AtMO GRAND EST
Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

2026

Inventaire des productions d'énergie du Grand Est

Méthodologies de calcul V2026
et principaux résultats

REF : INV-EN-023

CONDITIONS DE DIFFUSION

Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions de la licence ODbL v1.0 :

- Licence ouverte de réutilisation d'informations (partage, création et adaptation) en mentionnant la référence (« Source ATMO Grand Est - Invent'Air V2026 »).
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.

Référence du rapport : INV-EN-023

Date de publication : 08/10/2026

PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

Rédaction :	*Yasmine BOUMAZA, Julie MAUCHAMP, Sabine MAZURAIS - Unité Modélisation et Inventaires*
Relecture :	*Charlotte SITZ Coordinatrice de l'Observatoire Climat Air Energie du Grand Est*
Approbation :	*Jérôme LE-PAIH, Responsable de l'Unité Modélisation et Inventaires*

ATMO Grand Est

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim
Tél : 03 69 24 73 73
Mail : contact@atmo-grandest.eu

Avant-propos

La publication de ce rapport méthodologique est réalisée dans le cadre des travaux de **l'Observatoire Climat Air Energie** sur la région Grand Est (https://observatoire.atmo-grandest.eu/).

Cet Observatoire est né d'un travail collaboratif entre la Région Grand Est, l'ADEME, la DREAL dans le but de fournir des éléments d'analyse et d'aide à la décision aux différents acteurs du territoire régional mettant en œuvre des politiques en matière de qualité de l'air, de climat et d'énergie. Il est animé et alimenté techniquement par ATMO Grand Est, association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) qui, dans le cadre de son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air, réalise annuellement un inventaire de l'ensemble des consommations et productions d'énergie ainsi que des émissions de polluants et de gaz à effet de serre, sur l'ensemble de la région et à une échelle infra-communale (IRIS).

Ces inventaires ont vocation à être des outils de diagnostics et d'aide à la décision pour l'accompagnement des services de l'Etat et des collectivités : ils alimentent notamment les travaux de la CREAGE (l'instance de Concertation sur les Ressources, l'Energie et l'Atmosphère en Grand Est) et les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET).

Les données disponibles sur le site de l'Observatoire constituent le socle sur lequel s'appuient la majorité des études dans le domaine de l'atmosphère et de l'énergie en région Grand Est. En effet, la mise à disposition de données annuelles mises à jour chaque année et traitant aussi bien des émissions (gaz à effet de serre et polluants atmosphériques) et des énergies (productions et consommations) permet d'assurer la transversalité Air-Climat-Energie et la cohérence des évolutions d'une année sur l'autre.

Ce document apporte des éclairages méthodologiques sur les productions d'énergie mises à disposition dans les publications de l'Observatoire Climat Air Energie. Il présente également les principaux résultats de ces productions d'énergie par filière.

Un second rapport, disponible lui aussi sur le site internet de l'Observatoire Climat Air Energie, apporte des éclairages méthodologiques sur les consommations d'énergie et émissions atmosphériques.

SOMMAIRE

1. L'INVENTAIRE DE PRODUCTION D'ENERGIE DANS LE GRAND EST 4
1.1. PERIMETRE ET STRUCTURE 4
1.2. METHODES DE CALCUL ET SOURCES DE DONNEES 8
2. FILIERES NON RENOUVELABLES 9
2.1. FILIERE NUCLEAIRE 9
2.2. FILIERE PETROLE 12
2.3. FILIERE CENTRALES ELECTRIQUES THERMIQUES 14
2.4. FILIERE HYDRAULIQUE NON RENOUVELABLE 16
2.5. FILIERE INCINERATION DES DECHETS MENAGERS 18
2.6. FILIERE COKE 22
2.7. FILIERE COGENERATIONS ET AUTRES 23
2.8. FILIERE DESTOCKAGE DE BATTERIES 24
3. FILIERES RENOUVELABLES 25
3.1. FILIERE EOLIENNE 25
3.1. FILIERE HYDRAULIQUE RENOUVELABLE 28
3.2. FILIERE SOLAIRE THERMIQUE 32
3.3. FILIERE PHOTOVOLTAÏQUE 35
3.4. FILIERE BOIS-ENERGIE 38
3.5. FILIERE VALORISATION DE BIOGAZ 43
3.6. FILIERE POMPES A CHALEUR GEOTHERMIQUES 46
3.7. FILIERE POMPES A CHALEUR AEROTHERMIQUES 51
3.8. FILIERE GEOTHERMIE TRES HAUTE ENERGIE 53
3.9. FILIERE BIOCOMBUSTIBLES 54
3.10. FILIERE AGROCARBURANTS 56
ACRONYMES 59
GLOSSAIRE 60
ANNEXE 1 : SOURCES DE DONNEES 61
ANNEXE 2 : TABLEAU DE SYNTHESE DE L'ARCHITECTURE DE L'INVENTAIRE 62
ANNEXE 3 : PRODUCTION D'ENERGIE A PARTIR DE BOIS ENERGIE (HORS BILAN) 64
ANNEXE 4 : PART D'ENERGIE RENOUVELABLE DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE : DEFINITION DONNEE DANS LA DIRECTIVE 2009/28/CE 66
ANNEXE 5 : PRISE EN COMPTE DES PAC : ANNEXE VII DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE 68
ANNEXE 6 : NORMALISATION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EOLIEN : ANNEXE II DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE 69
ANNEXE 7 : BIOCARBURANTS : DIRECTIVE 2003/30/CE ET PROJET DE DIRECTIVE DU 17 OCTOBRE 2012 70
ANNEXE 8 : PART DE L'INCINERATION DES DECHETS A CONSIDERER COMME RENOUVELABLE : EXTRAITS DE L'ARRETE DU 8 NOVEMBRE 2007 ET DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE 71
ANNEXE 9 : METHODE DE « L'EQUIVALENT PRIMAIRE A LA PRODUCTION » ET METHODE DU « CONTENU ENERGETIQUE A LA CONSOMMATION » 72

