

D9-COMBUSTIBLES ET CARBURANTS

LE TERME **COMBUSTIBLE** DÉSIGNE AU SENS STRICT TOUTE SUBSTANCE DESTINÉE À ÊTRE BRÛLÉE POUR PRODUIRE DE LA FORCE (VIA UNE EXPLOSION) OU DE LA CHALEUR, VOIRE LES DEUX (INSTALLATIONS DE COUPLAGE CHALEUR-FORCE). LA CHALEUR PROVIENT DU PROCESSUS DE COMBUSTION, AU COURS DUQUEL LE **CARBONE** ET L'**HYDROGÈNE** CONTENUS DANS LE COMBUSTIBLE RÉAGISSENT AVEC L'OXYGÈNE. CETTE COMBUSTION REJETTE DANS L'AIR DES ÉMISSIONS NOCIVES (**MONOXYDE DE CARBONE [CO]**, **PARTICULES FINES**, **SUIES**, **OXYDES D'AZOTE [NO_x]**, ETC.) AINSI QUE DIVERS **GAZ À EFFET DE SERRE** (**DIOXYDE DE CARBONE [CO₂]**, **MÉTHANE [CH₄]**, ETC.).

ON DISTINGUE TOUTEFOIS DEUX TYPES DE SUBSTANCES¹:

→ LES **COMBUSTIBLES**, QUI SERVENT ESSENTIELLEMENT À APPORTER DE LA CHALEUR DANS DES LOCAUX OU LORS DE PROCESSUS INDUSTRIELS

→ LES **CARBURANTS**, QUI PERMETTENT DE PRODUIRE DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE.

LA PRÉSENTE FICHE INTÈGRE CETTE DISTINCTION.



¹ Voir notamment la Loi sur la réduction des émissions de CO₂ et la Loi sur l'imposition des huiles minérales

D9-COMBUSTIBLES ET CARBURANTS

PROBLÉMATIQUE

CONTEXTE

Le dérèglement climatique et la raréfaction des **énergies fossiles** constituent deux enjeux majeurs auxquels notre société doit faire face. Afin de relever ce défi, le canton de Genève a décidé d'adopter le principe de la «société à 2000 watts» dans sa Conception générale de l'énergie. Cette vision préconise de réduire massivement la consommation énergétique globale, sans pour autant diminuer le confort. Les actions prévues pour réaliser cet objectif sont décrites dans le Plan directeur de l'énergie de Genève. Dans le canton de Vaud, de nombreuses mesures permettant de lutter contre le **réchauffement climatique** et de tendre vers une «société à 2000 watts» ont été mises en place ces dernières années. De plus, dans le cadre de son Programme de législature, le Conseil d'État vaudois a fixé des objectifs ambitieux en matière énergétique.

Pour atteindre la Société à 2000 watts sans nucléaire, il est nécessaire de réduire la consommation de combustibles et de carburants fossiles de manière importante, de les utiliser de façon rationnelle et de favoriser le recours aux **énergies renouvelables**. Avant de choisir un combustible ou un carburant «responsable», il convient donc d'agir sur les priorités suivantes:

Pour les combustibles:

- > Diminution de la demande (notamment par une meilleure performance thermique des enveloppes des bâtiments)
- > Utilisation rationnelle de l'énergie
- > Développement des **énergies renouvelables**, qui présentent un meilleur bilan environnemental (sur l'air et le climat)

Pour les carburants:

- > Diminution de la demande accompagnée d'une réduction des transports individuels motorisés, notamment par une **planification territoriale** adaptée (optimiser l'offre de transports publics et densifier la ville autour de ceux-ci) et par le développement de la «**mobilité douce**»
- > Valorisation des motorisations entraînant moins d'impacts sur l'environnement et la santé de la population

Cette fiche sert donc à orienter les choix après avoir exploité au maximum les mesures citées ci-dessus.

COMBUSTIBLES

→ Les **combustibles fossiles** sont tirés de ressources naturelles s'étant formées à partir de la **biomasse** sédimentée en milieu aquatique selon un long et lent processus de transformation géologique intervenu il y a 340 à 140 millions d'années. On les trouve sous différentes formes:

Combustibles fossiles

	Description	Exemples
Combustibles fossiles solides	Matériaux à forte teneur en carbone provenant d'une transformation de matière organogène s'étant déroulée sur une très longue période	→ Charbon à coke → Autres charbons bitumineux et anthracite → Charbon sous-bitumineux → Lignite → Tourbe
Combustibles fossiles liquides	Produits à base de pétrole brut ou de sa transformation	→ Mazout
Combustibles fossiles gazeux	Gaz naturels issus du charbon ou du pétrole se composant principalement de méthane (CH₄)	→ Gaz naturel (méthane) → Gaz de houille → Propane → Butane

Au niveau mondial, en 2012, la part des combustibles fossiles avoisinait 82% des approvisionnements totaux en énergie primaire².

² Key world energy statistics, 2014 > www.iea.org

→ Les **biocombustibles** ou **combustibles renouvelables** sont des combustibles issus de la **biomasse**. Ils rassemblent tous les éléments organiques créés par photosynthèse n'ayant pas été transformés par des processus géologiques (par opposition à la «**biomasse fossile**» – pétrole, charbon, gaz naturel).

Combustibles renouvelables (ou non fossiles)

	Description	Exemples
Biocombustibles solides	Matières organiques non fossiles et d'origine biologique pouvant être utilisées comme combustible pour la production de chaleur ou d'électricité	→ Pellets de bois → Particules de bois → Bûches de bois → Charbon de bois
Biocombustibles liquides	Combustibles d'origine biologique utilisés sous forme liquide, tirés aujourd'hui principalement de cultures vivrières (palmier à huile, canne à sucre, maïs, colza, sorgho, blé, sucre de bois, etc.)	→ Bioéthanol
Biocombustibles gazeux	Gaz composés essentiellement de méthane et de gaz carbonique produits par digestion anaérobie (méthanisation) de la biomasse	→ Biogaz (méthane)

CARBURANTS

Les **carburants** sont des combustibles qui permettent d'alimenter un moteur thermique transformant l'énergie chimique en énergie mécanique. Le pétrole est privilégié dans les moteurs à combustion en raison de sa forte densité énergétique, de sa consistance liquide à pression et température ambiantes, et de son faible coût de fabrication.

La dépendance quasi-complète des moyens de déplacement envers le pétrole, l'augmentation des émissions de **gaz à effet de serre** et autres émissions polluantes liées aux transports ainsi que l'épuisement des réserves d'énergie ont conduit au développement de nouvelles technologies pour les carburants – gaz naturel carburant (GNC), gaz de pétrole liquéfié (GPL), **biocarburants**, etc.

On distingue également deux types de carburants, selon qu'ils ont une origine géologique (**carburants fossiles**) ou qu'ils sont renouvelables au rythme de l'exploitation actuelle (**carburants renouvelables** ou **biocarburants**).

