GAZ NATUREL 2022

Origine : des micro-organismes animaux ou végétaux (plancton...) déposés au fond des océans donnent le pétrole et le gaz naturel qui après divers mouvements de circulation se retrouvent sous des dômes de terrain imperméable. Le plus souvent le gaz occupe la partie supérieure d'une roche poreuse appelée "roche magasin" au-dessus du pétrole et d'eau salée. Le gaz peut être également seul, lorsqu'il a migré ailleurs. De nouvelles techniques, forages horizontaux, fracturation hydraulique..., permettent l'extraction du gaz de la roche mère, comme dans le cas du gaz de schiste.

Composition

Le gaz naturel est un mélange dont le constituant principal est le méthane, CH_4, avec une teneur comprise entre 70 et 100 %, en présence d'autres hydrocarbures (propane, butane, éthane...), de diazote, de dioxyde de carbone, de sulfure d'hydrogène...

Caractéristiques de quelques gisements de gaz naturel : les compositions sont données en % en volume.

	Frigg (Mer du Nord)	Lacq (France)	Urengoï (Russie)	Hassi R'Mel (Algérie)	Groningue (Pays Bas)
Réserves initiales récupérables (milliards de m^3)	230	240	6 200	2 000	2 000
Profondeur minimale (m)	110	3 300	1 100	2 200	3 000
Méthane (%)	95,7	69,2	98	83,5	81,3
Éthane (%)	3,6	3,3-3,6		7,9	2,9
Propane (%)	0,04	1,0-1,2		2,1	0,4
Butane (%)	0,01	0,6-0,9		1,0	0,2
Diazote (%)	0,4	0,6	1,2	5,3	14,3
Dioxyde de carbone (%)	0,3	9,3	0,3	0,2	0,9
Sulfure d'hydrogène (%)	-	15,3	-	-	-
Pouvoir calorifique du gaz commercialisé (kWh/m^3)	11,6	11,2	env 10,8	env 11,3	env 9,2

Après épuration, les gaz distribués ont une teneur en méthane comprise entre 70 et 98 %. Leur teneur en eau est inférieure à 46 mg/m^3 afin d'éviter la formation d'hydrates de méthane et celle en sulfure d'hydrogène inférieure à 15 mg/m^3. La déshydratation est réalisée à l'aide de triéthylèneglycol ou de tamis moléculaires. Le gaz commercialisé représente, en 2016, 80 % de la production brute. En France, on distingue deux types de gaz distribué aux consommateurs :

- Le gaz B, pour bas pouvoir calorifique (compris entre 9,5 et 10,5 kWh/m^3), provient des Pays Bas et principalement du gisement de Groningue. Sa teneur en méthane est plus faible car il contient du diazote. Il est distribué dans le Nord de la France et concerne 1,3 million de foyers. La distribution de ce gaz devrait diminuer progressivement avant de cesser avec l'arrêt de la production, en 2029, du gisement de Groningue.
- Le gaz H, pour haut pouvoir calorifique (compris entre 10,7 et 12,8 kWh/m^3), plus riche en méthane, provient des autres gisements.

En France, le gaz distribué est généralement odorisé par du tétrahydrothiophène (C_4H_8S, de 15 à 40 mg/m^3), lorsque le gaz n'est pas odorisé naturellement.

Une partie du gaz brut est réinjectée dans les gisements afin de maintenir une pression élevée de gaz dans les gisements de pétrole et ainsi récupérer plus de pétrole, ou d'éviter de gaspiller le gaz (par brûlage) et le garder ainsi en réserve. Cela représentait 10 % de la production, en 2016.

Une autre partie du gaz (142 milliards de m^3, en 2020), liée à la production de pétrole, est brûlée (opération appelée torchage) ou évacuée directement dans l'atmosphère. Le maximum de perte a été atteint en 1973, 210 milliards de m^3, soit environ 13 % de la production mondiale de l'époque. En 2018, les principaux pays pratiquant le torchage ont été la Russie avec 21,3 milliards de m^3, l'Irak avec 17,8 milliards de m^3, l'Iran avec 17,3 milliards de m^3, les États-Unis avec 14,1 milliards de m^3.

Sous produits récupérés : voir les chapitres consacrés au soufre et à l'hélium.

- En fonction de sa composition, divers produits peuvent être récupérés lors de la purification du gaz naturel : butane, propane, soufre…
- Le gaz naturel est également une source importante d'hélium. Par exemple, la teneur du gaz algérien est de près de 0,2 % (voir ce chapitre).

Productions

Afin de convertir les données statistiques, les équivalences suivantes ont été adoptées :

- pour le gaz naturel : 1 m^3 = 11 kWh = 0,00085 tep.
- pour le gaz naturel liquéfié (GNL) : 1 m^3 = 0,741 t = 593 m^3 de gaz.

[fc-chart id="production-gaz-naturel"]

en milliards de m^3

États-Unis	979	Qatar	178	Malaisie	82
Russie	618	Australie	153	Turkménistan	78
Iran	259	Norvège	123	Égypte	64
Chine	222	Arabie Saoudite	120	Indonésie	58
Canada	185	Algérie	98	Émirats Arabes Unis	58

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy (les volumes de gaz sont donnés dans les conditions standards à 15°C et 1 atm)

