'377	4'194	4'812	1'967	1'394	1'373	1'364
CO_2	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	5'523	9'205	16'351	14'907	9'320	6'885	6'817	6'777
CO_2	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	3'537	5'369	5'732	7'819	9'236	10'068	10'552	10'834
CO_2	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	6'429	9'748	10'408	11'940	12'932	13'504	13'822	14'012
CO_2	Tracteurs (ind.)	Diesel	3'529	5'331	5'699	6'429	6'900	7'178	7'331	7'424
CO_2	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	522	788	839	890	826	829	843	854
CO_2	Dameuses de piste	Diesel	43'127	53'082	63'776	74'750	84'553	92'058	97'132	101'455
CO_2	Voitures aéroportuaires	Diesel	32	50	109	725	965	1'191	1'340	1'428
CO_2	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	1'138	1'794	2'975	2'278	2'453	2'873	3'125	3'044
CO_2	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	39	51	64	72	77
CO_2	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	276	435	722	793	1'039	1'289	1'452	1'547

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO_2	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	75	118	188	205	262	324	365	389
CO_2	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	279	439	702	797	997	1'236	1'391	1'483
CO_2	Génératrices aéroportuaires	Diesel	1'131	1'784	3'052	3'523	4'613	5'780	6'497	6'900
CO_2	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	79	125	212	246	324	404	454	484
CO_2	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	2'027	3'084	3'277	3'762	5'004	6'242	7'027	7'491
CH_4	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	1	2	4	2	0	0	0	0
CH_4	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	1	1	2	2	0	0	0	0
CH_4	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	3	1	0	0	0	0	0	0
CH_4	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tracteurs (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Dameuses de piste	Diesel	2	2	3	1	0	0	0	0
CH_4	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
CH_4	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Génératrices aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	52	87	151	76	15	8	8	8
NMHC	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	24	40	70	61	14	6	6	6
NMHC	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	43	15	4	2	1	1	1	1
NMHC	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	6	9	10	6	2	2	2	2
NMHC	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	11	16	16	10	3	3	3	3
NMHC	Tracteurs (ind.)	Diesel	7	11	11	7	3	2	2	2
NMHC	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	9	13	14	11	5	4	4	4
NMHC	Dameuses de piste	Diesel	73	89	104	49	19	17	17	18
NMHC	Voitures aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	6	5	2	0	0	0	0	0
NMHC	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
NMHC	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	0	1	0	0	0	0	0	0
NMHC	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
NMHC	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Génératrices aéroportuaires	Diesel	2	3	5	2	1	1	1	1
NMHC	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	3	5	5	3	1	1	1	1
N_2O	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	1	1	2	2	1	1	1	1

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
N_2O	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Élévateurs à fourches tous types	Gaz	0	0	1	1	0	0	0	0
N_2O	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Dameuses de piste	Diesel	2	3	3	4	4	4	5	5
N_2O	Voitures aéroportuaires	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Voitures aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Voitures aéroportuaires	Gaz	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Voitures de livraison aéroportuaires	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Voitures de livraison aéroportuaires	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Camions/bus aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Génératrices aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Élévateurs à fourches tous types	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Élévateurs à fourches tous types	Essence (4T)	1	2	1	1	0	0	0	0
Benzène	Balayeuses et nettoyeuses récureuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Plateformes élévatrices (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tracteurs (ind.)	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tracteurs (ind.)	Essence (4T)	0	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Dameuses de piste	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Génératrices aéroportuaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils d'assistance aéroportuaire	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Génératrices industrie/artisanat/services publics	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 65 > Agriculture: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	1'348	1'106	858	555	304	145	83	66
HC	Tracteurs agricoles	Diesel	477	502	513	350	172	101	70	56
HC	Moissonneuses-batteuses	Diesel	19	22	23	9	2	2	2	2
HC	Pulvérisateurs	Diesel	7	6	4	3	1	0	0	0
HC	Ensileuses	Diesel	2	3	3	2	1	1	1	1
HC	Faucheuses à deux essieux	Diesel	1	16	32	26	10	7	7	7
HC	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	38	39	40	21	6	3	3	3
HC	Chargeuses	Diesel	2	6	11	10	5	4	4	4
HC	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	1'295	1'452	1'459	621	259	251	248	246
HC	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	1	3	7	9	9	8	2
HC	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	9	11	10	12	11	10	5
HC	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	1	1	1	1	1
CO	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	23'228	19'059	14'862	10'929	8'094	6'412	5'489	4'992
CO	Tracteurs agricoles	Diesel	2'223	2'408	2'559	1'726	848	481	321	252
CO	Moissonneuses-batteuses	Diesel	105	130	137	47	10	7	7	7
CO	Pulvérisateurs	Diesel	30	25	19	13	5	3	2	2
CO	Ensileuses	Diesel	12	15	19	14	4	2	2	2
CO	Faucheuses à deux essieux	Diesel	5	69	140	122	55	35	30	31
CO	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	163	176	189	103	34	18	13	12
CO	Chargeuses	Diesel	7	27	46	48	29	20	18	19
CO	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	2'770	3'105	3'342	2'767	2'378	2'165	2'134	2'117
CO	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	2	8	21	28	27	25	9
CO	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	163	199	184	249	283	301	301
CO	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	2	2	2	3	3
NO_X	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	157	129	101	68	42	22	12	8
NO_X	Tracteurs agricoles	Diesel	2'862	3'307	3'631	2'641	1'412	805	585	490
NO_X	Moissonneuses-batteuses	Diesel	192	269	271	114	22	7	7	7
NO_X	Pulvérisateurs	Diesel	31	28	21	14	8	6	5	5
NO_X	Ensileuses	Diesel	25	32	38	28	10	2	2	2
NO_X	Faucheuses à deux essieux	Diesel	5	78	154	160	107	85	86	88
NO_X	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	177	213	233	144	65	41	36	33
NO_X	Chargeuses	Diesel	8	30	47	64	56	57	61	63
NO_X	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	6	7	9	21	28	27	27	27
NO_X	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	3	17	44	56	54	41	25
NO_X	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	1	1	1	2	1	1	1
NO_X	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	10	3	3	3	4
PM	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tracteurs agricoles	Diesel	318	343	355	252	122	47	19	6

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
PM	Moissonneuses-batteuses	Diesel	13	15	15	6	1	0	0	0
PM	Pulvérisateurs	Diesel	4	3	3	2	1	0	0	0
PM	Ensileuses	Diesel	1	2	2	2	1	0	0	0
PM	Faucheuses à deux essieux	Diesel	1	9	18	18	9	3	0	0
PM	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	20	23	25	15	5	2	0	0
PM	Chargeuses	Diesel	1	3	6	7	5	2	0	0
PM	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	0	2	5	5	4	3	1
PM	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
CO_2	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	77'893	63'912	49'760	36'226	25'917	19'646	16'388	14'788
CO_2	Tracteurs agricoles	Diesel	225'159	252'544	284'805	273'706	271'475	267'208	262'590	260'443
CO_2	Moissonneuses-batteuses	Diesel	11'208	15'267	16'781	12'604	9'629	9'981	10'025	10'035
CO_2	Pulvérisateurs	Diesel	2'480	2'147	1'706	1'466	1'300	1'139	1'028	963
CO_2	Ensileuses	Diesel	1'385	1'824	2'281	2'656	2'948	3'134	3'210	3'258
CO_2	Faucheuses à deux essieux	Diesel	409	6'030	12'524	17'203	20'683	22'092	22'841	23'363
CO_2	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	13'989	16'192	18'312	15'179	13'157	11'413	10'334	9'714
CO_2	Chargeuses	Diesel	646	2'340	4'035	7'501	10'050	11'444	12'284	12'825
CO_2	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	9'579	10'738	11'296	8'462	6'351	5'578	5'497	5'452
CO_2	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	284	1'474	3'803	5'105	5'982	6'581	6'967
CO_2	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	546	663	610	819	907	951	899
CO_2	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	1'855	3'193	3'976	4'433	4'700
CH_4	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	46	38	29	19	10	5	3	2
CH_4	Tracteurs agricoles	Diesel	11	12	12	9	4	2	2	1
CH_4	Moissonneuses-batteuses	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
CH_4	Pulvérisateurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Ensileuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Faucheuses à deux essieux	Diesel	0	0	1	1	0	0	0	0
CH_4	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
CH_4	Chargeuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	91	102	102	43	18	18	17	17
CH_4	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
NMHC	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	1'302	1'068	829	536	294	140	80	63
NMHC	Tracteurs agricoles	Diesel	466	490	500	341	168	98	68	55
NMHC	Moissonneuses-batteuses	Diesel	19	22	22	9	2	2	2	2
NMHC	Pulvérisateurs	Diesel	7	6	4	3	1	0	0	0
NMHC	Ensileuses	Diesel	2	3	3	2	1	1	1	1
NMHC	Faucheuses à deux essieux	Diesel	1	15	31	25	9	7	7	7