1. L'INVENTAIRE DE PRODUCTION D'ENERGIE DANS LE GRAND EST

1.1. PERIMETRE ET STRUCTURE

L'objectif initial de cet inventaire était de calculer et présenter la **production primaire d'énergie du Grand Est** (i.e. ressources existantes sur le territoire).

L'inventaire développé dans le cadre du présent projet couvre les limites géographiques de la Région Grand Est[1] . La résolution spatiale la plus fine de l'inventaire de production d'énergie est la commune.

Pour certaines filières, les données sont directement produites à l'échelle des établissements (codes SIRET). Ces données sont ensuite rattachées à chaque commune concernée.

Les années de référence disponibles sont 2005, 2010, 2012 et 2014 à 2024.

1.1.1. Flux d'énergie et bilan

L'inventaire recense les productions d'énergie les plus primaires possibles c'est-à-dire les plus en amont de la chaîne de flux (voir **Figure 1**). Pour certaines filières l'énergie à recenser est, **par convention**, la quantité de chaleur ou d'électricité produite (voir **Annexe 9 :** Méthode de « l'équivalent primaire à la production » et méthode du « contenu énergétique à la consommation »).

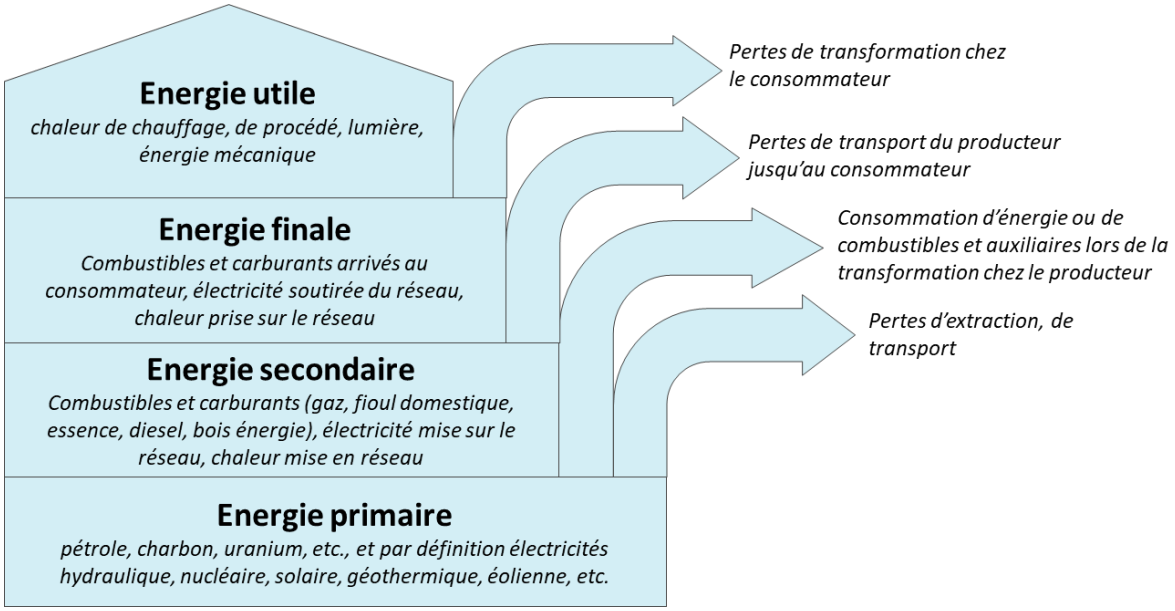


Figure 1: Schéma général de flux d'énergie primaire, secondaire, finale, utile

Les filières dont les quantités de chaleur et d'électricité sont inventoriées pour information mais qui n'apparaissent pas dans les bilans finaux (cartes, graphiques) sont dites **« hors bilan »**. Ces données sont susceptibles de présenter des doubles-compte avec les données de productions primaires considérées dans le bilan.