Carburants fossiles

	Description	Exemples
Carburants liquides	Carburants d'origine fossile constitués principalement d' hydrocarbures , de composés minéraux (soufre) et de métaux lourds (plomb, cuivre) . La composition chimique de ces carburants influence grandement leurs propriétés physiques (courbe de distillation, viscosité, densité, etc.), leurs caractéristiques énergétiques (pouvoir calorifique, indice d' octane ou de cétane , vitesse de flamme) ³ , et les émissions dont ils sont la source	→ Essence → Diesel → Kérosène → Essence alkylée
Carburants gazeux		→ Gaz naturel carburant (GNC) → Gaz de pétrole liquéfié carburant (GPLc)

³ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) > www2.ademe.fr

Carburants renouvelables (ou non fossiles)

	Description	Exemples
Biocarburants liquides	Liquides combustibles produits à partir de la biomasse et destinés aux moteurs de traction. Ils peuvent être utilisés soit en tant que substituts directs aux combustibles fossiles soit comme compléments dilués avec ces derniers dans les circuits classiques d'approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> → Bioéthanol: produit de la fermentation de plantes riches en sucre/amidon → Biodiesel: produit à partir de la bio-masse ou d'huile de friture et utilisé comme biocarburant → Ethyl tertio butyl éther ETBE: bioéthanol estérifié → Biométhanol: méthanol produit à partir de la biomasse
Biocarburants gazeux	Gaz combustibles produits par fermentation de matières organiques réalisée en l'absence d'oxygène par des populations bactériennes	→ Biogaz (méthane)

PRODUCTION

Extraction, transport, stockage, raffinage

L'**extraction** mondiale de combustibles fossiles a augmenté de 30% entre 1980 et 2002 (prévision: +39% entre 2002 et 2020). L'épuisement des réserves oblige à explorer et extraire les ressources (surtout le pétrole) dans des milieux toujours plus difficiles d'accès liés à des forages profonds (nappes sous couches de sel, eaux profondes et très profondes, huiles extra lourdes, sables asphaltiques et **schistes bitumineux**), avec des conséquences environnementales et économiques très importantes. L'extraction des sables bitumineux nécessite des quantités considérables d'eau douce et d'énergie (souvent du gaz naturel) et augmente très sensiblement les émissions de **gaz à effet de serre** et d'autres polluants atmosphériques.

Épuisement des réserves

Les ressources naturelles dont sont issus les combustibles et carburants fossiles sont non renouvelables, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas se régénérer aussi rapidement qu'elles sont exploitées par l'homme.

L'estimation des réserves de combustibles fossiles exploitables fait l'objet de débats, car elle dépend de nombreux paramètres, dont la totalité des quantités de combustibles disponibles, les fluctuations de prix ainsi que l'évolution des infrastructures, des technologies, des cadres politiques et régulateurs et de la géopolitique⁴. Les experts s'accordent néanmoins sur le fait que les réserves s'épuisent à un rythme très rapide. Selon différentes études⁵, les réserves connues exploitables au niveau mondial⁶, en tablant sur une consommation stable, sont les suivantes:

- pour le pétrole, de 40 à 90 ans
- pour le gaz naturel, de 60 à 67 ans
- pour le charbon, entre 164 et 200 ans.

La répartition géographique des réserves de combustibles fossiles est très inégale. La majeure partie des réserves conventionnelles restantes de pétrole brut et de gaz naturel se trouve au Proche-Orient et en Russie; cette zone renferme 70% des réserves de pétrole et 65% des réserves de gaz naturel. La dépendance énergétique d'un grand nombre de pays et la pollution engendrée par ces combustibles montrent l'importance de stabiliser la consommation de combustibles fossiles et de la remplacer en grande partie par des sources énergétiques renouvelables locales comme la **biomasse**, la force hydraulique ou l'énergie éolienne. Mais cette substitution ne doit se faire que si les systèmes d'exploitation agricoles, forestiers et hydrologiques sont conçus et gérés de manière durable et responsable. Une mauvaise exploitation ou une surexploitation des **énergies renouvelables** peut en effet avoir, elle aussi, des conséquences très néfastes sur le plan environnemental et social (**déforestation**, catastrophes liées à la construction ou à la rupture de barrages, problèmes liés à la surexploitation des sols pour la production de **biocarburants**, etc.).

⁴ www.uneca.org

⁵ Revue Environnement, OFEV, 2009, Direction générale de l'énergie et des matières premières, France (DGEMP) 2003, Institut français de l'environnement (IFEN) > www.plantsforourfuture.com/Les-combustibles-fossiles-ou

⁶ Quantités techniquement et économiquement exploitables en prenant en compte le niveau de consommation actuel et les réserves connues

Le **transport** du pétrole des lieux de production vers les raffineries s'effectue par voie maritime ou terrestre (oléoducs maritimes et terrestres, transport par bateau, train, etc.). Entre 1,5 et 1,9 milliard de tonnes de pétrole sont transportées chaque année par les navires pétroliers, et même si la majorité des **hydrocarbures** arrivent à bon port, les catastrophes écologiques sont fréquentes:

- plusieurs centaines de marées noires (déversement d'une importante quantité de pétrole brut ou de produits pétroliers lourds dans la mer) ont eu lieu dans le monde entre 1970 et aujourd'hui. Ces marées noires détruisent la faune et la flore des zones côtières terrestres. Les populations côtières et les professions en relation avec le milieu maritime (pêche, tourisme, etc.) subissent des impacts économiques importants
- des pollutions volontaires sont causées par les rejets en mer de résidus de nettoyage des cuves (dégazages)
- des oléoducs sont parfois rompus par accident ou sabotage.

Le pétrole brut arrivant à destination n'est pas toujours immédiatement utilisé dans une raffinerie. En raison du caractère très stratégique du pétrole, les pays développés se sont engagés à constituer des **stocks** obligatoires de produits pétroliers correspondant à trois mois d'importations. Les produits pétroliers doivent donc souvent être stockés dans des cuves, qui peuvent être enterrées. Ces réservoirs, parfois très anciens, posent des problèmes de fuites pouvant avoir des répercussions environnementales dévastatrices (contamination des sols de surface et des couches intermédiaires, accumulation de vapeurs **toxiques**, etc.).

Le **raffinage** (transformation du produit brut en produits finis) comprend diverses étapes: distillation et déshuilage, transformation ou valorisation, désulfuration ou adoucissement, ajout d'additifs pour les carburants différent d'une raffinerie de pétrole à l'autre. Ces processus rejettent toujours plusieurs polluants atmosphériques (oxydes de soufre, **oxydes d'azote**, **composés organiques volatils**, **particules fines**, **monoxyde de carbone**, **benzène**) ainsi que de très nombreux **gaz à effet de serre**.

En Suisse, deux tiers du pétrole importé se présente sous la forme de produits finis, le tiers restant sous forme de pétrole brut. La moitié du pétrole brut est transformée en carburants, l'autre moitié en huile de chauffage. Ces deux raffineries sont raccordées au réseau européen de pipelines.