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NMHC	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	37	38	40	21	6	3	3	3
NMHC	Chargeuses	Diesel	2	6	10	10	4	4	4	4
NMHC	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	1'204	1'350	1'357	577	241	233	230	228
NMHC	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	1	3	7	9	9	8	2
NMHC	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	9	11	9	12	11	10	5
NMHC	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	1	1	1	1	1
N_2O	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	1	1	1	1	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs agricoles	Diesel	8	10	11	11	11	10	10	10
N_2O	Moissonneuses-batteuses	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
N_2O	Pulvérisateurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Ensileuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Faucheuses à deux essieux	Diesel	0	0	1	1	1	1	1	1
N_2O	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	1	1	1	1	1	0	0	0
N_2O	Chargeuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	1
N_2O	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Faucheuses à un essieu/ monoaxes	Essence (4T)	67	55	7	4	2	1	1	1
Benzène	Tracteurs agricoles	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
Benzène	Moissonneuses-batteuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pulvérisateurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Ensileuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Faucheuses à deux essieux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Transporteurs & autochargeuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chargeuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tronçonneuses agricoles	Essence (2T)	65	73	12	5	2	2	2	2
Benzène	Tracteurs (loisirs)	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tracteurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Arracheuses à betteraves	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0

Tab. 66 > Exploitation forestière: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	987	1'316	1'024	303	127	111	103	98
HC	Débroussailleuses	Essence (2T)	13	70	110	30	12	10	9	9
HC	Autres petits engins	Essence (2T)	50	45	36	13	5	5	5	5
HC	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	29	26	21	10	3	2	2	2
HC	Récolteuses	Diesel	-	0	2	1	0	0	0	0
HC	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	1	2	4	2	1	1	1	1
HC	Écorceuses mobiles	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
HC	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
HC	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	1	4	3	1	1	1	1
HC	Grues classiques à câble	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Grues mobiles à câble	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
HC	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
CO	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	2'088	2'785	2'448	1'557	1'158	959	887	847
CO	Débroussailleuses	Essence (2T)	27	147	262	228	170	127	115	108
CO	Autres petits engins	Essence (2T)	105	95	82	61	50	43	42	41
CO	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	147	132	112	51	14	9	9	8
CO	Récolteuses	Diesel	-	1	10	4	1	1	1	1
CO	Processeurs	Diesel	0	1	1	1	0	0	0	0
CO	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	3	9	21	10	3	3	3	3
CO	Écorceuses mobiles	Diesel	1	3	3	1	0	0	0	0
CO	Pelles sur pneus	Diesel	0	2	3	2	1	1	1	1
CO	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	8	22	13	5	5	5	5
CO	Grues classiques à câble	Diesel	4	5	4	2	1	0	0	0
CO	Grues mobiles à câble	Diesel	0	3	5	2	0	0	0	0
CO	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	1	0	0	0	0
NO_X	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	4	6	8	14	14	12	11	11
NO_X	Débroussailleuses	Essence (2T)	0	0	1	2	1	1	1	1
NO_X	Autres petits engins	Essence (2T)	0	0	0	1	1	1	1	1
NO_X	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	220	199	169	94	30	16	15	15
NO_X	Récolteuses	Diesel	-	2	16	10	2	1	1	1
NO_X	Processeurs	Diesel	0	1	2	1	1	0	0	0
NO_X	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	6	17	36	28	6	3	3	3
NO_X	Écorceuses mobiles	Diesel	1	5	6	3	1	0	0	0
NO_X	Pelles sur pneus	Diesel	1	3	5	5	2	0	1	1
NO_X	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	15	37	35	8	5	5	5
NO_X	Grues classiques à câble	Diesel	5	7	6	3	1	0	0	0
NO_X	Grues mobiles à câble	Diesel	1	6	8	5	1	0	0	0
NO_X	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	2	1	0	0	0
PM	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Débroussailleuses	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
PM	Autres petits engins	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	22	19	15	7	2	0	0	0
PM	Récolteuses	Diesel	-	0	1	1	0	0	0	0
PM	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	0	1	2	1	0	0	0	0
PM	Écorceuses mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	1	2	2	0	0	0	0
PM	Grues classiques à câble	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
PM	Grues mobiles à câble	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
PM	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
CO_2	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	7'266	9'688	8'254	4'771	3'073	2'471	2'285	2'183
CO_2	Débroussailleuses	Essence (2T)	93	513	883	587	400	327	296	278
CO_2	Autres petits engins	Essence (2T)	366	329	281	190	132	112	108	105
CO_2	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	15'789	14'099	12'773	11'419	10'740	9'893	9'298	8'935
CO_2	Récolteuses	Diesel	-	108	1'033	1'400	1'317	1'337	1'337	1'337
CO_2	Processeurs	Diesel	10	59	134	138	161	170	173	175
CO_2	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	330	979	2'285	3'703	4'284	4'703	4'884	4'975
CO_2	Écorceuses mobiles	Diesel	73	293	367	294	224	151	76	76
CO_2	Pelles sur pneus	Diesel	32	182	321	491	660	748	808	841
CO_2	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	865	2'381	4'695	5'936	6'525	6'858	7'024
CO_2	Grues classiques à câble	Diesel	446	547	472	416	353	275	221	185
CO_2	Grues mobiles à câble	Diesel	38	431	664	655	508	412	412	412
CO_2	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	284	520	635	698	741
CH_4	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	69	92	72	21	9	8	7	7
CH_4	Débroussailleuses	Essence (2T)	1	5	8	2	1	1	1	1
CH_4	Autres petits engins	Essence (2T)	3	3	3	1	0	0	0	0
CH_4	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
CH_4	Récolteuses	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Ecorceuses mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Grues classiques à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Grues mobiles à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
NMHC	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	918	1'224	953	282	118	103	96	91
NMHC	Débroussailleuses	Essence (2T)	12	65	102	28	11	10	9	8
NMHC	Autres petits engins	Essence (2T)	46	42	34	12	5	5	5	4
NMHC	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	29	25	21	10	3	2	2	2
NMHC	Récolteuses	Diesel	-	0	2	1	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NMHC	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	1	2	4	2	1	1	1	1
NMHC	Écorceuses mobiles	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
NMHC	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	1	4	3	1	1	1	1
NMHC	Grues classiques à câble	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Grues mobiles à câble	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Débroussailleuses	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Autres petits engins	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
N_2O	Récolteuses	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Écorceuses mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Grues classiques à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Grues mobiles à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Tronçonneuses, expl. forestière	Essence (2T)	49	66	8	2	1	1	1	1
Benzène	Débroussailleuses	Essence (2T)	1	3	1	0	0	0	0	0
Benzène	Autres petits engins	Essence (2T)	2	2	0	0	0	0	0	0
Benzène	Débusqueurs à treuil et à pince	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Récolteuses	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Processeurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Broyeuses/déchiqueteuses	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Écorceuses mobiles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles sur pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Porteurs et tracteurs forestiers	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Grues classiques à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Grues mobiles à câble	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Combinés câble-mât mobiles	Diesel	-	-	-	0	0	0	0	0

Tab. 67 > Horticulture/loisirs: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	10	10	2	2	2
HC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	101	507	941	325	112	111	111	111
HC	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	8	40	75	38	14	14	14	14
HC	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	2	0	0	0	0
HC	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	9	97	21	1	1	1	1
HC	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	30	34	36	31	22	16	16	16
HC	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	91	45	-	-	-	-	-	-
HC	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	13	34	66	42	25	17	17	17
HC	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	335	364	358	190	95	97	98	98
HC	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	5	17	15	9	7	7	7
HC	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	13	15	18	16	10	7	7	7
HC	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	3	5	4	4	1	1	1
HC	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	17	20	17	13	10	3	3	3
HC	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	17	26	24	19	6	5	5
HC	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	10	-	-	-	-	-	-
HC	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	65	65	60	29	11	11	11	11
HC	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	5	5	5	2	2	2
HC	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	28	8	3	3	3	3
HC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	1	1	0	0	0
HC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	12	61	115	38	12	11	11	11
HC	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	1	3	6	4	2	2	2	2
HC	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
HC	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	4	3	1	1	1	1
HC	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	70	91	113	88	67	47	46	46
HC	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	114	72	-	-	-	-	-	-
HC	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	1	3	6	5	3	2	2	2
HC	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	137	137	129	73	28	28	28	28
HC	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
HC	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	4	4	5	3	3	2	2	2
HC	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
HC	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	31	47	46	34	22	7	6	6
HC	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	2	3	2	2	1	0	0
HC	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	1	-	-	-	-	-	-
HC	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	1	1	0	0	0	0
CO	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	96	128	137	139	140
CO	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	214	1'072	2'112	1'813	1'606	1'353	1'351	1'350