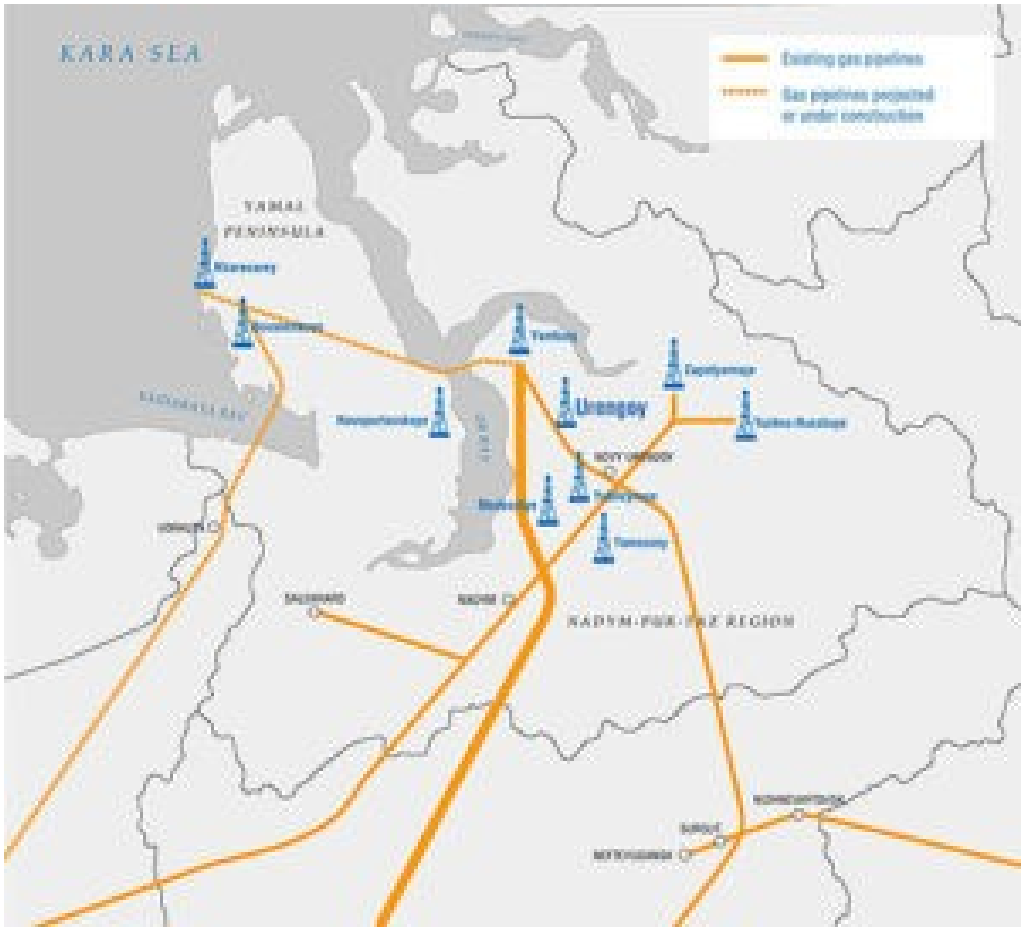
En 2016, la production de gaz non conventionnel a atteint 817 milliards de m^3, à 75 % aux États-Unis, 11 % au Canada, 8 % en Chine, 4 % en Australie. Le gaz de schiste représente 56 % de cette production, le gaz de houille 9 %. La production de gaz brut des États-Unis provient, en 2020, à 70,0 % de gaz de schiste, 16,6 % de forages gaziers, 11,4 % de forages pétroliers, 2,0 % de gaz de houille.

La production de l'Union européenne, en 2022, est de 41 milliards de m^3.

En 2021, 44 % de la production canadienne est exportée vers les États-Unis.

93 % de la production russe provient des gisements du nord-ouest de la Sibérie : Urengoy, Yambourg et de ceux de la péninsule de Yamal : Bovanenkovo, Kharasaveyskoe, Novoportovskoe.

Carte des gisements de gaz naturel du Nord-Ouest de la Sibérie (document Gazprom)



Stockage

Le gaz naturel peut être stocké sous forme gazeuse dans divers réservoirs naturels, au nombre total, dans le monde, de 671, fin 2017, pour un volume stocké de 417 milliards de m^3. Il s'agit de gisements de gaz ou de pétrole épuisés (80 % des stockages dans le monde, principalement aux États-Unis), de nappes aquifères (11 % des stockages dans le monde), de cavités salines (9 % des stockages dans le monde). Ce stockage permet de satisfaire la demande lors des pointes de celle-ci, en particulier l'hiver où la consommation moyenne est 7 fois celle d'été. Le gaz récupérable représente environ la moitié du volume du réservoir. Le taux de récupération peut être augmenté en utilisant un gaz coussin (diazote). La pression du gaz est comprise entre 40 et 270 bar.

Capacités de stockage, fin 2020. Monde, fin 2017 : 417 milliards de m^3, Union européenne, fin 2017 : 104 milliards de m^3.

en milliards de m^3

États-Unis	139	Allemagne	28
Russie	91	Italie	24
Chine	37	Turquie	15

Ukraine	34	France	14
Canada	28	Autriche	13

Source : IGU, Rystad Energy

Dans l'Union européenne, fin 2018, il y a 156 sites de stockage, dont 73 anciens gisements, 57 cavités salines et 24 aquifères.

[fc-chart id="reserves-gaz-naturel"]

en milliards de m^3

Russie	37 400	États-Unis	12 600	Émirats Arabes Unis	5 900
Iran	32 100	Chine	8 400	Nigeria	5 500
Qatar	24 700	Venezuela	6 300	Irak	3 500
Turkménistan	13 600	Arabie Saoudite	6 000	Australie	2 400

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

- Les réserves de gaz naturel représentent 48,8 années de consommation au rythme actuel, 53,5 années pour le pétrole.
- 40 % des réserves mondiales sont situées sous la mer (offshore), 70 % des réserves de l'Europe occidentale.
- Les membres de l'OPEP contrôlent 47 % des réserves.
- Les réserves dans l'Union européenne, en 2020, sont de 400 milliards de m^3.
- Près du tiers (3 000 milliards de m^3) des réserves des États-Unis sont constituées de gaz non conventionnels : 600 milliards de m^3 de gaz de houille, 900 milliards de m^3 de gaz de schistes, 1 500 milliards de m^3 de gaz de réservoirs compacts.
- 64 % des réserves sont contrôlées par des sociétés étatiques, 36 % par des sociétés privées.

Liquéfaction

Une partie de la production de gaz naturel est liquéfiée (à - 163°C), transportée sous cette forme par des méthaniers puis regazéifiée à l'arrivée dans le pays utilisateur. Cela permet de réduire d'un facteur 600 le volume transporté. La première chaîne mondiale de transport de gaz naturel liquéfié (GNL) est celle qui achemine, en 1963, le gaz algérien de Hassi R'Mel à l'usine de liquéfaction d'Arzew puis le GNL en Angleterre à Canvey Island (jusqu'en 1985) et en France à Fos-sur-Mer où il est regazéifié et injecté dans le réseau de canalisation de gaz. Le gaz liquéfié contient au moins 90 % de méthane avec de l'éthane, du propane, du butane et moins de 1 % de diazote.