Biocarburants

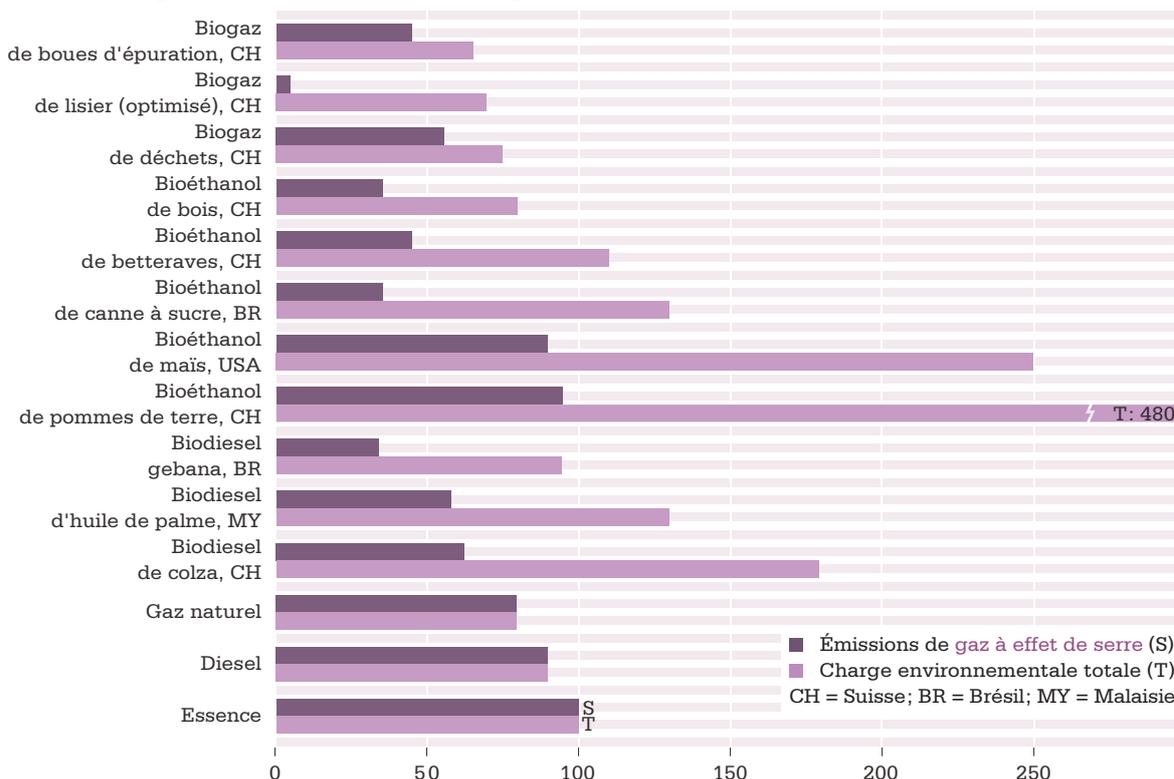
Selon l'étude «Ökobilanz von Energieprodukten» publiée par la Confédération⁷, de nombreux **biocarburants** permettent de réduire de plus de 30% les émissions de **gaz à effet de serre**. Mais la majorité de leurs filières de production présentent, pour plusieurs autres indicateurs environnementaux, une pollution plus élevée que pour l'essence, notamment à cause de la culture des matières premières utilisées. Ainsi dans les pays tropicaux, le défrichage par le feu pour obtenir des surfaces agricoles a pour conséquence l'émission de grandes quantités de **dioxyde de carbone (CO₂)**, une augmentation de la pollution atmosphérique (**particules fines**, suies, aérosols, gaz nocifs tels que les **oxydes d'azote** ou les **dioxines**) et une diminution de la **biodiversité**. Dans les zones de climat tempéré, la fertilisation intensive et le travail mécanique du sol entraînent également des impacts négatifs sur l'environnement. En Europe, par exemple, le très mauvais bilan environnemental de la production d'**éthanol** à partir de seigle s'explique par le faible rendement des récoltes. Tous les **biocarburants** ne conduisent donc pas forcément à une réduction des effets sur l'environnement par rapport à l'essence. De plus, ils peuvent entrer en concurrence avec la production de denrées alimentaires (et contribuer ainsi à la hausse des prix agricoles) ou avec la conservation de surfaces naturelles, ou mettre en danger la **forêt tropicale** et la **diversité biologique**⁸.

⁷ Étude disponible sur > www.bfe.ch/rubrique/energie

⁸ L'Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimmin) donne des informations pour évaluer l'impact environnemental et social des carburants issus de matières premières renouvelables. Voir l'article 19, a à f:

- Art. 19a Allègement fiscal pour les carburants issus de matières premières renouvelables
- Art. 19b Exigences minimales relatives au bilan écologique global positif
- Art. 19c Preuve du bilan écologique global positif
- Art. 19d Exigences minimales relatives à des conditions de production socialement acceptables
- Art. 19e Examen de la demande et décision
- Art. 19f Procédure applicable aux carburants dispensés de la preuve du bilan écologique global positif

Émissions de gaz à effet de serre et charge environnementale totale des carburants



Source: Écobilan d'agents énergétiques: évaluation écologique de biocarburants, R Zah et al., Empa

Ce graphique compare les différents carburants selon les émissions de gaz à effet de serre et la charge environnementale totale (avec la méthode des unités de charge écologique/UCE). Il montre que, parmi les filières de production, c'est actuellement la valorisation des déchets biogènes, de l'herbe et du bois qui conduit à une véritable réduction des effets sur l'environnement par rapport à l'essence.

PRINCIPAUX IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT ET/OU LA SANTÉ

Gaz à effet de serre

La combustion des carburants et combustibles d'origine fossile est la source anthropique majeure des émissions de CO₂⁹, principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique. Les facteurs permettant de convertir les consommations de combustibles en émissions de CO₂ se déterminent à partir de la composition physique du combustible consommé et de son pouvoir calorifique.

Exemples¹⁰:

- 1 litre d'essence produit, à la combustion, 2,34 kg de CO₂
- 1 litre de diesel produit, à la combustion, 2,61 kg de CO₂¹¹
- 1 litre de mazout produit, à la combustion, 2,65 kg de CO₂
- 1 Nm³ de gaz naturel produit, à la combustion, 2,00 kg de CO₂

9 Global Environment Outlook 3 (GEO3) > www.grida.no

10 Office fédéral de l'environnement (OFEV)

11 Les moteurs diesel consommant moins de carburant par kilomètre parcouru que les moteurs essence, les émissions de CO₂ des premiers sont inférieures (à puissance égale), voir le tableau des carburants plus loin