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	17	84	167	202	196	168	169	169
CO	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	21	5	6	6	6
CO	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	20	215	108	17	14	14	14
CO	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	546	614	676	880	895	913	918	919
CO	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	192	96	-	-	-	-	-	-
CO	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	232	579	1'153	1'333	1'334	1'353	1'358	1'359
CO	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	708	769	815	904	888	844	849	849
CO	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	87	290	374	373	381	383	383
CO	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	217	264	308	401	400	408	410	410
CO	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	31	43	55	58	59	59	59
CO	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	159	191	158	154	148	148	148	148
CO	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	144	228	282	294	300	301	302
CO	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	22	-	-	-	-	-	-
CO	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	136	136	134	162	160	139	140	140
CO	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	44	73	87	90	91	92
CO	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	66	41	32	28	28	28
CO	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	12	16	17	17	17
CO	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	28	142	281	201	169	139	137	137
CO	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	1	7	14	23	25	21	21	21
CO	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	1	1	1	1	1
CO	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	1	10	15	16	14	14	14
CO	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	1'557	2'002	2'481	2'595	2'634	2'663	2'672	2'674
CO	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	252	155	-	-	-	-	-	-
CO	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	27	67	134	155	161	163	163	163
CO	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	318	318	313	384	396	342	342	342
CO	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	11	11	11	14	14	14	14	14
CO	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	1	2	3	3	3	3	3
CO	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	83	101	118	108	103	102	102	102
CO	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	3	5	7	7	7	7	7
CO	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	300	442	433	392	339	339	340	340
CO	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	18	28	28	27	27	27	27
CO	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	3	-	-	-	-	-	-
CO	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	8	11	15	15	16	16	16
NO_X	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	1	1	0	0	0
NO_X	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	0	2	6	13	12	12	12	12
NO_X	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	1	1	2	2	2
NO_X	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
NO_X	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	0	1	1	0	0	0	0
NO_X	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	4	4	5	5	5	2	2	2
NO_X	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	0	0	-	-	-	-	-	-

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NO_X	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	2	4	8	6	5	2	2	2
NO_X	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	1	2	2	7	10	11	11	11
NO_X	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	1	2	2	2	1	1	1
NO_X	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	1	2	2	2	2	1	1	1
NO_X	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	0	1	1	1	1	0	0	0
NO_X	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	0	1	2	2	1	1	1
NO_X	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
NO_X	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	1	1	1	1	1
NO_X	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	0	1	1	0	0	0
NO_X	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	0	0	0	0	0	0
NO_X	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
NO_X	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	0	0	1	1	1	1	1	1
NO_X	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
NO_X	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	11	15	18	17	15	6	5	5
NO_X	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	1	0	-	-	-	-	-	-
NO_X	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	0	0	1	1	1	0	0	0
NO_X	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	1	1	1	3	3	3	3	3
NO_X	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	1	1	1	1	1	0	0	0
NO_X	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	1	1	2	3	2	1	1	1
NO_X	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
NO_X	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
PM	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
PM	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
CO_2	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	318	412	415	422	423
CO_2	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	746	3'731	7'252	4'984	3'738	3'485	3'479	3'477
CO_2	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	59	294	573	560	455	433	435	435
CO_2	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	70	17	17	17	17
CO_2	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	68	742	302	39	36	36	36
CO_2	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	1'804	2'029	2'217	2'843	2'703	2'703	2'716	2'720
CO_2	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	669	334	-	-	-	-	-	-
CO_2	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	777	1'942	3'850	4'280	4'028	4'005	4'019	4'023
CO_2	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	2'464	2'675	2'788	2'793	2'354	2'174	2'185	2'188
CO_2	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	291	971	1'231	1'127	1'126	1'132	1'133
CO_2	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	728	884	1'030	1'319	1'207	1'207	1'213	1'214
CO_2	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	105	148	178	181	178	179	179
CO_2	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	544	652	539	506	466	448	448	448
CO_2	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	503	795	929	926	908	912	913
CO_2	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	77	-	-	-	-	-	-
CO_2	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	475	475	459	445	373	358	359	360
CO_2	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	148	232	271	273	276	277

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO_2	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	222	127	85	73	72	71
CO_2	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	40	51	50	51	51
CO_2	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	94	472	919	545	393	356	353	352
CO_2	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	5	24	47	62	57	55	55	55
CO_2	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	2	3	4	4	4
CO_2	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	3	33	41	38	37	37	37
CO_2	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	4'852	6'255	7'758	8'015	7'972	7'891	7'906	7'912
CO_2	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	857	534	-	-	-	-	-	-
CO_2	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	84	210	419	479	487	482	483	484
CO_2	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	1'052	1'052	1'025	1'042	921	878	881	882
CO_2	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	34	34	34	42	43	43	42	42
CO_2	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	2	6	9	10	10	10	10
CO_2	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	257	312	366	331	313	303	303	302
CO_2	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	11	17	21	20	21	21	21
CO_2	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	1'012	1'506	1'478	1'293	1'068	1'029	1'028	1'028
CO_2	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	59	94	91	87	83	83	83
CO_2	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	10	-	-	-	-	-	-
CO_2	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	25	36	46	46	46	46	46
CH_4	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
CH_4	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	7	35	66	23	8	8	8	8
CH_4	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	1	3	5	3	1	1	1	1
CH_4	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
CH_4	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	1	7	1	0	0	0	0
CH_4	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	1	1	1	1	1	1	1	1
CH_4	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	6	3	-	-	-	-	-	-
CH_4	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	0	1	2	1	1	1	1	1
CH_4	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	23	25	25	13	7	7	7	7
CH_4	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	1	0	0	0	0	0
CH_4	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	0	1	1	1	0	0	0	0
CH_4	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	1	1	1	0	0	0	0	0
CH_4	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	1	1	1	1	0	0	0
CH_4	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	1	-	-	-	-	-	-
CH_4	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	5	5	4	2	1	1	1	1
CH_4	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	0	0	0	0	0	0
CH_4	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	2	1	0	0	0	0
CH_4	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
CH_4	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	1	4	8	3	1	1	1	1

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CH_4	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
CH_4	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	2	3	4	3	2	2	2	2
CH_4	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	8	5	-	-	-	-	-	-
CH_4	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	10	10	9	5	2	2	2	2
CH_4	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	1	2	2	1	1	0	0	0
CH_4	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
CH_4	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	9	10	2	2	2
NMHC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	94	472	875	302	104	103	103	103
NMHC	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	7	37	70	36	13	13	13	13
NMHC	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	2	0	0	0	0
NMHC	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	9	90	20	1	1	1	1
NMHC	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	29	33	35	30	21	15	15	15
NMHC	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	84	42	-	-	-	-	-	-
NMHC	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	13	32	64	41	24	17	17	17
NMHC	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	311	338	333	176	88	90	91	91
NMHC	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	5	16	14	9	6	6	6
NMHC	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	12	15	17	15	10	7	7	7
NMHC	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	3	4	4	4	1	1	1
NMHC	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	16	20	16	13	9	3	2	2
NMHC	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	16	25	23	18	5	5	5
NMHC	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	10	-	-	-	-	-	-
NMHC	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	60	60	55	27	10	11	11	11
NMHC	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	4	5	5	1	2	2
NMHC	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	26	7	3	3	3	3
NMHC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	1	1	0	0	0
NMHC	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	11	57	107	35	11	11	10	10
NMHC	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	1	3	5	4	2	2	2	2
NMHC	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
NMHC	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	4	3	1	1	1	1
NMHC	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	68	88	109	85	65	45	44	44
NMHC	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	106	67	-	-	-	-	-	-