Principe de fonctionnement d'une usine de liquéfaction :

Le gaz est d'abord épuré avec l'élimination de CO_2 (à moins de 50 ppmv), H_2S (à moins de 3,5 ppmv), H_2O (à moins de 1 ppmv), du mercure (à moins de 0,01 $mg.m^{-3}$) et des essences naturelles contenues afin d'éviter les dépôts, colmatages (par les hydrates de méthane) ou corrosion (par le mercure) des échangeurs cryogéniques en alliage d'aluminium.

Il est ensuite liquéfié par des échangeurs (en alliage d'aluminium) de chaleur selon plusieurs cycles de refroidissement situés en cascade : par exemple, dans la 1ère unité d'Arzew :

- Le premier cycle de condensation de propane à 37°C et 13 bar suivi de 3 détentes jusqu'à 1,2 bar abaisse la température à -37°C permettant :

    - de refroidir et condenser l'éthylène du 2ème cycle à -31°C sous 19 bar,
    - refroidir le méthane du 3ème cycle à -35°C,
    - de commencer le refroidissement du gaz naturel sous 40 bar, à -35°C et de condenser divers hydrocarbures.
- Le 2ème cycle de 4 détentes d'éthylène permet de :
    - continuer le refroidissement du méthane du 3ème cycle à -96°C et d'atteindre sa condensation sous 30 bar,
    - de poursuivre le refroidissement du gaz naturel et de le condenser à -97°C sous 38 bar.
- Le 3ème cycle de 3 détentes de méthane permet de refroidir le GNL jusqu'à -151°C sous 36 bar.
- Le GNL est ensuite détendu jusqu'à 1,3 bar pour atteindre -163°C. Le diazote contenu est libéré ainsi que l'hélium.
- Enfin le gaz est stocké dans des réservoirs cryogéniques avant chargement dans des méthaniers.

Les capacités, par unité, atteignent actuellement 16 000 m^3 de GNL/jour. La liquéfaction auto-consomme en moyenne 12 % du gaz entrant.

Capacités mondiales de liquéfaction, fin avril 2023. Total : 478,4 millions de t/an.

	en millions de t/an		
États-Unis	88,1	Indonésie	25,5
Australie	87,6	Algérie	25,5
Qatar	77,1	Nigeria	22,2
Malaisie	32,0	Trinité-et-Tobago	14,8
Russie	29,1	Égypte	12,2

Source : IGU

Les capacités par site varient entre 1,1 et 22 milliards de m^3/an de gaz et dans la monde il y a, début 2019, 33 usines en fonctionnement.

Les capacités de production de l'Algérie sont employées seulement à 41 %, celles de l'Égypte, à 12 %.

Des unités de liquéfaction, de faible capacité, de 0,5 à 3,6 millions de t/an, situées sur les lieux de production commencent à fonctionner, depuis 2017, en Malaisie, Australie et au Cameroun. Dénommées FPSO (Floating Production, Storage and Offloading) elles consistent, avec un même bâtiment, à extraire le gaz, à le liquéfier, à le stocker puis à le transférer dans un méthanier.

Méthaniers : sur un total, fin avril 2023, de 668 navires de 19 000 à 266 000 m^3 de capacité de GNL (la capacité moyenne étant, en 2019, de 170 000 m^3), deux types de technologies sont principalement employées. Les navires en opération ont été construits à 65 % en Corée du Sud et à 20 % au Japon.

- A sphères autoporteuses (MRK) avec, fin avril 2023, 18,4 % des navires : les réservoirs sont indépendants de la structure du navire. Fabriqués par la société japonaise Moss-Rosenberg.

- A double membrane en invar (alliage Fe-Ni à très faible coefficient de dilatation) ou en acier inoxydable et composite, isolée de la coque du navire dont elle épouse la forme, avec, fin avril 2023, 81,6 % des navires. Conçus en France par Gaztransport Technigaz (GTT, détenu à 40,41 % par Engie), selon cette technique mise au point par Gaz de France.

Le gaz d'évaporation provenant du GNL transporté sert de combustible pour la propulsion des méthaniers.

Terminaux méthanier : le GNL déchargé des méthaniers est stocké dans des réservoirs cryogéniques correspondant à la capacité des navires, puis réchauffé, par des échangeurs, en général à l'aide d'eau de mer et envoyé dans le réseau de canalisation des distributeurs de gaz. Le froid récupéré peut être utilisé, par exemple à Fos-sur-Mer, pour produire du diazote et du dioxygène liquide par séparation des gaz de l'air.

Capacités mondiales de regazéification, fin avril 2023. Total : 970,6 millions de t/an.

en millions de t/an

Japon	217,5	Inde	39,5
Corée du Sud	141,1	Royaume Uni	36,5
Chine	100,8	Brésil	28,6
Espagne	43,9	Turquie	25,3
États-Unis	41,4	France	24,7

Source : IGU

Dans le monde, en février 2021, il y a 133 usines de regazéification, dont 33 au Japon, 7 en Espagne, 4 en France.

Une nouvelle voie de regazéification commence à se développer. Ces unités de production, dénommées FSRU (Floating Storage and Regasification Units), situées sur les lieux de consommation, sont des navires stationnaires qui chargent le GNL à partir de méthaniers, le stockent et le regazéifient en fonction des besoins. Des unités de ce type fonctionnent depuis 2005 et représentent, en 2019, 15 % de la regazéification du GNL.

Le coût de la liquéfaction se répartit, pour un transport entre le Moyen-Orient et l'Europe, entre la liquéfaction : 50 %, le transport : 35 % et la regazéification : 15 %.

Commerce international

En 2022, il a porté sur 968 milliards de m^3 dont 426 milliards de m^3 par gazoduc et 542 milliards de m^3 liquéfié.

Par pays, sous formes gazeuses et liquides.

- Principaux pays exportateur : les États-Unis (187 milliards de m^3), devant la Russie (165 milliards de m^3), le Qatar (134 milliards de m^3), la Norvège (117 milliards de m^3), l'Australie (112 milliards de m^3), le Canada (82 milliards de m^3), l'Algérie (49 milliards de m^3).
- 1er importateur mondial : la Chine (151 milliards de m^3) devant le Japon (98 milliards de m^3), l'Allemagne (93 milliards de m^3), les États-Unis (82 milliards de m^3), l'Italie (72 milliards de m^3), la Corée du Sud (64 milliards de m^3).

Sous forme gazeuse : 426 milliards de m^3.

Le transport est effectué par gazoducs sous 68 à 120 bar (canalisations ayant jusqu'à 1,4 m de diamètre), 330 000 km aux États-Unis, 220 000 km en Russie, 90 000 km au Canada, 37 655 km en France.