[1] *Dans le cas où un EPCI serait composé de communes appartenant à plusieurs régions distinctes, seules les données des communes situées sur le territoire de la région Grand Est sont prises en compte. Nous vous invitons à vous rapprocher de nos collègues des régions limitrophes en cas de besoin.*

1.1.2. Origine « Grand Est »

Lorsque les données le permettent, seules les productions d'énergie du Grand Est sont prises en compte. Il peut s'agir par exemple des quantités de bois énergie produites sur des sites de la région même si la consommation pourra avoir lieu ailleurs (dans ce cas la production de bois énergie n'est pas égale à la consommation).

En revanche, des informations telles que la part d'agro-carburant produite à partir de biomasse agricole cultivée hors de la région, les imports de déchets de régions voisines dans les usines d'incinération, ou les imports de bois consommé dans les chaufferies bois de la région ne sont pas disponibles.

1.1.3. Unités et facteurs de conversion de l'énergie

L'unité utilisée est le gigawattheure (GWh), en cohérence avec les préconisations liées au format de rapportage des plans climat air énergie territoriaux (PCAET).

1 tep PCI = 41,868 GJ = 11 630 kWh PCI

Energie	Unité physique	Gigajoules (GJ) (PCI)
Charbon		
Houille	1 t	26
Coke de houille	1 t	28
Agglomérés et briquettes de lignite	1 t	32
Lignite et produits de récupération	1 t	17
Produits pétroliers		
Gazole / fioul domestique	1 t	42,6
GPL	1 t	46
Essence moteur et carburéacteur	1 t	44
Fioul lourd	1 t	40
Coke de pétrole	1 t	32
Electricité		
Production d'origine nucléaire	1 MWh	3,6
Production d'origine géothermique	1 MWh	3,6
Autres types de production, consommation	1 MWh	3,6
Bois	1 stère	6,17
Gaz naturel et industriel	1 MWh PCS	3,24

Tableau 1 : équivalences énergétiques

Sources : Bilan énergétique de la France pour 2017, Février 2019 – SDES ; Guide OMINEA 15e édition, mai 2018 – CITEPA ; Manuel sur les statistiques de l'énergie, 2005 – OCDE, Agence internationale de l'énergie et Eurostat

1.1.4. Filières de production

Les filières de production d'énergie sont considérées en 3 « grandes filières » : les énergies renouvelables, les énergies non renouvelables et le hors bilan. Le détail des différentes filières est décrit en **Annexe 2** : Tableau de synthèse de l'architecture de l'inventaire.

Les filières de production dites **« renouvelables »** sont les suivantes :

- L'**hydraulique** : électricité produite par la grande hydraulique (installations de plus de 10MW), par la petite hydraulique (installations entre 1 et 10MW), et par la micro-hydraulique (installations de moins de 1MW) ;
- Le **solaire thermique** : production de chaleur des chauffe-eau solaires collectifs (CESC), individuels (CESI) et des systèmes solaires combinés ;
- Le **solaire photovoltaïque** : production d'électricité des panneaux photovoltaïques mise sur le réseau ;
- Le **bois-énergie** : quantité de bois énergie produite (récolte) dans le Grand Est (bois bûche, plaquettes, etc.), <u>à ne pas confondre avec la quantité de chaleur ou d'électricité produite à partir de ce bois</u> (considéré en hors bilan) ;
- L'**incinération des déchets – part renouvelable** : valorisation d'énergie lors de l'incinération de déchets – part considérée comme renouvelable (déchets biodégradables, voir **Annexe 8 :** Part de l'incinération des déchets à considérer comme renouvelable : Extraits de l'Arrêté du 8 novembre 2007 et de la Directive 2009/28/CE) ;
- **Les pompes à chaleur (PAC) géothermiques** (et aquathermiques) : énergie extraite du sol par les pompes à chaleur géothermiques ;
- **Les PAC aérothermiques** : production d'énergie renouvelable par les pompes à chaleur aérothermiques selon l'**Annexe 5 :** Prise en compte des PAC : annexe VII de la Directive 2009/28/CE ;
- Le **biogaz** : production de chaleur et/ou d'électricité à partir de biogaz, ou injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel ;
- Les **agrocarburants** : production de biocarburant dans la région Grand Est ;
- Les **biocombustibles** : cultures utilisées comme biocombustible (miscanthus, sorgho fibre, igniscium)
- La **géothermie très haute énergie :** production de chaleur et/ou d'électricité à partir de la chaleur du sous-sol à une profondeur supérieure à 1500m et dont la température est supérieure à 150°C,
- L'**éolien** : production d'électricité à partir des aérogénérateurs ;