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NMHC	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	1	3	6	5	3	2	2	2
NMHC	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	127	127	120	68	26	26	26	26
NMHC	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	4	4	5	3	3	2	2	2
NMHC	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	30	45	45	33	21	7	6	6
NMHC	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	2	3	2	2	1	0	0
NMHC	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	1	-	-	-	-	-	-
NMHC	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	1	1	0	0	0	0
N_2O	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	0	0	-	-	-	-	-	-
N_2O	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
N_2O	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	0	0	0	0	0	0
N_2O	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
N_2O	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	0	0	-	-	-	-	-	-
N_2O	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
N_2O	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
N_2O	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (prof.)	Essence (2T)	5	25	8	3	1	1	1	1
Benzène	Taille-haies (prof.)	Essence (2T)	0	2	1	0	0	0	0	0
Benzène	Souffleuses (prof.)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Souffleuses (prof.)	Essence (2T)	-	0	1	0	0	0	0	0
Benzène	Tondeuses (prof.)	Essence (4T)	2	2	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tondeuses (prof.)	Essence (2T)	5	2	-	-	-	-	-	-
Benzène	Tondeuses automotrices (prof.)	Essence (4T)	1	2	1	0	0	0	0	0
Benzène	Tronçonneuses (prof.)	Essence (2T)	17	18	3	2	1	1	1	1
Benzène	Scarificateurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraiseuses/motobineuses (prof.)	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Broyeurs (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraises à neige (prof.)	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (4T)	-	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de nettoyage (prof.)	Essence (2T)	-	1	-	-	-	-	-	-
Benzène	Tronçonneuses à meule (prof.)	Essence (2T)	3	3	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de forage (prof.)	Essence (4T)	-	-	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de forage (prof.)	Essence (2T)	-	-	0	0	0	0	0	0
Benzène	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Débroussailleuses, coupe-bordures, débroussailleuses (loisirs)	Essence (2T)	1	3	1	0	0	0	0	0
Benzène	Taille-haies (loisirs)	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Souffleuses (loisirs)	Essence (4T)	-	-	-	0	0	0	0	0
Benzène	Souffleuses (loisirs)	Essence (2T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tondeuses (loisirs)	Essence (4T)	3	5	1	1	1	0	0	0
Benzène	Tondeuses (loisirs)	Essence (2T)	6	4	-	-	-	-	-	-
Benzène	Tondeuses automotrices (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tronçonneuses (loisirs)	Essence (2T)	7	7	1	1	0	0	0	0
Benzène	Motoneiges (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Scarificateurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraiseuses/motobineuses (loisirs)	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Broyeurs (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Fraises à neige (loisirs)	Essence (4T)	2	2	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Appareils de nettoyage (loisirs)	Essence (2T)	-	0	-	-	-	-	-	-
Benzène	Fendeurs de bûches (prof.)	Essence (4T)	-	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 68 > Bateaux: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Voiliers avec moteur	Diesel	17	18	11	5	3	3	2	2
HC	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	7	8	6	4	4	4	4	4
HC	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	59	64	26	5	4	4	4	4
HC	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	31	28	16	7	3	2	2	2
HC	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	200	183	89	33	37	34	32	30
HC	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	4	3	1	0	0	0	0	0
HC	Canots à moteur de location et privés	Diesel	27	29	16	8	5	3	3	3
HC	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	708	769	358	113	169	179	182	184
HC	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	164	178	71	10	11	11	11	11
HC	Bateaux de passagers	Diesel	239	225	239	181	107	61	37	22
HC	Bateaux de passagers	Vapeur	1	1	0	0	0	0	0	0
HC	Chalands	Diesel	92	144	106	76	47	31	21	14
HC	Ferries	Diesel	38	38	59	47	29	17	10	6
HC	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	7	9	9	7	5	3	2	1
HC	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	10	11	10	4	2	1	1	1
CO	Voiliers avec moteur	Diesel	11	12	11	10	8	7	7	7
CO	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	95	103	73	54	52	50	48	47
CO	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	123	134	82	51	48	45	44	43
CO	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	25	23	18	16	14	13	12	12
CO	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	2'563	2'348	1'146	471	613	563	527	506
CO	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	7	7	4	2	2	2	2	2
CO	Canots à moteur de location et privés	Diesel	33	36	29	31	32	33	34	34
CO	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	10'558	11'471	5'199	2'078	3'646	3'853	3'917	3'955
CO	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	344	374	205	121	130	134	136	137
CO	Bateaux de passagers	Diesel	218	205	243	254	221	183	163	153
CO	Bateaux de passagers	Vapeur	1	1	1	1	1	1	1	1
CO	Chalands	Diesel	75	117	96	96	89	82	78	76

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO	Ferries	Diesel	35	35	61	68	60	53	49	47
CO	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	7	9	10	12	13	12	11	11
CO	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	6	7	7	8	7	7	8	8
NO_X	Voiliers avec moteur	Diesel	21	23	19	18	14	13	12	12
NO_X	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	1	1	2	2	2	2	2	2
NO_X	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	3	3	2	2	2	2	2	2
NO_X	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	51	47	39	38	23	16	15	14
NO_X	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	23	21	39	42	35	32	30	29
NO_X	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Canots à moteur de location et privés	Diesel	54	58	48	53	38	30	30	30
NO_X	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	101	110	196	234	237	243	247	250
NO_X	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	7	8	6	5	5	5	5	5
NO_X	Bateaux de passagers	Diesel	454	427	505	485	355	208	130	92
NO_X	Bateaux de passagers	Vapeur	4	5	6	4	4	4	4	3
NO_X	Chalands	Diesel	155	243	199	183	143	96	68	53
NO_X	Ferries	Diesel	73	73	127	129	97	59	38	27
NO_X	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	17	21	25	26	22	13	8	5
NO_X	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	12	14	15	13	9	7	7	7
PM	Voiliers avec moteur	Diesel	2	2	2	2	1	1	1	1
PM	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	1	1	0	0	0	-	-	-
PM	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	4	4	4	3	2	0	0	0
PM	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0	0	0	0	0	-	-	-
PM	Canots à moteur de location et privés	Diesel	4	4	4	5	3	0	0	0
PM	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	2	2	1	1	0	-	-	-
PM	Bateaux de passagers	Diesel	26	25	28	22	12	7	4	2
PM	Bateaux de passagers	Vapeur	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Chalands	Diesel	9	14	11	9	5	3	2	1
PM	Ferries	Diesel	4	4	7	6	3	2	1	1
PM	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	1	1	1	1	1	0	0	0
PM	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
CO_2	Voiliers avec moteur	Diesel	2'050	2'227	1'929	1'999	1'899	1'804	1'747	1'713
CO_2	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	351	381	336	286	258	246	238	233
CO_2	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	459	499	331	238	223	211	205	201
CO_2	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	3'937	3'607	3'251	3'449	3'150	2'889	2'706	2'595
CO_2	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	9'540	8'740	7'948	6'426	5'373	4'844	4'533	4'348

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO_2	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	27	25	17	11	9	8	8	7
CO_2	Canots à moteur de location et privés	Diesel	4'213	4'578	3'981	4'893	5'388	5'636	5'734	5'789
CO_2	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	37'570	40'822	35'953	31'827	31'965	33'016	33'564	33'889
CO_2	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	1'250	1'359	904	650	670	689	701	707
CO_2	Bateaux de passagers	Diesel	25'560	24'040	28'393	30'883	30'464	29'100	28'072	27'700
CO_2	Bateaux de passagers	Vapeur	6'119	8'140	10'847	11'650	10'693	10'155	9'768	9'615
CO_2	Chalands	Diesel	8'760	13'712	11'236	11'691	12'354	12'717	12'951	13'080
CO_2	Ferries	Diesel	4'085	4'085	7'149	8'222	8'313	8'361	8'386	8'407
CO_2	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	982	1'194	1'425	1'683	1'973	2'148	2'239	2'291
CO_2	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	757	865	974	1'086	1'203	1'290	1'342	1'373
CH_4	Voiliers avec moteur	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	4	4	2	0	0	0	0	0
CH_4	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	10	9	4	2	2	2	2	2
CH_4	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Canots à moteur de location et privés	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	35	38	18	6	8	9	9	9
CH_4	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	11	12	5	1	1	1	1	1
CH_4	Bateaux de passagers	Diesel	1	1	1	1	1	0	0	0
CH_4	Bateaux de passagers	Vapeur	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Chalands	Diesel	0	1	0	0	0	0	0	0
CH_4	Ferries	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Voiliers avec moteur	Diesel	17	18	11	5	3	3	2	2
NMHC	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	7	7	5	4	4	4	4	4
NMHC	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	55	59	24	4	4	4	4	4
NMHC	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	31	28	16	6	3	2	2	2
NMHC	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	190	174	84	31	35	32	30	29
NMHC	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	3	3	1	0	0	0	0	0
NMHC	Canots à moteur de location et privés	Diesel	27	29	16	8	4	3	3	3
NMHC	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	673	731	340	107	160	170	173	174
NMHC	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	152	166	66	10	10	10	10	11
NMHC	Bateaux de passagers	Diesel	238	224	238	180	106	61	37	22
NMHC	Bateaux de passagers	Vapeur	0	1	0	0	0	0	0	0
NMHC	Chalands	Diesel	92	144	106	76	47	31	21	14
NMHC	Ferries	Diesel	38	38	58	47	28	17	10	6
NMHC	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	7	8	9	7	5	3	2	1