Principaux pays exportateurs :

en milliards de m^3

Russie	125	Algérie	35
Norvège	117	Azerbaïdjan	22
États-Unis	83	Qatar	20
Canada	82	Iran	19
Turkménistan	41	Kazakhstan	8

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

Le gaz canadien exporté par gazoduc est destiné exclusivement aux États-Unis.

Principaux pays importateurs :

en milliards de m^3

Allemagne	93	Italie	58
États-Unis	82	Belgique	51
Chine	58	Royaume Uni	36
Mexique	56	Canada	26

Sources : Energy Institute Statistical Review of World Energy et ITC

Sous forme liquide : 542 milliards de m^3.

Principaux pays exportateurs :

en millions de t

Qatar	114	Nigeria	20
Australie	112	Indonésie	16
États-Unis	104	Oman	15
Russie	40	Algérie	14
Malaisie	37	Papouasie Nll Guinée	11

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

Principaux pays importateurs :

en millions de t

Japon	98	Inde	28
Chine	93	Taipei chinois	27
Corée du Sud	64	Royaume Uni	25
France	35	Turquie	15
Espagne	29	Italie	14

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

La zone Pacifique représente les 2/3 les échanges mondiaux de GNL.

Dans l'Union européenne : en 2019, les importations sont réalisées à 81 % par gazoduc et 19 % par GNL. Le gaz importé provient à 46 % de Russie, 28 % de Norvège, 9 % d'Algérie, 8 % du Qatar, 4 % du Nigeria...

Producteurs

Productions mondiales, par sociétés, en 2020.

en milliards de m^3

Gazprom (Russie)	454	Saudi Aramco (Arabie Saoudite)	93
NIOC (Iran)	251	Exxon Mobil	87
CNPC (Chine)	160	BP	82
Sonatrach (Algérie), en 2017	135	Shell	79
Qatar Petroleum, en 2018	120	TotalEnergies	75

Sources : rapports d'activité des sociétés

Le groupe d'état russe Gazprom contrôle 65,6 % de la production russe avec 138 gisements, exploite 176 800 km de gazoducs (4 fois le tour de la terre), 27 stockages souterrains. Il assure 10,9 % de la production mondiale et détient 15,6 % des réserves prouvées mondiales avec 17,5 milliards de m^3. La production est assurée à 91,6 % par les gisements de l'Oural.

Situation française

Production de gaz commercialisé (épuré) : la fin de l'exploitation commerciale du gaz de Lacq a eu lieu le 14 octobre 2013. Il ne reste plus qu'une production destinée à alimenter les usines environnantes et en particulier, en sulfure d'hydrogène, l'usine Arkema. Le maximum de production avait été atteint en 1978 avec 7,9 milliards de m^3. Au total, il aura été produit, en France, 300 milliards de m^3 de gaz naturel.

Productions de sociétés françaises :

TotalEnergies : 4ème producteur mondial non étatique avec 69 856 milliards de m^3. Productions principales, en 2022.

en millions de m^3

Russie	22 379	Nigeria	4 476
Royaume Uni	6 471	Qatar	4 207
Norvège	5 313	États-Unis	3 587
Australie	4 621	Bolivie	2 305
Argentine	4 528	Thaïlande	2 067

Source : rapport d'activité

Les réserves du groupe TotalEnergies sont, fin 2020, de 997 milliards de m^3.

TotalEnergies détient des participations dans des usines de liquéfaction de gaz : part de TotalEnergies avec une production totale, en 2020, de 17,6 millions de t de GNL.

en %

Yamal (Russie)	29,73 %	Snøhvit (Norvège)	18,4

			%
Nigeria	15 %	Angola	13,6 %
Ichthys (Australie)	26 %	Oman (LNG et Qalhat)	5,54 % et 2,04 %
Gladstone (Australie)	27,5 %	Adgas (Abu Dhabi)	5 %
Qatar II	16,7 %	Cameron (États-Unis)	16,6 %
Qatar I	10 %	Idku (Égypte)	5 %

Sources : rapports d'activité

Au Yémen l'usine, détenue à 39,62 %, située à Bal Haf, actuellement arrêtée, est approvisionnée par le gaz du Champ Marib. Au Qatar les usines Qatar 1 et Qatar 2, implantées à Ras Laffan, sont exploitées par Qatargas. En Norvège, l'usine de liquéfaction de Snøhvit, est située dans l'île de Melkoya, la production est à l'arrêt depuis un incendie en septembre 2020. A Abou Dhabi l'usine est implantée sur l'île de Das.
L'usine située dans la péninsule de Yamal, en Russie, a débuté sa production en novembre 2017, la part de Total est de 29,73 % avec une capacité totale prévue de 16,5 millions de t/an.
En novembre 2017, Total a acquis la participation de 5 % de Engie dans l'usine égyptienne de liquéfaction d'Idku (4,8 milliards de m^3/an achetés en totalité durant 20 ans).
L'usine de Ichthys, en Australie, avec une part de 26 %, et 8,4 millions de t/an a débuté sa production en 2018.
A commencer à produire, en mai 2019, avec une part de 16,6 % héritée d'Engie, sur projet Cameron, aux États-Unis, en Louisiane, de 13,5 millions de t/an.

TotalEnergies détient également des participations dans des usines de regazéification, avec une capacité de 28 milliards de m^3, 25 % à Sabine Pass (États-Unis), 8,35 % à South Hook (Royaume Uni) d'une capacité de 21 milliards de m^3 et 3,2 milliards de m^3 à l'Isle of Grain. En France, les participations de 27,54 % du terminal de Fos Cavaou (13) et 9,99 % de celui de Dunkerque mis en service au cours de l'année 2016, on été vendues en 2018, celle de Fos Tonkin, fin 2020. Détient toujours en France des capacités de 4,2 milliards de m^3 portée à 6,5 milliards de m^3, en octobre 2021, à Montoir. Détient également des capacités de regazéification en Belgique, aux Pays Bas et en construction au Bénin, en Côte d'Ivoire.