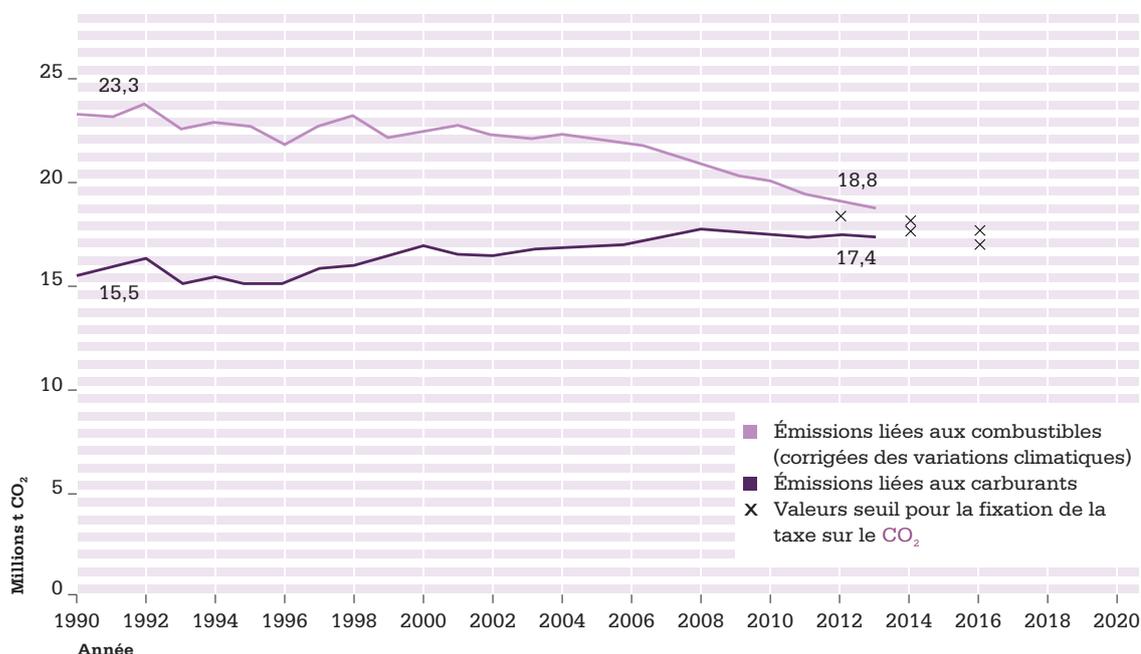
Bilan carbone de la terre

Le cycle du **carbone** comprend l'absorption du **dioxyde de carbone** par les plantes via la photosynthèse, son ingestion par les animaux et son émission dans l'atmosphère par la respiration et la décomposition des matières organiques. Le cycle naturel du **carbone** est déséquilibré par les émissions de **dioxyde de carbone** liées aux activités humaines. Le pétrole ou le charbon consommé notamment pour les activités industrielles, le chauffage et les déplacements introduit en effet dans l'atmosphère un supplément de **CO₂** qui mettra des siècles à se répartir sur l'ensemble de la biosphère et des océans et, in fine, à être stocké dans les sédiments¹².

S'il est difficile de connaître la part exacte des émissions liées à l'activité **anthropique**, l'augmentation de la concentration atmosphérique en **CO₂** à un rythme jamais observé auparavant est là pour confirmer qu'il existe un surplus d'émissions de ce gaz (par rapport à une situation normale du cycle du **carbone**) dû à l'activité humaine.

En 2005, en Suisse, les émissions de **gaz à effet de serre** étaient supérieures de 3% à celles recensées en 1990. Le secteur des transports présente l'augmentation la plus forte (+7%). La Loi sur le **CO₂** du 8 octobre 1999, résultant des engagements pris dans le cadre du Protocole de Kyoto, pose la première pierre d'une politique énergétique et climatique durable en Suisse. Elle a été révisée au 1^{er} janvier 2013. Les émissions de **gaz à effet de serre** doivent être réduites d'au moins 20% en Suisse d'ici à 2020 par rapport à 1990¹³.

Évolution des émissions de CO₂ selon la loi sur le CO₂



Source: Office fédéral de l'environnement OFEV

Série temporelle (1990-2013) des émissions de CO₂ énergétiques, en millions de tonnes de CO₂. En violet foncé: émissions effectives de CO₂ liées aux carburants. En violet clair: émissions de CO₂ liées aux combustibles prises en compte après correction climatique pour déterminer le montant de la taxe sur le CO₂. Les croix noires correspondent aux valeurs seuil déterminantes pour la hausse du montant.

Pollution de l'air

Les principaux polluants de l'air issus de la combustion des énergies sont les suivants:

- **monoxyde de carbone CO**: ce gaz inodore résulte principalement de la combustion incomplète des combustibles et des carburants. Les valeurs limites d'immissions en Suisse pour ce polluant sont en grande partie respectées. Toutefois le **CO** est un polluant à surveiller. Inhalé, il se lie facilement et rapidement à l'hémoglobine (pigment des globules rouges, transporteur d'oxygène vers les cellules). À des doses importantes, il se produit alors une réduction de l'apport d'oxygène dans tout l'organisme, conduisant à une asphyxie des organes et à la mort.
- **composés organiques volatils COV**, dont les **hydrocarbures HC**: ces composés sont émis lors de l'évaporation de **solvants** ou de carburants. Certaines de ces substances sont **irritantes** pour les poumons, **cancérogènes**, **mutagènes** et/ou **toxiques pour la reproduction**. En combinaison avec un rayonnement solaire intense et la présence d'**oxydes d'azote NO_x**, les **COV** contribuent à la formation de l'**ozone** au sol (**ozone troposphérique**). L'**ozone** est un polluant secondaire, un gaz **irritant** dont les valeurs limites d'immissions en Suisse sont souvent dépassées.