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
NMHC	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	10	11	10	4	2	1	1	1
N_2O	Voiliers avec moteur	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Canots à moteur de location et privés	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	1	1	1	1	1	1	1	1
N_2O	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de passagers	Diesel	1	1	1	2	1	1	1	1
N_2O	Bateaux de passagers	Vapeur	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Chalands	Diesel	0	1	1	1	1	1	1	1
N_2O	Ferries	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Voiliers avec moteur	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Voiliers avec moteur	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Voiliers avec moteur	Essence (2T)	3	3	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de pêche et de travail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de pêche et de travail	Essence (4T)	10	9	1	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de pêche et de travail	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Canots à moteur de location et privés	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Canots à moteur de location et privés	Essence (4T)	35	38	3	1	1	1	1	1
Benzène	Canots à moteur de location et privés	Essence (2T)	8	9	1	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de passagers	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de passagers	Vapeur	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chalands	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Ferries	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de transport de marchandises sur le Rhin, moteurs principaux	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	-

Tab. 69 > Rail: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Locomotives de manœuvre	Diesel	53	60	74	50	38	24	14	12
HC	Locotracteurs	Diesel	1	2	2	0	0	0	0	0
HC	Tracteurs rail	Diesel	9	22	22	13	8	6	2	2
CO	Locomotives de manœuvre	Diesel	187	213	262	239	181	141	104	97
CO	Locotracteurs	Diesel	1	5	5	0	1	1	1	1
CO	Tracteurs rail	Diesel	20	51	52	36	29	26	23	22
NO_X	Locomotives de manœuvre	Diesel	376	442	555	436	325	208	120	106
NO_X	Locotracteurs	Diesel	4	14	14	0	1	1	1	1
NO_X	Tracteurs rail	Diesel	55	139	143	99	63	45	21	18
PM	Locomotives de manœuvre	Diesel	18	21	26	5	2	1	1	1
PM	Locotracteurs	Diesel	0	1	1	0	0	0	0	0
PM	Tracteurs rail	Diesel	3	8	8	2	1	0	0	0
CO_2	Locomotives de manœuvre	Diesel	17'865	20'421	25'025	29'600	22'558	22'590	22'590	22'590
CO_2	Locotracteurs	Diesel	194	778	754	14	222	222	222	222
CO_2	Tracteurs rail	Diesel	2'973	7'490	7'740	6'607	6'237	6'246	6'246	6'246
CH_4	Locomotives de manœuvre	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
CH_4	Locotracteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Tracteurs rail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Locomotives de manœuvre	Diesel	52	60	73	49	38	24	13	12
NMHC	Locotracteurs	Diesel	1	2	2	0	0	0	0	0
NMHC	Tracteurs rail	Diesel	9	22	22	12	8	6	2	2
N_2O	Locomotives de manœuvre	Diesel	1	1	1	1	1	1	1	1
N_2O	Locotracteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Tracteurs rail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Locomotives de manœuvre	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Locotracteurs	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Tracteurs rail	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 70 > Armée: émissions (en t/a)

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
HC	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
HC	Famille Leo	Diesel	2	2	2	1	1	1	1	1
HC	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Chars de grenadiers	Diesel	15	15	12	1	1	1	0	0
HC	Autres blindés	Diesel	-	1	2	9	4	2	2	2
HC	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	1	1	0	0	0	0
HC	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
HC	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
HC	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
HC	Autres embarcations	Essence (4T)	1	1	1	0	0	0	0	0
HC	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
HC	Groupes électrogènes	Diesel	3	3	3	1	1	0	0	0
HC	Groupes électrogènes	Essence (4T)	18	18	18	11	6	4	4	4
HC	Groupes électrogènes	Essence (2T)	31	31	29	13	5	5	5	5
HC	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
HC	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CO	Famille Pz 68	Diesel	2	2	2	-	-	-	-	-
CO	Famille Leo	Diesel	12	11	12	7	4	4	4	4
CO	Chars d'assaut	Diesel	2	2	2	2	1	1	1	1
CO	Chars de grenadiers	Diesel	82	82	70	6	6	6	1	1
CO	Autres blindés	Diesel	-	3	12	48	17	9	7	7
CO	Véhicules de reconnaissance	Diesel	1	1	8	5	2	1	1	1
CO	Chargeuses sur chenilles	Diesel	2	2	2	1	0	0	0	0
CO	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	5	5	5	2	1	0	0	0
CO	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	4	4	4	1	0	0	0	0
CO	Pelles-araignées militaires	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
CO	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
CO	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
CO	Camions-grues	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
CO	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CO	Autres embarcations	Essence (4T)	11	12	7	4	5	5	5	5
CO	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
CO	Groupes électrogènes	Diesel	9	9	9	5	2	2	2	2
CO	Groupes électrogènes	Essence (4T)	362	362	362	357	344	344	344	344
CO	Groupes électrogènes	Essence (2T)	66	66	65	56	49	46	46	46
CO	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Famille Pz 68	Diesel	4	4	4	-	-	-	-	-
NO_X	Famille Leo	Diesel	26	26	26	15	9	8	8	6
NO_X	Chars d'assaut	Diesel	4	4	4	3	2	2	1	1
NO_X	Chars de grenadiers	Diesel	154	154	132	12	12	12	3	3
NO_X	Autres blindés	Diesel	-	7	25	103	38	14	9	9
NO_X	Véhicules de reconnaissance	Diesel	1	1	15	10	4	1	1	1
NO_X	Chargeuses sur chenilles	Diesel	4	4	4	2	0	0	0	0
NO_X	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	10	10	9	5	1	0	0	0
NO_X	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	7	7	6	3	1	0	0	0
NO_X	Pelles-araignées militaires	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
NO_X	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
NO_X	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
NO_X	Camions-grues	Diesel	2	2	2	1	0	0	0	0
NO_X	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	1	1	1
NO_X	Autres embarcations	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_X	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
NO_X	Groupes électrogènes	Diesel	21	21	19	13	7	5	5	5
NO_X	Groupes électrogènes	Essence (4T)	3	3	3	2	1	1	1	1
NO_X	Groupes électrogènes	Essence (2T)	0	0	0	0	1	1	1	1
NO_X	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	1	1	1	1
NO_X	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	1	1	1	1	1	1	0
PM	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
PM	Famille Leo	Diesel	1	1	1	1	0	0	0	0
PM	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Chars de grenadiers	Diesel	9	9	8	1	1	1	0	0
PM	Autres blindés	Diesel	-	0	1	2	0	0	0	0
PM	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	1	0	0	0	0	0
PM	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
PM	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
PM	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
PM	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	Autres embarcations	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
PM	Groupes électrogènes	Diesel	2	2	2	1	0	0	0	0
PM	Groupes électrogènes	Essence (4T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Groupes électrogènes	Essence (2T)	-	-	-	-	-	-	-	-
PM	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
PM	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CO_2	Famille Pz 68	Diesel	268	283	298	-	-	-	-	-
CO_2	Famille Leo	Diesel	1'733	1'733	1'733	1'025	590	525	525	525
CO_2	Chars d'assaut	Diesel	289	289	289	218	125	125	94	94
CO_2	Chars de grenadiers	Diesel	10'424	10'424	8'958	1'063	1'063	1'063	325	325
CO_2	Autres blindés	Diesel	-	482	1'829	12'483	12'540	12'540	12'540	12'540
CO_2	Véhicules de reconnaissance	Diesel	88	93	1'114	1'139	1'144	1'144	1'144	1'144
CO_2	Chargeuses sur chenilles	Diesel	255	255	256	260	263	263	263	263
CO_2	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	570	570	571	581	587	587	587	587
CO_2	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	400	400	401	408	412	412	412	412
CO_2	Pelles-araignées militaires	Diesel	75	75	75	77	77	77	77	77
CO_2	Bulldozer	Diesel	23	26	29	-	-	-	-	-
CO_2	Engin de battage	Diesel	-	-	29	29	27	27	27	27
CO_2	Camions-grues	Diesel	132	132	132	135	28	6	6	6
CO_2	Bateaux de patrouille	Diesel	44	44	43	51	56	71	71	71
CO_2	Autres embarcations	Essence (4T)	43	45	46	41	37	38	38	38
CO_2	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	16	16	16	16
CO_2	Groupes électrogènes	Diesel	1'340	1'341	1'342	1'359	1'366	1'366	1'366	1'366
CO_2	Groupes électrogènes	Essence (4T)	1'163	1'163	1'161	1'124	1'039	1'018	1'018	1'018
CO_2	Groupes électrogènes	Essence (2T)	229	229	222	174	132	119	119	119
CO_2	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	206	206	206	206
CO_2	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	34	34	35	35	35	35	35
CH_4	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
CH_4	Famille Leo	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Chars de grenadiers	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Autres blindés	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
CH_4	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
CH_4	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Autres embarcations	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
CH_4	Groupes électrogènes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_4	Groupes électrogènes	Essence (4T)	1	1	1	0	0	0	0	0
CH_4	Groupes électrogènes	Essence (2T)	2	2	2	1	0	0	0	0
CH_4	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CH_4	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
NMHC	Famille Leo	Diesel	2	2	2	1	1	1	1	1
NMHC	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Chars de grenadiers	Diesel	14	14	12	1	1	1	0	0
NMHC	Autres blindés	Diesel	-	1	2	9	4	2	2	2
NMHC	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	1	1	0	0	0	0
NMHC	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	1	1	1	0	0	0	0	0
NMHC	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
NMHC	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
NMHC	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
NMHC	Autres embarcations	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
NMHC	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
NMHC	Groupes électrogènes	Diesel	3	3	3	1	1	0	0	0
NMHC	Groupes électrogènes	Essence (4T)	18	18	17	11	6	4	4	4
NMHC	Groupes électrogènes	Essence (2T)	29	29	27	12	5	5	5	5
NMHC	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
NMHC	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
N_2O	Famille Leo	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Chars de grenadiers	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Autres blindés	Diesel	-	0	0	1	1	1	1	1
N_2O	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
N_2O	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
N_2O	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Autres embarcations	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
N_2O	Groupes électrogènes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Groupes électrogènes	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Groupes électrogènes	Essence (2T)	0	0	0	0	0	0	0	0
N_2O	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0