Commerce extérieur :

Les importations, en 2021, sont de 474 TWh, dont 35 % liquéfié, en provenance de :

Norvège	31 %	Nigeria	7 %
Russie	21 %	Pays-Bas	7 %
Algérie	9 %	Qatar	1 %

Source : Ministère de la transition écologique et solidarité, Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)

- Le gaz de Russie, amené principalement par gazoduc, arrive en France à Obergalbach (57) près de Sarreguemines. En 2018, les arrivées ont été de 102,9 TWh. Une partie du gaz de

Norvège, avec 98,2 TWh et celui des Pays-Bas avec 55,9 TWh livrés également par gazoduc arrivent à Taisnières-sur-Hon (59) près de Maubeuge. Le gaz des gisements norvégiens de Troll et Sleipner, en Mer du Nord, arrive à Dunkerque (59) avec 190,2 TWh et est dirigé vers le réservoir souterrain de Gournay-sous-Aronde près de Compiègne afin d'alimenter la région parisienne. L'approvisionnement par pipeline représente 80 % de la consommation.
- Le gaz algérien liquéfié, provenant du gisement de Hassi R'Mel, transporté par méthanier est livré aux terminaux exploités par Elengy, filiale de Engie, à Fos-Tonkin (3 milliards de m^3) et Montoir-de-Bretagne (10 milliards de m^3), qui accueille aussi le gaz nigérian. En 2009, mise en service du terminal Fos Gavaou, 8,25 milliards de m^3 de capacité, exploité à 70 % par Engie et 27,6 % par Total qui a depuis vendu sa part. A Dunkerque, un terminal méthanier, exploité par EDF, associé avec Fluxys (société belge) pour 25 % et avec Total pour 10 %, qui a depuis vendu sa part, de 13 milliards de m^3, a commencé à fonctionner en 2016. Les approvisionnements, en 2018, ont été de 65,4 TWh à Fos-sur-Mer, 41,0 TWh à Montoir-de-Bretagne et 10,8 TWh à Dunkerque.

Les exportations, en 2021, sont de 59,8 TWh à destination, en 2018, de la Suisse pour 33,2 TWh et l'Espagne pour 31,3 TWh.

La facture gazière est, en 2020, de 5,1 milliards d'euros.

Transport et distribution :

- Canalisations de gaz : 37 655 km de réseau de transport (dont 33 688 km pour GRTgaz détenu à 75 % par Engie et 5 107 km, situés dans le Sud-Ouest, pour Teréga, ex-TIGF), sous une pression généralement de 67,7 bar, 206 000 km de réseau de distribution. Les canalisations de transport sont en acier, 42 % de celles de distribution en polyéthylène.
- 9 568 communes sont desservies par GRTgaz.

Stockages souterrains dans 16 sites :

- Cavités salines ou ancien gisement de gaz naturel : 4 dans des couches de sel à Etrez (01), Tersanne (26), Hauterives (26) et Manosque (04) et 1 dans un ancien gisement de gaz naturel à Trois Fontaines (51). Ces sites sont exploités par Storengy. Dans le cas des couches de sel, les cavités de stockage ont été obtenues en dissolvant le sel (obtention de saumures utilisées pour produire Cl_2 et NaOH). Les sommets des cavités (de 120 000 à 500 000 m^3) sont situés entre 800 et 1 200 m de profondeur. Actuellement les sites de Hauterives et Trois Fontaines ne sont pas en activité.
- Nappes aquifères : les autres sites de stockage (dont 2 dans le Sud-Ouest (Izaute (32) et Lussagnet (40)) opérés par Teréga (2,84 milliards de m^3 utiles), les autres par Storengy, filiale de Engie, sont situés en nappe aquifère, à Cerville Velaine (54), Gournay-sur-Aronde (60), Germigny-sous-Coulombs (77), St-Clair-sur-Epte (95), Saint-Illiers (78), Beynes (78), Chémery (41), Soings-en-Sologne (41) et Céré-la-Ronde (37). Le gaz chasse l'eau de roches poreuses et perméables (sable...) situées sous un dôme imperméable. Le plus important site de stockage français et le deuxième européen est situé à Chémery (41) à 1100-1200 m de profondeur. Sa capacité est de 7 milliards de m^3. Le volume total de gaz stocké souterrainement est de 25,8 milliards de m^3 dont seulement 11 milliards utilisables. En une journée, le 6-02-1991, le réservoir de Chémery a débité 46,7 millions de m^3 soit l'énergie

qu'aurait dû produire, dans le même temps, 15 tranches nucléaires de 1 300 MW. Actuellement les sites de Soings-en-Sologne et de Saint Clair-sur-Epte ne sont pas en fonctionnement.

Le 23 octobre 2021, le volume utile stocké était de 122,2 TWh, à 74,5 % par Storengy et 25,5 % par Teréga.

Consommation, en 2020 : 494 TWh.

en TWh

Résidentiel	159	Tertiaire	85
Industrie	133	Usage non énergétique	14
Centrales thermiques à gaz	92	Transport	3

Source : Ministère de la transition écologique et solidarité, Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)

Utilisations

[fc-chart id="consommation-gaz-naturel"]

en milliards de m^3

États-Unis	881	Japon	100	Corée du Sud	62
Russie	408	Mexique	97	Égypte	61
Chine	376	Allemagne	77	Inde	58
Iran	229	Royaume Uni	72	Turquie	51
Canada	122	Émirats Arabes Unis	70	Malaisie	49
Arabie Saoudite	120	Italie	65	Ouzbekistan	48

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

En 2022, la consommation de l'Union Européenne est de 343 milliards de m^3.

En 2022, la consommation française est de 38,4 milliards de m^3.

Secteurs d'utilisation :

	États Unis en 2018	UE en 2016	France en 2020		États-Unis en 2018	UE en 2016	France en 2020
Chauffage résidentiel et tertiaire	29 %	39,6 %	49,4 %	Production d'électricité	35 %	29,9 %	18,6 %
Industrie	34 %	22,5 %	26,9 %	Matière première	-	3,5 %	2,8 %

Sources : Ministère de la transition écologique et solidarité, Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) et Eurogas

Record de consommation journalière française le 2 janvier 1997 : 2,4 TWh (210 millions de m^3 de gaz) hors la consommation du Sud-Ouest alimenté par le gaz de Lacq.