¹² Atlas du réchauffement climatique, nouvelle édition, 2007

¹³ <http://www.bafu.admin.ch/klima/12325/12329/index.html?lang=fr>

- **particules fines PM10**: ces poussières, avec un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (resp. 2,5 µm), sont appelées PM10 (resp. PM2.5). Elles sont émises par la combustion (ex. moteurs diesel, chauffages à bois) et par l'abrasion (ex. frottement mécanique des pneus sur les routes, freins). Des **particules fines** secondaires sont également formées par réaction chimique dans l'atmosphère à partir de gaz précurseurs (comme le SO₂, NO_x, COV, NH₃). Plus les particules inhalées sont petites, plus elles pénètrent en profondeur dans les voies respiratoires. Leurs effets sur la santé concernent principalement le système respiratoire et cardiovasculaire. Près de 40% de la population suisse est exposée à des valeurs de PM10 excessives selon les normes de l'OPair. Les particules de suie sont produites p. ex. par les moteurs diesel non équipés de filtres ou par la mauvaise combustion de **biomasse** (p. ex. bois). Ces particules étant **cancérogènes**, leurs émissions doivent être réduites au maximum. Actuellement, la plupart des véhicules neufs de taille moyenne et grande propulsés au diesel sont pourvus de **filtres à particules**, mais ce progrès est récent. La norme Euro 5 introduite en septembre 2009 limite en effet fortement les émissions de PM10 et rend obligatoire l'utilisation de cet équipement pour respecter la valeur limite d'émissions fixée à 5 mg/km.
- **dioxyde de soufre (SO₂)**: ce gaz, naturellement présent en faible quantité dans le pétrole et le charbon, est responsable d'une grande partie des pluies acides et de la pollution de l'air affectant les zones urbaines et industrielles. À noter que grâce à la désulfuration des combustibles et carburants, les émissions de soufre sont largement en dessous de la valeur limite légale en Suisse. Chez les humains, l'exposition à une concentration élevée de SO₂ peut entraîner des troubles respiratoires, des maladies des voies respiratoires et une aggravation des maladies pulmonaires et cardio-vasculaires.
- **oxydes d'azote (NO_x)**: les émissions de ces gaz **toxiques**, à l'origine de maladies respiratoires aiguës et de bronchites chroniques, proviennent de la combustion de combustibles et carburants – en dépendant pour certaines du degré d'efficacité du moteur et du type de propulsion. Les moteurs diesel émettent plus de NO_x que les moteurs à essence. Les normes EURO 5 ou 6 pour les véhicules diesel présentent toutefois des émissions de NO_x considérablement réduites. Pour les moteurs diesel, le procédé DeNO_x permet de réduire les émissions par un système de dénitrification composé notamment de modules catalyseurs à base d'**ammoniac**. Ce procédé est aujourd'hui fortement recommandé pour les moteurs émettant de grandes quantités d'**oxydes d'azote**, comme les bus et les poids lourds.
- **Ozone (O₃)**: l'**ozone** entraîne des perturbations de la croissance de la végétation et peut contribuer à une baisse de rendements dans les cultures. Chez les humains, ce gaz est un **irritant** puissant qui pénètre dans les voies respiratoires et provoque des effets néfastes sur la santé, principalement chez les enfants et les personnes atteintes de maladies respiratoires: irritations des voies respiratoires et des yeux, crises d'asthme, diminution des fonctions pulmonaires, maux de tête, etc.¹⁴

Pollution des sols

- **métaux lourds**: la combustion du charbon et du pétrole entraîne l'émission de **métaux lourds** (**plomb**, **cadmium**, **mercure**, etc.), fortement **toxiques** pour l'homme et les animaux. Ceux-ci s'accumulent dans la chaîne alimentaire et nuisent à la fertilité des sols. Le **plomb** entrave la formation du sang et le développement des enfants, le **cadmium** est **toxique** pour les plantes et micro-organismes, le **mercure** est **toxique** pour l'homme, les plantes et les micro-organismes. Les émissions de **métaux lourds** ont reculé en Suisse depuis 1990. Les émissions de **plomb** ont notamment été réduites d'environ 80% grâce à l'interdiction de l'essence avec **plomb** depuis le 1^{er} janvier 2000. Il convient toutefois d'appliquer le principe de précaution et de limiter aussi strictement que possible les émissions de **métaux lourds**¹⁵.

En Suisse, l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) fixe notamment

- les quantités maximales de certaines substances pouvant être **contenues dans les combustibles et les carburants** (Annexe 5 de l'OPair)
- les exigences pour la mise sur le marché des installations de combustion et de leur contrôle
- les quantités maximales de substances polluantes pouvant être **émises lors des processus de combustion**.

Un plan d'action sous la forme d'une stratégie fédérale de protection de l'air a été mis en place en 2006 afin de relancer les efforts de réduction des émissions polluantes. En septembre 2009, l'Office fédéral de l'environnement a mis à jour cette stratégie en visant un renforcement des prescriptions, la mise en place de mesures incitatives et une intensification de la collaboration sur le plan international.

¹⁴ Guide de l'air, Annexe 2, Principaux polluants de l'air et gaz à effet de serre > http://ge.ch/air/media/air/files/fichiers/documents/annexe_2_06.12.2013.pdf

¹⁵ Office fédéral de l'environnement (OFEV), > www.news.admin.ch

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX COMBUSTIBLES ET CARBURANTS

Cette rubrique présente les principales caractéristiques des combustibles et carburants les plus significatifs en termes d'utilisation au niveau mondial et d'impacts sur l'homme et l'environnement.

COMBUSTIBLES

Charbon	
Avantages	→ Réserves plus importantes que pour les autres combustibles fossiles
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Combustible fossile non renouvelable → Faible efficacité électrique des centrales au charbon (entre 30 et 46%) → Manipulation et transports difficiles et problématiques → Accidents lors de l'extraction → Élimination difficile des cendres produites¹⁶ → Fortes émissions de polluants atmosphériques (PM10, SO₂, CO, NO_x, etc.), de mercure et de dioxines → Très fortes émissions de CO₂ lors de la combustion → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger
Mazout extra-léger	
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Pouvoir calorifique élevé → Réseau de distribution dense et performant
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Combustible fossile non renouvelable → Risques écologiques lors de l'extraction et du transport → Transport et stockage problématiques → Émissions de polluants atmosphériques (monoxyde de carbone, composés organiques volatils, (PM10), dioxyde de soufre, oxydes d'azote, etc.) → Fortes émissions de CO₂ lors de la combustion → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger
Gaz naturel	
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Peu de rejets toxiques ou cancérigènes à la combustion tels que benzène et particules fines → Les hydrocarbures (HC) imbrûlés rejetés sont principalement composés de méthane, qui est un gaz à effet de serre, mais non toxique pour l'homme → 25% d'émissions de CO₂ en moins que les huiles de chauffage pour un pouvoir calorifique identique¹⁷ → Transport par bateaux (sous forme comprimée) et gazoducs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Combustible fossile → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger → Émissions de polluants atmosphériques (monoxyde de carbone, composés organiques volatils, PM10, dioxyde de soufre, oxydes d'azote, etc.)

¹⁶ Office fédéral de l'énergie (OFEN) > www.bfe.admin.ch

¹⁷ Office fédéral de l'énergie (OFEN) > www.bfe.admin.ch

Butane et propane

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Pouvoir calorifique élevé → Faibles émissions de CO_2 par rapport aux autres combustibles fossiles → Peu de rejets de particules fines → Rejets infimes de composés aromatiques → Rejets de CO, HC, NO_x pouvant être traités efficacement par catalyse 3 voies¹⁸
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Combustible fossile non renouvelable → Émissions de polluants atmosphériques (monoxyde de carbone, composés organiques volatils, PM10, dioxyde de soufre, oxydes d'azote, etc.) → Consommation potentielle limitée par les capacités de raffinage (ne permettent pas une grande production) → Transport par rail ou route essentiellement → Conditionnement en bouteilles ou citernes → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger

Bois

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Source d'énergie renouvelable en Suisse → Soutien de la Confédération pour l'exploitation accrue de bois destiné à la production de chaleur → Renforcement de l'indépendance énergétique: moins de besoin d'importer, moins de fluctuations des prix, approvisionnement local partiel → Bilan CO_2 neutre¹⁹
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Nécessite un volume de stockage important → Émissions importantes de poussières fines, de suies, CO et NO_x → Transport par route ou rail

CARBURANTS

Essence

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Autonomie élevée du véhicule → Réseau de distribution très large → Moins d'émissions de NO_x et de particules fines par rapport au diesel
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Carburant fossile non renouvelable → Émissions de CO_2, CO et COV les plus importantes de tous les types de carburants → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger

Diesel

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Autonomie élevée du véhicule → Réseau de distribution très large → A puissance égale, consommation d'environ 30% en moins que les moteurs à essence (donc moins d'émissions de CO_2)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Carburant fossile non renouvelable → Émissions de PM10 jusqu'à 1000 fois supérieures en cas d'absence de filtre à particules → Émissions de NO_x jusqu'à 4 fois plus élevées en cas d'absence de système DeNO_x → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger

¹⁸ Type de catalyseur permettant des réactions chimiques d'oxydation ou de réduction destinées à transformer les polluants en eau, azote, et dioxyde de carbone

¹⁹ Les arbres, durant leur croissance, absorbent autant de CO_2 que leur combustion ou leur dégradation en rejettera (OFEN).