Polluant	Catégorie	Type de moteur	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
N_2O	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Famille Pz 68	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
Benzène	Famille Leo	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chars d'assaut	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chars de grenadiers	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Autres blindés	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Véhicules de reconnaissance	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Chargeuses sur chenilles	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles chargeuses à pneus	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles sur chenilles militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Pelles-araignées militaires	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bulldozer	Diesel	0	0	0	-	-	-	-	-
Benzène	Engin de battage	Diesel	-	-	0	0	0	0	0	0
Benzène	Camions-grues	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Bateaux de patrouille	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Autres embarcations	Essence (4T)	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Assortiment d'inondations	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
Benzène	Groupes électrogènes	Diesel	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzène	Groupes électrogènes	Essence (4T)	1	1	0	0	0	0	0	0
Benzène	Groupes électrogènes	Essence (2T)	2	2	0	0	0	0	0	0
Benzène	Système de pont d'appui 46m	Diesel	-	-	-	-	0	0	0	0
Benzène	Assortiment transport d'eau	Diesel	-	0	0	0	0	0	0	0

A14 Groupes d'experts et leurs membres

A14-1 Machines de chantier/Industrie

Nom	Entreprise/organisation	Association
Roger Widmer	Probst Maveg AG	VSBM (Association de l'Industrie des machines de chantier)
Nicole Loichat	Schweizerischer Baumeisterverband	SSE (Société suisse des entrepreneurs)
Urs Ritter	Linde MH Schweiz	swisslifter (Association suisse des chariots élévateurs)
Fulvio Sartori	Seilbahnen Schweiz	SBS (Remontées mécaniques suisses)
René Boschung	Marcel Boschung AG	SIK (Association suisse des intérêts des fabricants et négociants en machines et engins pour la voirie)
François Jaussi	Liebherr Machines Bulle SA	–

A14-2 Agricultre/Exploitation forestière

Nom	Entreprise/organisation	Association
Marco Landis	Institut de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon	–
Willi von Atzigen	Association suisse pour l'équipe-ment technique de l'agriculture	ASETA (Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture)
Daniel Bernhard	Matra	ASMA (Association Suisse de la machine agricole)
Pius Wiss	Wiss AG	EFS (Entrepreneurs forestiers suisses)
Dr. Oliver Thees	Institut fédéral de recherches WSL	–

A14-3 Petits engins

Nom	Entreprise/organisation
Hugo Helbling	Husqvarna Schweiz AG
Martin Buser	Husqvarna Schweiz AG
Eric Krebs	Honda Motor Europe Ltd
Arthur Lörli	Walker Vertriebs AG

A14-4 Spécialistes des moteurs

Nom	Entreprise/organisation
François Jaussi	Liebherr Machines Bulle SA
Marco Landis	Institut de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon

> Répertoire

Définitions

Catégorie de machines
Partie d'un groupe de machines.
(p. ex. les machines de chantier sont subdivisées plusieurs catégories: excavatrices hydrauliques, grues sur pneus/mobiles, chargeuses, tombereaux, fraiseuses de tranchée, pompes, etc., voir annexe 2).

Coefficient d'émission
Émission spécifique, c'est-à-dire production d'émissions rapportée à une grandeur de référence (p. ex. émission par distance parcourue [g/km], par travail fourni [g/kWh] ou par consommation de carburant [g/kg]).

Facteur de charge
Rapport entre la puissance effective et la puissance nominale d'une machine.

Groupe de machines
Dans ce rapport, les machines et engins du secteur non routier sont subdivisés en huit groupes appelés groupes de machines, à savoir: machines de chantier, industrie, agriculture, exploitation forestière, horticulture/loisirs, bateaux, rail et armée (voir annexe 2).

Secteur non routier
Englobe toutes les machines et engins mobiles équipés d'un moteur à combustion, et qui ne servent pas à transporter des personnes ou des marchandises par la route.
(Remarque: les véhicules tout-terrain appelés «offroader» [voitures de tourisme lourdes] ne font pas partie du secteur non routier.)

Segment de machines
Partie d'une catégorie de machines.
(p. ex. excavatrices hydrauliques à moteur diesel de plus de 37 kW).

Sous-segment de machines
Partie d'un segment de machines, qui regroupe les machines d'une même année de construction (corrélation avec les niveaux d'émission).

Structure quantitative
Décrit la composition quantitative d'un objet ou d'un procédé, en ce sens qu'elle indique une quantité pour chaque composante.
Dans le présent rapport, la structure quantitative du secteur non routier englobe les composantes «effectifs» et «heures de service», différenciées par catégories de machines, types de moteur, classes de puissance et années de construction.

Abréviations

AESN
Association des entreprises suisses de navigation

ART
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon

ASETA
Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture

ASMA
Association Suisse de la machine agricole

BLA
Base logistique de l'armée

CFF
Chemins de fer fédéraux suisses

CFVhc
Contrôle fédéral des véhicules

CH_4
Méthane

CO
Monoxyde de carbone

CO_2
dioxyde de carbone

CORINAIR
Core Inventory of Air Emissions

DB
Deutsche Bahn (Chemins de fer allemands)

DDPS
Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports

DGD
Direction générale des douanes

EEA
European Environment Agency

EFS
Entrepreneurs forestiers suisses

EMPA
Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches, Dübendorf

EPA
Environmental Protection Agency (USA)

Euro 1/I, 2/II, 3/III, 4/IV, 5/V
Prescriptions européennes sur les gaz d'échappement applicables aux véhicules à moteur légers et lourds

FAT
Station fédérale de recherche en économie et technologie agricoles de Tänikon

FC
Consommation de carburant (fuel consumption)

FW
Exploitation forestière

HC
Hydrocarbures

IFEU
Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg

KWF
Kuratorium für Wald- und Forstwirtschaft e.V. (Allemagne)

LBZ
Recensement des entreprises agricoles

LW
Agriculture

MOFIS

Registre automatisé des véhicules et des détenteurs de véhicules, banque de données du Contrôle fédéral des véhicules (CFVhc)

N_2O
protoxyde d'azote, également appelé gaz hilarant

NMHC
Hydrocarbures non méthaniques (Non-Methane Hydrocarbons), terme générique groupant tous les hydrocarbures sauf le méthane

NO_X
Oxydes d'azote

OEMB
Ordonnance sur les prescriptions relatives aux gaz d'échappement des moteurs de bateaux dans les eaux suisses (OEMB; RS 747.201.3)

OFEFP
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne (jusqu'à fin 2005)

OFEN
Office fédéral de l'énergie

OFEV
Office fédéral de l'environnement, Berne (depuis 2006)

OFS
Office fédéral de la statistique

PM
Particules fines (Particulate Matters)

SBS
SBS (Remontées mécaniques suisses)

SBV
SSE (Société suisse des entrepreneurs)

SIK
SIK (Association suisse des intérêts des fabricants et négociants en machines et engins pour la voirie)

UE
Union Européenne

UIC
Union Internationale des Chemins de Fer

VKS
Association des services (cantonaux) de la navigation

VSBM
Association des fabricants et négociants suisses de machines pour entrepreneurs

Figures

Fig. 1
Émissions de polluants réglementés dues au secteur non routier en 2010 14

Fig. 2
Émissions de polluants non réglementés du secteur non routier en 2010 16

Fig. 3
Évolution relative des émissions polluantes du secteur non routier comparativement aux valeurs de l'année 2010 18

Fig. 4
Segmentation de la banque de données du secteur non routier à l'exemple de la composition d'un segment de machines ou d'engins 25

Fig. 5
Modèle des effectifs à l'exemple des finisseuses de routes (groupe machines de chantier) 27

Fig. 6
Diminution des heures de service annuelles d'une machine en fonction de son âge 28