Utilisations diverses :

- **Énergie** : en 2020, le gaz naturel représente 16,8 % de la consommation d'énergie primaire en France, 24,5 % dans l'Union européenne, 24,7 % dans le monde, 34,1 % aux États-Unis. Le pouvoir calorifique du gaz naturel est de 10,7 à 12,8 kWh.m^{-3}. C'est une énergie plus "propre" que le charbon ou le pétrole : pas de cendres, pas d'émission de SO_2, peu de NO_x (4 kg/tep) et moins de CO_2 (2 290 kg/tep).
- **Production d'électricité par cogénération** : lorsque le gaz naturel est utilisé pour produire de l'électricité, le rendement est au maximum de 55 %. La chaleur dissipée dans les gaz de combustion et pour la production de vapeur peut permettre de produire de l'eau chaude destinée au chauffage domestique ou industriel. Le rendement énergétique atteint ainsi près de 80 %. En France, des installations de cogénération fonctionnent, en particulier, en hiver, lors des jours de pointe de consommation d'énergie. L'électricité est alors vendue à EDF. En 2016, la capacité installée en France est de 10,9 GW. TotalEnergies, possède des capacités de production d'électricité, dans le monde, à partir de gaz naturel de 3 500 MW. En plus de 4 centrales en France et en Belgique, cette société exploite avec EdF et Texaco une unité de 250 MW sur le site de sa raffinerie de Gonfreville près du Havre. Fonctionnant initialement au gaz naturel, l'installation devrait ensuite utiliser du gaz de synthèse produit par gazéification de résidus lourds de raffinage. Solvay a mis en service une installation de 90 MW à Tavaux qui utilise outre du gaz naturel des gaz résiduels de son usine (méthane et dihydrogène). Engie exploite, depuis 2005, en partie l'installation DK6 de Dunkerque de 788 MW qui utilise également les gaz de haut fourneau de l'usine ArcelorMittal voisine. Une des plus importante centrale de cogénération, au monde, fonctionnant au gaz naturel est celle de Taweelah en Abu Dhabi (1 600 MW), dont TotalEnergies détient 20 %. Cette centrale permet outre la production d'électricité, le dessalement de l'eau de mer (385 000 m^3/jour de capacité).
  Les centrales françaises de production d'électricité à l'aide gaz naturel, en 2020, avec une puissance totale de 6,7 GWe sont situées à Montoir (44), avec 435 GWe, Fos-sur-Mer (13), avec 425 et 486 GWe, Martigues (13), avec 930 GWe, Toul (54), avec 413 GWe, Blénod (54), avec 430 GWe, Saint-Avold (57), avec 860 GWe, Pont-sur-Sambre (59), avec 440 GWe, Dunkerque (59), avec 790 GWe, Gennevilliers (92), avec 210 GWe, Montereau (77), avec 370 GWe, Le Bayet (03), avec 410 GWe, Bouchain (59), avec 575 GWe.
  En 2020, en France, la production d'électricité à partir de gaz naturel a été de 33,2 TWh. Dans le monde, le gaz a été à l'origine de 23,4 % de la production d'électricité.

Principaux pays producteurs d'électricité à partir de gaz naturel, en 2022 : monde : 6 631 TWh, Union européenne : 556 TWh.

en TWh

États-Unis	1 817	Arabie Saoudite	269
Russie	534	Mexique	192
Japon	320	Corée du Sud	173
Iran	300	Égypte	159
Chine	291	Italie	156

Source : Energy Institute Statistical Review of World Energy

- **Carburant** : dans le monde, en 2013, près de 18 millions de véhicules fonctionnent à l'aide du gaz naturel, dont 3,3 millions en Iran, 2,8 millions au Pakistan, 2,2 millions en Argentine, 1,7 million au Brésil, 1,6 million en Chine, 1,5 million en Inde, 1,18 million dans l'Union

européenne dont 902 800, en 2014, en Italie... Dans les années 60 ce carburant était couramment utilisé dans le Sud-Ouest de la France (35 000 véhicules). En France, mi-2020, fonctionnent ainsi 22 000 véhicules (fin 2015 sur un total de 13 755 véhicules il y avait 2 689 bus, 1 122 bennes à ordures ménagères, 275 poids lourds, 6 952 véhicules utilitaires légers (flotte des sociétés gazières) et 2 065 véhicules légers utilisent le gaz naturel avec une consommation, en 2011, de 1,2 TWh). 1 nouveau bus sur 3 circule à l'aide de gaz naturel. Le record de vitesse automobile (1000 km/h) est détenu par un véhicule utilisant du gaz naturel.

- **Matière première chimique** : c'est la principale matière première utilisée pour produire du dihydrogène, lui-même utilisé pour fabriquer de l'ammoniac, du méthanol et de l'acide acétique. Le gaz naturel est utilisé dans plus des ¾ des capacités de production de NH_3 et de méthanol dans le monde. Les pays producteurs de pétrole et de gaz naturel assurent plus des 3/4 de la production mondiale d'urée, plus de la moitié de celles du méthanol et de l'ammoniac.

Le méthane et l'effet de serre

Le méthane participe, comme le dioxyde de carbone et d'autres gaz, à l'effet de serre (voir le focus consacré à l'effet de serre). La teneur de l'atmosphère en méthane est, en 2018, de 1,869 ppmv, l'accroissement annuel est de 0,9 %, soit 44 millions de t.

Les émissions annuelles sont de l'ordre de 400 millions de t, en provenance principalement de la décomposition de matières organiques en milieu anaérobie. Origines des émissions :

	en millions de t/an		
Rizières	50 à 150	Feux de végétation	20 à 80
Zones humides naturelles	50 à 150	Déchets industriels et urbains	30 à 70
Digestion des animaux	65 à 90	Mines de charbon	10 à 50
Insectes (termites…)	10 à 30	Exploitation du gaz naturel	25 à 50

Par exemple, une vache libère, en moyenne, 200 g de méthane par jour.

La consommation du méthane émis est effectuée, en partie, par des bactéries et surtout par oxydation à l'air, avec production finale de dioxyde de carbone.

Le gaz naturel produit, lors de sa combustion dans un moteur, 23 % d'émission de CO_2 de moins que l'essence. A énergie produite équivalente, le gaz naturel émet 20 à 25 % de moins de CO_2 que le pétrole et 40 à 50 % de moins que le charbon.

Autres gaz de combustion

En France, le gaz naturel représente environ 80 % (compté en pouvoir énergétique) du gaz de combustion commercialisé. Divers autres gaz, riches en molécules combustibles sont utilisés.

Gaz manufacturé

Ou gaz à l'eau, gaz de synthèse, gaz d'éclairage, gaz de ville.