Gaz naturel carburant (GNC)

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Peu de rejets toxiques ou cancérogènes tels que le benzène et les particules fines → Les hydrocarbures (HC) imbrûlés rejetés sont principalement composés de méthane, qui est non toxique → 15% de CO₂ en moins que le diesel → Émissions sonores moins importantes que les véhicules à essence ou diesel
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Carburant fossile non renouvelable → Réseau de distribution encore peu développé

Gaz de pétrole liquéfié carburant (GPLc)

Avantages	→ Pollution légèrement inférieure à celle de l'essence
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Carburant fossile non renouvelable → Consommation légèrement plus élevée qu'avec de l'essence → Offre limitée de véhicules de ce type²⁰ → Véhicules interdits en Suisse dans les parkings souterrains → Dépendance totale vis-à-vis de l'étranger

Biocarburants liquides

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Ressources renouvelables → Réduction de plus de 30% des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'essence pour de nombreux biocarburants²¹
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Risques de concurrence avec la production de denrées alimentaires et la conservation de surfaces naturelles (notamment la forêt tropicale et la diversité biologique) selon les biocarburants²² → Charge environnementale plus élevée que l'essence pour plusieurs autres indicateurs environnementaux et pour la majorité des filières de production → Atteintes environnementales causées par la culture des matières premières utilisées: défrichage par brûlis des forêts tropicales, fertilisation intensive, mécanisation → Peu disponibles en station-service

Biogaz

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Ressource renouvelable → Qualité et moteurs identiques au Gaz naturel carburant GNC → Neutre en CO₂ puisqu'issu de la macération de déchets organiques
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Très faible réseau de distribution (mais peut être mélangé au GNC) → Faible production

²⁰ EcoMobiListe 09, Association transport et environnement (ATE)

²¹ Écobilan d'agents énergétiques, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

²² À noter que si les biocarburants sont produits avec les parties des plantes non destinées à l'alimentation ou des déchets, il n'y a pas de risque de concurrence avec la production de denrées alimentaires et le risque de concurrence avec la conservation de surfaces naturelles ainsi que celui de mise en danger de la forêt tropicale et de la diversité biologiques sont réduits. Pour en savoir plus, voir l'Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimpin), qui donne des informations pour évaluer l'impact environnemental et social des carburants issus de matières premières renouvelables (article 19, a à f).

Essence alkylée	
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> → Préserve la santé des utilisateurs de machines et appareils à moteur à essence (souvent exempts de catalyseur) en réduisant les risques d'exposition aux émissions polluantes → Forte diminution des émissions de polluants, dont le benzène (substance can-cérogène): contient seulement 1% du taux de benzène d'une essence classique²³ → Peut être stockée pendant plusieurs années (contrairement à une essence classique) → Pas de dépôts dans le moteur ni dans le pot d'échappement: la performance et la durée de vie des appareils sont donc accrues et les intervalles de maintenance du moteur plus espacés
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> → Carburant fossile non renouvelable → Coût plus élevé (en partie compensé par une réduction des frais occasionnés par les appareils) → Au vu de son coût élevé, utilisable essentiellement pour les petits appareils à essence deux temps et quatre temps (tondeuses à gazon, tronçonneuses, souffleuses à feuilles, débroussailleuses, etc.)

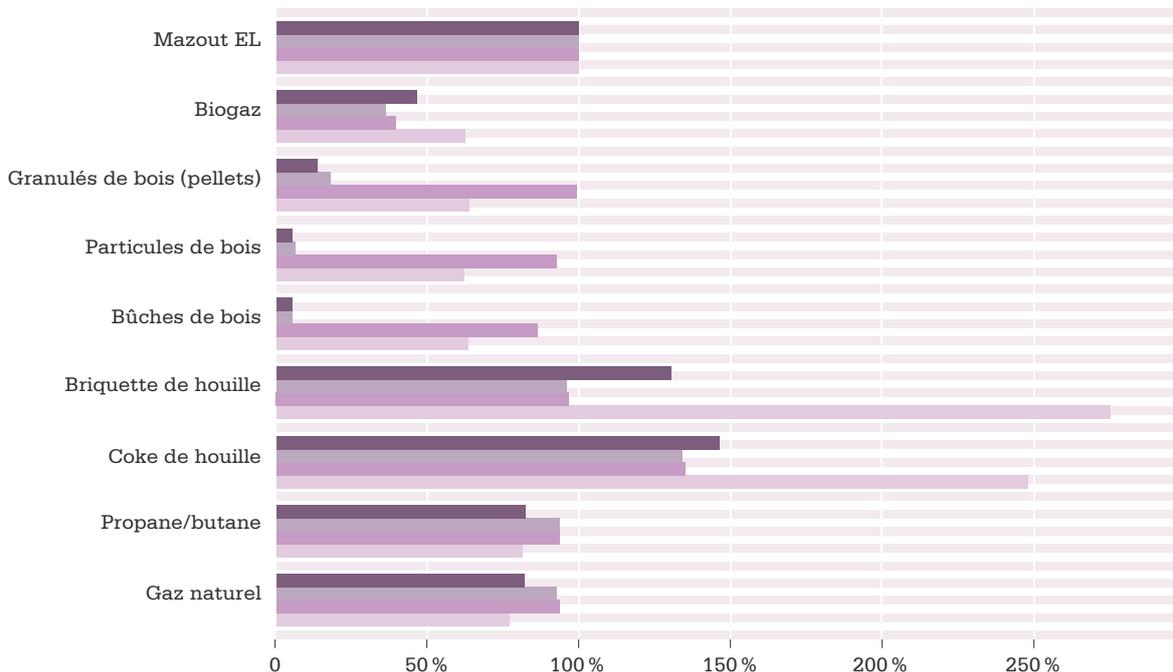
Les deux graphiques ci-dessous comparent les combustibles et les carburants selon les critères suivants:

- **unités de charge écologique (UCE)**, correspondant à l'évaluation globale de l'impact environnemental d'un produit (voir la fiche **B2-Écobilans et énergie grise**)
- émissions de **gaz à effet de serre**
- **énergie primaire globale**
- **énergie primaire non renouvelable**.

Dans le premier graphique, la base de comparaison est le mazout extra-léger (= 100%), dans le second l'essence.