Fig. 7
Répartition des effectifs et des heures de service des excavatrices hydrauliques et des tombereaux selon leur âge 29

Fig. 8
Comparaison des valeurs limites d'émission et des coefficients d'émission: oxydes d'azote (NO_x) 38

Fig. 9
Comparaison des valeurs limites d'émission et des coefficients d'émission: particules fines (PM) 39

Fig. 10
Coefficients d'émission des divers niveaux d'émission pour les moteurs diesel 40

Fig. 11
Détermination d'un sous-segment à partir d'un segment et d'un niveau d'émission 42

Fig. 12
Sensibilité des émissions de NO_X à l'introduction retardée de niveaux d'émission 43

Fig. 13
Illustration des niveaux d'émission pour les finisseuses de routes (machines de chantier) 44

Fig. 14
Effectifs par groupes de machines et types de moteurs en 2010 51

Fig. 15
Évolution des effectifs par groupes de machines (1980–2050) 52

Fig. 16
Évolution des effectifs par types de moteur (1980–2050) 52

Fig. 17
Évolution des effectifs de moteurs diesel par classes de puissance (1980–2050, sans les bateaux et les véhicules routiers en usage dans les aéroports) 53

Fig. 18
Heures de service moyennes par engin et par an 54

Fig. 19
Somme des heures de service par groupes de machines et types de moteur en 2010 55

Fig. 20
Évolution des heures de services totales par groupes de machines (1980–2050) 56

Fig. 21
Évolution des heures de service spécifiques par engin et par an (1980–2050) 57

Fig. 22
Évolution des heures de service totales des machines diesel par classes de puissance (1980–2050, sans les bateaux et les véhicules routiers en usage dans les aéroports) 58

Fig. 23
Évolution de l'effectif des machines diesel équipées d'origine ou a posteriori de filtres à particules 60

Fig. 24
Machines de chantier: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 62

Fig. 25
Industrie: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 64

Fig. 26
Machines agricoles: effectifs 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 66

Fig. 27
Exploitation forestière: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 68

Fig. 28
Horticulture/loisirs: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 70

Fig. 29
Bateaux: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 72

Fig. 30
Rail: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 74

Fig. 31
Armée: effectifs en 2010 et évolution des heures de service (1980–2050) 76

Fig. 32
Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010 in PJ/a 78

Fig. 33
Évolution de la consommation d'énergie du secteur non routier 80

Fig. 34
Émissions de polluants réglementés du secteur non routier en 2010 82

Fig. 35
Émissions de polluants atmosphériques non réglementés du secteur non routier en 2010 83

Fig. 36
Évolution relative des émissions du secteur non routier comparativement aux valeurs de 2010 85

Fig. 37
Évolution des émissions polluantes 86

Fig. 38
Répartition de l'âge des machines de chantier et des machines agricoles 87

Fig. 39
Évolution des émissions de CO_2 du secteur non routier 88

Fig. 40
Machines de chantier: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 90

Fig. 41
Machines de chantier: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 92

Fig. 42
Industrie: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 94

Fig. 43
Industrie: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 96

Fig. 44
Machines agricoles: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 98

Fig. 45
Machines agricoles: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 100

Fig. 46
Exploitation forestière: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 102

Fig. 47
Exploitation forestière: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 104

Fig. 48
Horticulture/loisirs: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 106

Fig. 49
Horticulture/loisirs: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 108

Fig. 50
Bateaux: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 110

Fig. 51
Bateaux: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 112

Fig. 52
Rail: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 114

Fig. 53
Rail: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 116

Fig. 54
Armée: consommation d'énergie en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 118

Fig. 55
Armée: émissions en 2010 et évolution temporelle (1980–2050) 120

Fig. 56
Machines de chantier et machines agricoles: évolution effective des émissions de particules et plage influençable par la législation suisse 124

Fig. 57
Comparaison de la structure quantitative actuelle avec le rapport UW-0828 129

Fig. 58
Machines diesel: comparaison avec les coefficients d'émission du rapport UW-0828 131

Fig. 59
Engins à essence: comparaison avec les coefficients d'émission du rapport UW-0828 132

Fig. 60
Comparaison de la consommation d'énergie de l'année 2010 avec les valeurs pronostiquées dans le rapport UW-0828, par groupes de machines 133

Fig. 61
Comparaison de l'évolution de la consommation d'énergie avec le rapport UW-0828 134

Fig. 62
Comparaison des émissions pour 2010 avec les valeurs pronostiquées dans le rapport UW-0828, par groupes de machines 136

Fig. 63
Comparaison de l'évolution des émissions de polluants réglementés avec le rapport UW-0828 137

Tableaux

Tab. 1
Effectifs et heures de service du secteur non routier en 2010 12

Tab. 2
Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010 13

Tab. 3
Émissions de polluants réglementés dues au secteur non routier en 2010 15

Tab. 4
Émissions de polluants non réglementés du secteur non routier en 2010 17

Tab. 5
Comparaison entre le secteur non routier et le trafic routier pour 2010 19

Tab. 6
Valeurs limites d'émission de l'UE pour les machines diesel non routières (en g/kWh) 31

Tab. 7
Année d'entrée en vigueur des valeurs limites de l'UE applicables aux machines diesel 32

Tab. 8
Comparaison des valeurs des trois sources de données et des coefficients d'émission fixés par les spécialistes des moteurs (uniquement valeurs d'émissions de particules) 36

Tab. 9
Émissions de deux importants types de véhicules ferroviaires des CFF 41

Tab. 10
Facteurs dynamiques de catégories de machines données 47

Tab. 11
Facteurs de détérioration (jusqu'au niveau d'émission UE IIIA) 48

Tab. 12
Structure quantitative du secteur non routier pour l'année 2010 55

Tab. 13
Installation prévue de filtres à particules dans les moteurs à partir de 18 kW des niveaux d'émission UE IIIB et UE IV, par fabricant 59

Tab. 14
Consommation d'énergie du secteur non routier en 2010 79

Tab. 15
Émissions de polluants réglementés du secteur non routier en 2010 83

Tab. 16
Émissions de polluants atmosphériques non réglementés du secteur non routier en 2010 84

Tab. 17
Comparaison du secteur non routier et du trafic routier en 2010 122

Tab. 18
Émissions polluantes spécifiques du secteur non routier et du trafic routier en 2010 123

Tab. 19
Comparaison des facteurs de charge avec ceux du rapport UW-0828 127

Tab. 20
Groupes et catégories de machines du secteur non routier 141

Tab. 21
Valeurs limites d'émission de l'UE pour les machines diesel du secteur non routier (en g/kWh) 146

Tab. 22
Année de mise en vigueur des valeurs limites d'émission pour les machines diesel du secteur non routier 147

Tab. 23
Valeurs limites d'émission de l'UE pour les petits engins à essence (en g/kWh) 148

Tab. 24
Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur diesel (en g/kWh) 149

Tab. 25
Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur diesel (en g/kWh) 151

Tab. 26
Valeurs limites d'émission pour les bateaux à moteur à essence (en g/kWh) 152

Tab. 27
Valeurs limites d'émission pour les véhicules ferroviaires (en g/kWh) 153

Tab. 28
Coefficients d'émission des machines diesel (en g/kWh) – polluants réglementés 154

Tab. 29
Coefficients d'émission des machines diesel (en g/kWh) – polluants non réglementés 156

Tab. 30
Hypothèses relatives à l'entrée en vigueur des niveaux d'émission 157

Tab. 31
Coefficients d'émission des machines à gaz (en g/kWh) 158

Tab. 32
Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 4 temps (en g/kWh) – polluants réglementés 159

Tab. 33
Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 4 temps (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène 160

Tab. 34
Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 2 temps (en g/kWh) – polluants réglementés 161

Tab. 35
Coefficients d'émission des engins à moteur à essence à 2 temps (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène 162

Tab. 36
Coefficients d'émission des bateaux diesel (en g/kWh) 163

Tab. 37
Coefficients d'émission des bateaux diesel (en g/kWh) 164

Tab. 38
Coefficients d'émission des bateaux à essence (en g/kWh) – polluants réglementés 166

Tab. 39
Coefficients d'émission des bateaux à essence (en g/kWh) – polluants non réglementés à l'exception du benzène 167

Tab. 40
Coefficients d'émission des bateaux à vapeur (en g/kWh) 168

Tab. 41
Coefficients d'émission des véhicules ferroviaires (en g/kWh) 169

Tab. 42
Rendement des machines et des engins électriques 170

Tab. 43
Émissions de benzène des moteurs à essence, par année 171

Tab. 44
Facteurs de conversion pour la détermination des émissions de CO_2 172

Tab. 45
Facteurs de correction permettant de déterminer les émissions de particules fines (PM) lors de l'utilisation de filtres à particules 173