Origine : le premier gaz ainsi fabriqué, dès 1815, par distillation de la houille, était destiné à l'éclairage urbain. Supplanté pour cette utilisation par l'électricité, il a été utilisé comme gaz combustible. Puis la concurrence avec le gaz naturel a entraîné, en France, sa disparition. Gaz de

France a exploité jusqu'à 546 usines à gaz de houille, la dernière (Belfort) ayant été fermée en mai 1971.

Le gaz manufacturé initialement fabriqué par distillation de la houille a été ensuite élaboré par reformage de produits pétroliers ou de gaz naturel. Actuellement le gaz de synthèse ainsi produit donne industriellement le dihydrogène (voir ce chapitre).

Composition et pouvoir calorifique : en moyenne.

- Gaz de distillation de la houille : H_2 : 48 % - CH_4 : 36 % - CO : 8 % - CO_2 : 5 %.
- Gaz de synthèse : contient jusqu'à 70 % de H_2 et 30 % de CO_2.
- PCS : 4,9 à 5,2 kWh/m^3.

Utilisations : production industrielle du dihydrogène.

Gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Il est constitué principalement de butane (C_4H_{10}) et/ou de propane (C_3H_8).

Composition et pouvoir calorifique :

- Butane commercial : butane : 90 %, butylène et propane. PCS : 38,3 kWh/m^3. 1 L de butane liquide libère 239 L de gaz (à 15°C, 1 bar).
- Propane commercial : propane : 65 %, propylène : 30 %, éthane, butane. PCS : 27,3 kWh/m^3. 1 L de propane liquide libère 311 L de gaz (à 15°C, 1 bar).

Le GPL utilisé, en France, comme carburant est un mélange généralement constitué de 50 % de propane et de 50 % de butane.

Origine : extraits de certains gaz naturels ou issus du raffinage du pétrole. En 2020, 60 % de la production mondiale provient du gaz naturel, 40 % du raffinage du pétrole brut (1 t de pétrole donne de 20 à 30 kg de GPL).

Production :

La production mondiale est, en 2021, de 329,4 millions de t. Les principaux pays producteurs sont en ordre décroissant : États-Unis, Chine, Arabie Saoudite, Russie, Émirats Arabes Unis.

Situation française :

La production française, en 2019, est de 1,431 million de tonnes, provenant des raffineries de pétrole.
Commerce extérieur, en 2021, avec une pureté > 90 %, hors produits destinés à être transformés chimiquement :

- Exportations :
  - Butane : 416 153 t vers la Belgique à 34 %, la Tunisie à 23 %, le Maroc à 22 %.
  - Propane : 365 319 t vers l'Italie à 79 %, l'Espagne à 9 %.
- Importations :
  - Butane : 1 124 033 t d'Algérie à 44 %, du Royaume Uni à 32 %, des États-Unis à 12 %, de Norvège à 9 %.
  - Propane : 1 662 177 t des États-Unis à 35 %, d'Algérie à 32 %, du Royaume Uni à 15 %, de Norvège à 5 %.

La distribution, en France, en 2020 est réalisée, en nombre d’unités :

- dans des stations de vente de GPL carburant : 1 650,
- à l’aide de camions citernes : 1 100,
- à l’aide de wagons citernes : 410,
- dans des citernes fixes : 800 000,
- dans des bouteilles : 68 millions.

Distributeurs : en France, en 2020.

- Antargaz : filiale du groupe américain UGI, dont la filiale Amerigas est leader américain du propane. Vente, en France de 900 000 t/an de GPL et de GPL carburant dans 700 stations-service.
- Butagaz : filiale du groupe Shell France, a été vendu, en 2015, au groupe irlandais DCC Energy qui a vendu, en 2020, 2,3 millions de t. C'est le n°2 français avec 22 % de part de marché. 4,4 millions de clients pour le gaz en bouteille, 247 000 pour le gaz en citerne, 20 000 t de GPL carburant dans 320 stations.
- Primagaz : filiale du groupe néerlandais SHV Energy, n°1 mondial de la distribution de GPL.
- Vitogaz, filiale du groupe Rubis.

Utilisations : livrés, par les distributeurs, sous forme liquide en bouteilles ou en vrac. Dans certains cas, les clients sont alimentés à partir de réseaux de propane ou d'air propané ou butané comme en Corse. Utilisé par des particuliers ou des industriels comme gaz de combustion ou matière première chimique.

En 2020, en France, sur une consommation totale de 1 544 878 t, 383 565 t ont été livrées dans des bouteilles, 1 126 188 t dans des citernes, 112 816 t comme carburant et 52 099 t par des réseaux de distribution.

Consommations : en 2021, dans le monde : 316,9 millions de t, dans l’Union européenne, en 2014 : 26,3 millions de tonnes, en France, en 2019 : 1,66 million de t. Dans le monde, les principaux pays consommateurs sont, en 2021, en ordre décroissant : Chine, États-Unis, Inde, Arabie Saoudite, Japon.

Secteurs d'utilisation : en 2018.

	Europe	France		Europe	France
Résidentiel et tertiaire	19 %	56 %	Carburant	28 %	10 %
Pétrochimie et raffinage	40 %		Agriculture	2 %	20 %
Autres industries	11 %	14 %			

Sources : Comité Français du Butane et du Propane et WLPGA

L'utilisation dans le secteur résidentiel-tertiaire (cuisson) est concentrée principalement en Espagne, France, Turquie et Italie. Dans le monde, près de 500 millions de ménages et un sur deux dans l'Union européenne utilisent les GPL. La chimie et le raffinage sont prépondérants au Benelux : le GPL est utilisé comme matière première pour la production d'éthylène, propylène, ammoniac, MTBE. En 2015, la consommation de la pétrochimie, en France, est de 2 035 000 t. Le secteur industriel, autre que la chimie, est important en Allemagne (25 % des utilisations) car la flamme de combustion des GPL peut être en contact direct avec les produits, en agroalimentaire, verrerie,

céramique, métallurgie… Le secteur agricole est important en France, dans le chauffage de bâtiments d'élevages avicoles et porcins, de serres, le séchage des récoltes… Le propane est aussi utilisé comme carburant pour les chariots élévateurs : 110 000 t en France, en 2004.

Dans le monde, en 2021, 27,6 millions de véhicules utilisent le GPL, dont 15 millions en Europe. En Turquie 4,6 millions de véhicules, en Russie 3 millions, en Pologne 3 millions, en Corée du Sud 2,1 millions, en Italie 2,3 millions, en Ukraine 2,5 millions, en Thaïlande 1,1 million. Au Japon, 250 000 taxis de Tokyo utilisent le GPL. En France, 190 000 véhicules (0,73 % du parc automobile) emploient le GPL comme carburant et les ventes ont été de 51 000 t.