Comparaison des combustibles selon différents facteurs

(référence: mazout EL = 100%, sur la base d'un MJ)

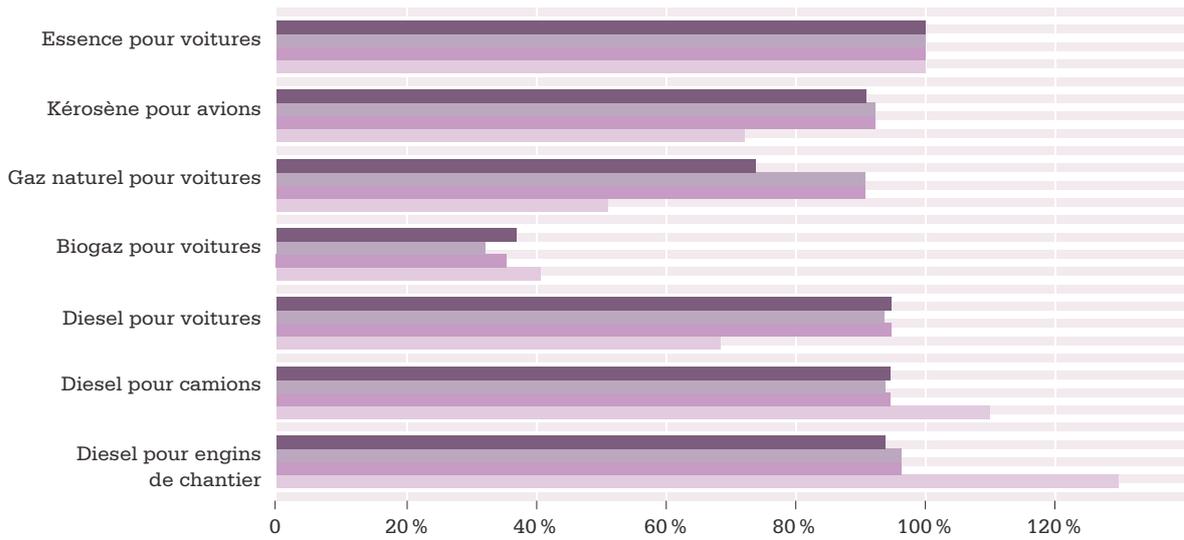


Source: KBOB Données des écobilans dans la construction sur la base de ecoinvent, Recommandations KBOB, Berne 2008

²³ Mesures non fiscales permettant de promouvoir l'essence à moteur sans aromatiques (OFEV)

Comparaison des carburants selon différents facteurs

(référence: essence pour voitures = 100%, sur la base d'un MJ)



Source: KBOB Données des écobilans dans la construction sur la base de ecoinvent, Recommandations KBOB, Berne 2008

- Émissions de gaz à effet de serre
- Énergie primaire non renouvelable
- Énergie primaire globale
- Unités de charge écologique (UCE)

D9-COMBUSTIBLES ET CARBURANTS

PRÉPARATION DE L'ACHAT

Cette rubrique fournit des orientations sur le choix des combustibles destinés au chauffage et des carburants. Pour le choix des types de motorisations, se référer à la fiche [C7-Voitures de tourisme et véhicules utilitaires légers](#).

ÉVALUATION DES IMPACTS LIÉS AU CYCLE DE VIE

Ce tableau présente une synthèse des impacts sur l'être humain et l'environnement liés au cycle de vie des combustibles et carburants. Il n'indique pas l'«intensité» des impacts.

Exploitation des matières premières 	Transformation des matières premières 	Utilisation 	Élimination 
<p>Combustibles</p> <ul style="list-style-type: none"> → Épuisement des stocks de ressources non renouvelables → Dégradation environnementale et consommation énergétique liées à l'extraction des combustibles → Marées noires et autres pollutions liées au transport de pétrole → Conditions de travail difficiles¹ et souvent non régulées dans les mines <p>Biocarburants</p> <ul style="list-style-type: none"> → Impacts environnementaux liés aux pratiques agricoles et concurrence avec la production alimentaire 	<ul style="list-style-type: none"> → Contamination des sols et nappes phréatiques due à des fuites provenant des cuves de stockage de produits pétroliers → Rejet de nombreux polluants atmosphériques (NO_x, SO_x, COV, benzène, etc.) lors du processus de raffinage 	<ul style="list-style-type: none"> → Production de gaz à effet de serre → Émissions de polluants atmosphériques (CO, NO_x, COV, benzène, PM10, suies, SO_x, etc.) portant atteinte à la santé → Pollution des sols, des eaux et de l'air due aux émissions de métaux lourds (mercure, plomb, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> → Pollution des sols des stations-services → Impacts sur le climat et la qualité de l'air liés à l'incinération (restes de bidons d'essence)

Les transports entre les différentes étapes de fabrication entraînent une importante consommation d'énergie, des impacts sur le climat et des émissions polluantes pour l'air.

ÉTUDE DE MARCHÉ

Cette rubrique présente quelques informations liées au marché, en complément à celles figurant dans la rubrique [Problématique](#) de cette fiche ([version approfondie du guide](#)).

Certification de biocarburants

L'initiative internationale et multi-acteurs «The Roundtable on Sustainable Biomaterials» propose une certification pour les **biocarburants** liquides et le biogaz. Les critères portent sur l'installation de production (respect de la législation, conditions de travail, modèle économique recherchant une viabilité sur le long terme), sur les **biocarburants** eux-mêmes (émissions de **gaz à effet de serre** plus faibles que les énergies fossiles) et sur l'impact sur la région (contribution au développement rural et social, garantie de ne pas compromettre l'approvisionnement alimentaire dans les régions à risque ni d'entraîner des impacts négatifs sur la **biodiversité**, protection des sols, de l'eau et de l'air, droit de propriété). Plusieurs producteurs sont déjà certifiés.

¹ On entend par conditions de travail difficiles la violation d'un ou plusieurs des principes suivants: liberté syndicale, absence de travail des enfants, absence de travail forcé, égalité de traitement, rémunération équitable, temps de travail décent, santé et sécurité, sécurité sociale (selon la méthode d'analyse de cycle de vie social du PNUE).

QUE CHOISIR?

Cette rubrique présente quelques critères permettant de s'orienter dans le choix des combustibles et carburants. Quel que soit le type de combustible ou carburant sélectionné, le principe est de réduire les besoins énergétiques à la source.

Le choix des combustibles dépend ensuite fortement des installations de chauffage existantes (chauffage au sol ou radiateurs en fonte par exemple) et de la situation du bâtiment (centre-ville, zone périurbaine, zone rurale).

Une analyse du contexte permet d'évaluer les impacts directs et indirects liés à tel ou tel combustible. L'approvisionnement par camions-citernes des chaudières à mazout de bâtiments situés au centre-ville augmente, par exemple, la présence de poids lourds en ville. Les chauffages à bois en zone urbaine ne sont pas adaptés, notamment à cause des **poussières fines** qu'ils émettent, alors qu'ils sont recommandés en milieu rural ou montagnard.