Tab. 46
Puissances nominales, facteurs de charge normaux et facteurs de charge effectifs pour les différentes catégories de machines 174

Tab. 47
Catégories de machines avec émissions polluantes dynamiques 178

Tab. 48
Effectifs 179

Tab. 49
Heures de service totales (en mio. h/a) 179

Tab. 50
Heures de service spécifiques (en h/a) 179

Tab. 51
Effectifs et heures de service par catégories de machines 180

Tab. 52
Consommation d'énergie et émissions polluantes du secteur non routier 184

Tab. 53
Consommation d'énergie par groupes de machines (en PJ/a) 185

Tab. 54
Émissions par groupes de machines (en t/a) 186

Tab. 55
Machines de chantier: consommation d'énergie (en PJ/a) 188

Tab. 56
Industrie: consommation d'énergie (en PJ/a) 189

Tab. 57
Agriculture: consommation d'énergie (en PJ/a) 190

Tab. 58
Exploitation forestière: consommation d'énergie (en PJ/a) 190

Tab. 59
Horticulture/loisirs: consommation d'énergie (en PJ/a) 191

Tab. 60
Bateaux: consommation d'énergie (en PJ/a) 192

Tab. 61
Rail: Consommation d'énergie (in PJ/a) 193

Tab. 62
Armée: consommation d'énergie (en PJ/a) 193

Tab. 63
Machines de chantier: émissions (en t/a) 194

Tab. 64
Industrie: émissions (en t/a) 201

Tab. 65
Agriculture: Emissionen (in t/a) 205

Tab. 66
Exploit. forestière: Emissionen (in t/a) 208

Tab. 67
Horticulture/loisirs: Emissionen (in t/a) 211

Tab. 68
Bateaux: émissions (en t/a) 219

Tab. 69
Rail: émissions (en t/a) 223

Tab. 70
Armée: émissions (en t/a) 224

Bibliographie

Ammann H. 2007: Berechnung der mittleren Auslastung von Traktoren, Zweiachsmähern und Transportern. Internes Arbeitspapier (nicht veröffentlicht). Agroscope ART, Tänikon.

BLS 2012: Rapport de gestion 2012. [www.bls.ch/d/unternehmen/investorrelations-geschbericht-2012.pdf].

BUWAL 1996: Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors. Umweltmaterialien Nr. 49. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

BUWAL 1997: Offroad-Motoren: Abgase vermindern. Report No. 1/97 Sonderdruck.

BUWAL 1999: Aromatenfreie Gerätebenzine lassen Maschinisten aufatmen.

CFF 2012: Les CFF: faits et chiffres. [www.sbb.ch/content/sbb/de/desktop/sbb-konzern/medien/publikationen/geschaefts-nachhaltigkeitsbericht/archiv/_jcr_content/contentPar/downloadlist/downloadList/_p_sbb_gb_2012_br_p_.spooler.download.pdf].

De Haan P., Zah R. 2013: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. TA-Swiss 59/2013. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-Swiss).

Dieterich K. 2012: «Lösungen für die Energiewende – Energieforschung bei Bosch» in Zusammenarbeit von Forschung und Wirtschaft für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz. ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE), Umweltforum Berlin. [www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2012-2/th2012_02_02.pdf].

DLG 2008: DLG-Prüfberichte, Testzentrum Technik & Betriebsmittel. [www.dlg.org/landtechnik.html?&L=51].

Dolder 2014: Nennmindesteffizienz und Effizienzklassen von Elektromotoren. [www.dolder-ing.ch/wissen/Elektro/elektro-motor_wirkungsgrad_effizienz.htm].

EC 1997: Directive 97/68/CE du Parlement européen et du Conseil sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, Bruxelles.

EC 2004: Directive 2004/26/CE du Parlement européen et du Conseil, du 21 avril 2004, modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, Bruxelles.

EC 2014: Non-Road Mobile Machinery. Revision of Directive 97/68/EC. Presentation held at the GEME (Expert group on emissions from Non-Road Mobile Machinery Engine) Meeting of Feb. 13, 2014 (nicht publiziert).

EEA 2013: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013. Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories.

EMPA 2006: Stellungnahme zum Anhörungsverfahren über die Revision der Binnenschifffahrtsverordnung und der Abgasvorschrifte für Schiffsmotoren. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf.

EPA 2004: Exhaust and Crankcase Emission Factors for Non routier Engine Modelling – Compression Ignition.

EWI 2005: Neue Offroad-Datenbank 2000. Mengengerüste. Jaakko Pöyry Infra (ehemals Elektrowatt Infra, EWI) und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (nicht veröffentlicht).

EZV 2014: Swiss-Impex. [www.swiss-impex.admin.ch/].

Fridell E., Bäckström S., Jerksjö M., Lindgren M. 2014: «Emissions from Non-Road Mobile Machinery – Focus on Engine Load» in Graz, Austria.

IFEU 2003: Erarbeitung von Basisemissionsdaten des dieselbetriebenen Schienenverkehrs unter Einbeziehung möglicher Schadstoffminderungstechnologien. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg.

IFEU 2004: Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg.

IFEU 2009: Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMOD-MM). Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg.

IFEU 2013: Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg.

INFRAS 2008: Einsatzfelder und Nutzung des Alkylatbenzins. Lagebericht für die Schweiz im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt und der Schweizerischen Metallunion. Bern.

INFRAS 2012: Luftschadstoffemissionen der Schifffahrt in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft. [www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/lufthygiene/aktuell/aktionsplan_schiffsemissionen-bsbl-infras.pdf].

Integer 2013: Emissions Control in Non-Road Mobile Machinery (NRMM) Markets: 2013 Edition. Integer Research Limited, London.

Jardin Suisse 2012: Zahlen zum Schweizerischen Gartenbau. [www.jardinsuisse.ch/nc/fr/portrait/les-metiers-de-lhorticulture.html].

KWF 2012: KWF – Forstmaschinenstatistik zeigt deutliche Stabilisierung des Marktes. [www.kwf-tagung.org/fr/aktuelles/news-detailanzeige/eintrag/39.html].

Ledermann T., Schneider F. 2008: Verbreitung der Direktsaat in der Schweiz. Agrarforschung 15(8), 408–413.

Mayer A. 2005: Elimination of Engine Generated Nanoparticles. expert Verlag, Renningen.

Nipkow J. 1989: Elektrizität sparen bei Motoren. Schweizer Ingenieur und Architekt 18(107). [www.dx.doi.org/10.5169/seals-77095].

OFEN 2011: Statistique globale de l'énergie 2010. [www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_385997457.pdf].

OFEV 2008: Consommation de carburant et émissions polluantes du secteur non routier. Étude pour les années 1980–2020. Connaissance de l'environnement n° 0828. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.

OFEV 2009: Protection de l'air sur les chantiers. Directive concernant les mesures d'exploitation et les mesures techniques visant à limiter les émissions de polluants atmosphériques des chantiers (Directive Air Chantiers). Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01014/index.html?lang=fr].

OFEV 2010: Émissions polluantes du trafic routier de 1990–2035. Mise à jour 2010. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.

OFEV 2014: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2012. National Inventory Report 2014. [www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/13193/index.html?lang=en].

Off-Highway Research 2005: The Market for Construction Equipment and Agricultural Tractors in Switzerland. September 2005.

Off-Highway Research 2008: The Market for Construction Equipment and Agricultural Tractors in Switzerland. November 2008.

Off-Highway Research 2012: The Market for Construction Equipment and Agricultural Tractors in Switzerland. April 2012.

OFS 2012: STAT-TAB. Banque de données interactive de l'Office fédéral de la statistique. Office fédéral de la statistique (OFS), Neuchâtel. [www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/onlinedb/stattab.html].

OFS 2014: Évolution de la population. Population résidante permanente selon les trois scénarios de base. [www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/03/blank/key/ent_erw.html].

SBS 2014: Stellungnahme Seilbahnen Schweiz (SBS): Vernehmlassungsantwort zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes betreffend teilweise Befreiung der Treibstoffe für Pistenfahrzeuge von der Mineralölsteuer. [www.seilbahnen.org/de/index.php?section=downloads&download=1102].

SBV 2013: BIV 2013. Betriebsinterne Verrechnungsansätze und Inventar-Grunddaten. Schweizerischer Baumeisterverband (SBV).

TASPO 2013: Bosch Gartengeräte-Absatz: «Starke Verkaufsdynamik». TASPO. [www.taspo.de/aktuell/alle-news/detail/beitrag/56716-bosch-gartengeraete-absatz-starke-verkaufsdynamik.html].

VÖV 2012: Marktanalyse und Marktprognose Schienengüterverkehr 2030. VÖV (Verband öffentlicher Verkehr) in Zusammenarbeit mit INFRAS Forschung und Beratung, BAKBasel und IVT (Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich), Bern.