Gaz de mine (grisou)

Origine : se dégage spontanément dans des mines de charbon.

Composition et pouvoir calorifique : en moyenne.

- CH_4 : 60 % - N_2 : 30 % - CO_2 : 10 %.
- PCS : 5,9 à 7 kWh/m^3.

Production : la production française injectée dans le réseau de transport de gaz naturel est, en 2020, de 183 GWh.

Utilisations : capté, en France, par Gazonor (l'ancienne filiale des Charbonnages de France a été achetée, en 2016, par la Française de l'Energie (LFDE)), depuis 1993, dans des puits de mines désaffectés du bassin minier du Nord-Pas de Calais, à Avion (59) près de Lens. La production a été, en 2019, de 72,2 millions de m^3 d'un gaz contenant 54 % de méthane. Les réserves prouvées et probables sont de 9,2 milliards de m^3, dans les Hauts de France et de 2,144 milliards de m^3 en Lorraine. Le gaz capté dans le Nord-Pas de Calais est utilisé pour produire de l'électricité avec une capacité de 12 MW ou injecté dans le réseau de distribution du gaz naturel. En 2019 a débuté une production en Belgique avec 5,5 millions de m^3 et en 2021 devrait débuter une production en Lorraine, à Lachambre.

Capté également, en Lorraine, par Elyo (Suez) et Dalkia (Veolia environnement) pour alimenter des chaufferies produisant de la chaleur destinée à chauffer des logements, à Forbach (57) et Freyming-Merlebach (57) (6 000 équivalents logements).

Gaz de cokerie

Origine : sous-produit de la cokéfaction de la houille dans les fours à coke des cokeries minières ou métallurgiques (voir le chapitre coke).

Composition et pouvoir calorifique : en moyenne.

- H_2 : 50 % - CH_4 : 25 % - N_2 : 9,5 % - CO : 9 % - CO_2 : 3 %.
- PCS : 4,9 kWh/m^3.

Utilisations : principalement dans les industries sidérurgiques et chimiques.

Gaz de hauts fourneaux

Origine : sous-produit de l'élaboration de la fonte dans les hauts fourneaux.

Composition et pouvoir calorifique : en moyenne.

- N_2 : 50 % - CO : 27 % - CO_2 : 11 % - H_2 : 2 %.
- PCS : 1 kWh/m^3.

Utilisations : production d'électricité, industrie sidérurgique. La centrale de cogénération de Dunkerque fonctionne, en partie, à l'aide du gaz de haut fourneaux de l'usine ArcelorMittal.

Gaz de raffinerie

Origine : sous-produit du raffinage pétrolier.

Composition : contient principalement du méthane ainsi que du dihydrogène et de l'éthane.

Utilisations : industries chimiques et parachimiques.

Biogaz

Ou gaz de décharges.

Origine : fermentation des matières organiques (agricoles, ordures ménagères ou boues de traitement d'eau usées) à l'abri de l'air (méthanisation).

Composition et pouvoir calorifique : en moyenne. 1 t d'ordures ménagères donne 100 m^3 de biogaz soit 550 à 650 kWh.

- CH_4 : 50 à 65 % - CO_2 : 40 à 60 %, H_2 : < 0,5 % - H_2S : 200 à 2 500 ppm.
- PCS : 5,5 à 6,5 kWh/m^3.

Production :

Le biogaz peut être brûlé pour donner de l'électricité ou injecté dans le réseau de gaz naturel on parle alors de biométhane.

Dans l'Union européenne, en 2020, la production primaire d'énergie par le biogaz a été de 14 716 ktep à 80 % issue de la fermentation de déchets et de matières brutes végétales, 11,2 % de gaz de décharges, 7,8 % de boues de stations d'épuration. Les principales installations sont situées en Allemagne avec une production de 7 745 ktep, en Italie avec 2 018 kep et en France avec 1 134 ktep. La production d'électricité a été de 55 755 GWh dont 33 495 GWh en Allemagne, 8 166 GWh en Italie, 2 743 GWh en France et celle de chaleur de 1 001 ktep dont 422 ktep en Allemagne, 274 ktep en Italie, 76 ktep en France.

En France, fin 2021, il y avait 945 sites de production de biogaz (avec, en 2020, 608 d'installations agricoles, 169 de décharges, 107 d'industries agro-alimentaires, 76 de stations d'épuration, 15 d'ordures ménagères) et 365 sites de production de biométhane (avec, en 2021, 309 agricoles, 26 de boues de stations d'épuration, 17 de déchets, 13 d'industries). En France, au 31 décembre 2020, la capacité de production de biométhane est de 3,9 TWh/an. En 2021, 4,3 TWh ont été injectés dans le réseau de distribution de gaz naturel soit 0,92 % de la consommation de gaz naturel.

En France, depuis 1997, le gaz s'échappant des décharges doit être capté pour le valoriser, par exemple par cogénération, ou le brûler. Par exemple, la station d'épuration Seine Aval d'Achères (78) exploitée par le SIAAP, la plus importante d'Europe, traite journellement 1,7 million de m^3 d'eaux usées. Les boues obtenues donnent par méthanisation 150 000 m^3 de biogaz par jour contenant 65 % de CH_4 utilisé pour fournir de l'électricité et de la chaleur représentant 60 % de l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'usine.

Utilisations : le biogaz produit peut être valorisé pour produire de la chaleur et de l'électricité par cogénération ou, après épuration afin d'éliminer principalement le dioxyde de carbone, injecté dans le réseau de distribution du gaz naturel, il est alors appelé biométhane. En France, en 2019, le biogaz est utilisé pour produire de la chaleur à 46 %, de l'électricité à 38 % ou injecté dans le réseau de gaz naturel à 16 %.
Par exemple, le biogaz provenant, depuis août 1988, de la valorisation des ordures ménagères d'Amiens (155 000 personnes) est utilisé pour produire de la vapeur livrée à un industriel voisin. Ce biogaz a été aussi introduit dans le réseau de distribution de gaz naturel de GRTgaz. La matière organique résiduelle est utilisée par la viticulture champenoise et la culture de céréales. Une autre usine a démarré, en novembre 1991, à Tahiti pour traiter la totalité des déchets de l'île (90 000 t/an).