Que choisir?	Comment vérifier?
Combustibles: source de production de chaleur	
Privilégier les chauffages alimentés par des sources d' énergies renouvelables et peu polluantes pour l'air (se référer aux tableaux de la rubrique Problématique)	→ Préférer les solutions dans l'ordre suivant: rejets de chaleur ² , solaire, géothermie (chaleur puisée dans le sol), hydrothermie (puisée dans l'eau), aérothermie (puisée dans l'air)
Étudier les opportunités en termes d'utilisation rationnelle de l'énergie et de recours aux énergies renouvelables pour chaque projet d'aménagement du territoire, à chaque échelle et à chaque stade de planification	
Favoriser le développement de réseaux de chauffage à distance (pour utiliser les rejets de chaleur)	
En milieu rural ou montagnard, privilégier les centrales à bois (chauffage à distance) approvisionnées localement, si elles sont équipées de filtres à particules efficaces pour retenir les particules fines	
Installations de combustion	
Exiger que tous les chauffages à bois ou aux dérivés de bois soient équipés d'un filtre à particules afin de limiter les émissions, qui entraînent des nuisances pour le voisinage. Les chauffages à bois ou aux dérivés de bois constituent en effet une source importante d'émissions de particules fines et de suies dans l'air.	
Pour le chauffage au mazout ou au gaz naturel , privilégier les chaudières à condensation (économie jusqu'à 10% d'énergie avec une chaudière bien réglée) ³	→ Pour le mazout, mazout qualité Éco
Qualité des combustibles	
Pour les chauffages à pellets , utiliser des pellets de qualité	→ Label selon la norme DIN plus ⁴
Pour le chauffage et la cuisine au gaz , préférer le biogaz	→ Se renseigner sur les programmes d'encouragement au biogaz de votre fournisseur d'énergie
Pour le chauffage au mazout , privilégier le mazout à faible teneur en soufre (moins de 0,005 g/litre) et en azote	→ Le marché proposant des mazouts de différentes qualités, il est judicieux de demander à chaque fournisseur des informations à ce sujet avant d'effectuer son choix

² Il s'agit de la récupération de la chaleur dégagée par exemple dans les processus industriels ou les stations d'épuration. Les rejets de chaleur peuvent être utilisés sur le site de l'entreprise qui les génère. Si ce n'est pas le cas, il est nécessaire d'avoir un réseau de chauffage à distance.

³ Le chauffage optimal pour votre maison. Office fédéral de l'énergie

⁴ Liste des producteurs certifiés en Suisse > www.enplus-pellets.ch

Que choisir?

Comment vérifier?

Carburants	
Pour le type de motorisation, voir les fiches C7-Voitures de tourisme et véhicules utilitaires légers et C8-Bus, véhicules d'entretien et de voirie	
Diesel: exiger la présence d'un filtre à particules pour tous les véhicules diesel et, dans la mesure du possible, d'un système DeNO _x	
Essence: pour les petits appareils à essence (deux temps ou quatre temps), privilégier l'essence alkylée (disponible sous forme de mélange prêt à l'emploi pour les moteurs à deux temps)	
Biocarburants: privilégier les biocarburants dont la fabrication respecte des critères sociaux et environnementaux	→ Fabricant certifié «Roundtable on Sustainable Biomaterials» → Biocarburant dont l'importateur ou le producteur bénéficie de l'exonération d'impôts sur les carburants ⁵ → Dans les stations-services, le gaz naturel contient en moyenne 20% de biogaz ⁶ . Le carburant E85 est composé en moyenne de 85% de bioéthanol ⁷

⁵ L'Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Oimpmin) donne des informations sur l'exonération d'impôt (Art. 19a Allègement fiscal pour les carburants issus de matières premières renouvelables).

⁶ <http://www.vehiculeagaz.ch/rouler/generalites-gaz-naturel-biogaz/>

⁷ www.e-mobil.ch, Rubrique «Marché», Liste des stations-services avec approvisionnement électrique, gaz naturel, E85, GPL

RECOMMANDATIONS POUR LES UTILISATEURS ET RESPONSABLES D'INSTALLATIONS

Les utilisateurs finaux d'un véhicule ou d'une installation ont une marge de manœuvre une fois que l'équipement est à leur disposition. Ils peuvent très souvent, par leur comportement, limiter la consommation de ressources ainsi que la production d'émissions, en respectant les recommandations ci-dessous. L'acheteur pourra également, dans une certaine mesure, orienter les utilisateurs finaux en ce sens.

Combustibles

- Exiger un contrat d'entretien avec une entreprise spécialisée pour le contrôle et l'entretien de l'installation de chauffage à bois
- Chauffages à bois à alimentation manuelle: éviter l'allumage par dessous, avec une grande quantité de bois dans un foyer encore froid. Éviter l'utilisation de bois mouillé, afin de réduire les émissions de suie
- Chauffages à bois⁸: l'exploitant doit s'assurer que le combustible utilisé a des dimensions et une teneur en eau appropriées (les émissions de **poussières fines** peuvent être multipliées par dix en cas d'exploitation incorrecte des installations de chauffage à bois)
- Chauffages: il est possible de faire installer une pompe de circulation moderne consommant beaucoup moins d'énergie que les anciens modèles⁹
- Si l'installation de chauffage dégage de la chaleur par des radiateurs, munir ceux-ci de vannes thermostatiques
- Tous types de chauffages: contrôler et optimiser le fonctionnement de l'installation à intervalles réguliers. Pour les chaudières à mazout, un réglage au début de chaque saison de chauffage est recommandé¹⁰

Ces recommandations peuvent servir à formuler le cahier des charges de la société responsable du bâtiment. Voir la fiche [E3-C12-Gestion technique et entretien des bâtiments](#).

Carburants

- Équiper les bus/cars et poids lourds de **filtres à particules** et, si possible, du système DeNO_x
- Vérifier la pression des pneus (une pression trop faible de 0,5 bar entraîne une augmentation de 2,5% des émissions de CO₂)¹¹ et privilégier les pneus à basse émission sonore
- Utiliser de l'huile moteur à basse viscosité (réduction possible des émissions de CO₂ de plus de 2,5%¹²)
- Appliquer les conseils de conduite écologique (méthode **Éco-Drive** permettant de réduire la consommation jusqu'à 10%)

Pour plus d'informations, voir la fiche [E3-C7-Voitures de tourisme et véhicules utilitaires légers](#).

POUR EN SAVOIR PLUS

Voir la fiche [E3-Bibliographie et webographie](#)

⁸ Pour plus d'informations concernant l'utilisation des chaudières à bois, voir les documents «L'utilisation correcte des chaudières à bois» et «Allumage le bon départ!», SuisseEnergie

⁹ Le chauffage optimal pour votre maison, Office fédéral de l'énergie

¹⁰ L'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) exige un contrôle tous les 2 ans.

¹¹ Commission européenne > <http://ec.europa.eu>

¹² Commission européenne > <http://ec.europa.eu>