Les filières « **non renouvelables** » sont les suivantes :

- Le **nucléaire** : électricité produite aux bornes de la centrale ;
- Le **pétrole** : quantité de pétrole extraite dans la région du Grand Est ;
- L'**hydraulique non renouvelable** : production d'électricité par pompage depuis la centrale hydraulique de Revin.
- L'**incinération des déchets** – **part non renouvelable** : valorisation d'énergie lors de l'incinération de déchets – part considérée comme non renouvelable (déchets non biodégradables, voir **Annexe 8** : Part de l'incinération des déchets à considérer comme renouvelable : Extraits de l'Arrêté du 8 novembre 2007 et de la Directive 2009/28/CE) ;

Les filières « **Hors bilan** », considérées à part pour éviter les doubles-comptes avec les filières de production d'énergie primaire renouvelable ou non renouvelable sont les suivantes :

- Le **chauffage urbain** : production de chaleur livrée sur les réseaux, en distinguant l'origine renouvelable (bois, autre EnR, ou récupération de chaleur fatale) ou non renouvelable ;
- La production de **froid urbain**, alimentant les réseaux de froid ;
- La **production d'énergie à partir de bois-énergie** : avec une distinction possible entre production d'électricité livrée sur le réseau, chauffage urbain bois, et chaleur **utile** produite par la combustion bois dans les appareils de chauffage individuels ou collectifs, hors réseau.
- Les **cogénérations et autres (hors EnR)** : production d'électricité injectée sur le réseau issue d'énergies non renouvelables ;
- L'**électricité déstockée** à partir de batteries, alimentant le réseau électrique, sans connaître précisément la source de production et l'origine géographique de cette électricité (à priori liée au caractère saisonnier de la production d'électricité photovoltaïque et éolienne) ;
- Les **centrales électriques thermiques** : production d'électricité des grandes centrales à combustibles fossiles de la région Grand Est ;
- La production de **coke** et charbon dans les cokeries du Grand Est

1.1.5. Types d'énergie - vecteurs

Dans l'inventaire, l'énergie primaire produite dans la région du Grand Est est répartie dans l'inventaire en trois « **vecteurs** » :

- **Combustibles et carburants** : extraction de pétrole, production d'agro-carburants, production de bois énergie (filière forêt/bois), cultures énergétiques destinées à la combustion, etc…
- **Electricité** : nucléaire, photovoltaïque, produite lors de l'incinération de déchets ou à partir de biogaz, etc. Elle peut être produite seule ou par récupération de chaleur résiduelle c'est-à-dire en cogénération. Selon les années, une même installation peut produire de l'électricité seule ou en cogénération.
- **Chaleur** : valorisée lors de l'incinération de déchets ou issue de la combustion de biogaz, chaleur solaire thermique, etc. Elle peut être produite seule ou avec production simultanée d'électricité c'est-à-dire en cogénération. Selon les années, une même installation peut produire de la chaleur seule ou en cogénération.

La cogénération est un vecteur transversal disponible pour différentes filières (déchets, biogaz, bois énergie, etc.).

1.2. METHODES DE CALCUL ET SOURCES DE DONNEES

1.2.1. Sources méthodologiques

La méthode générale pour l'inventaire de production d'énergie découle de celle de l'inventaire des consommations d'énergie et émissions de polluants et de gaz à effet de serre. Une fiche méthodologique est réalisée par filière, intégrant un organigramme de calcul, les données primaires, les calculs intermédiaires, une ventilation de données régionales à maille communale, une validation, et une mise en forme des résultats finaux.

Contrairement à l'inventaire de consommations d'énergie et d'émissions, il n'existe pas encore de guide méthodologique national de référence pour l'élaboration d'inventaire territorial des productions d'énergie. ATMO Grand Est est cependant engagé dans les travaux de convergence méthodologiques en cours entre les membres du réseau des agences régionales de l'énergie et de l'environnement (RARE).

Les périmètres, hypothèses et méthodes de calcul pour chaque filière ont fait l'objet de concertations dans le cadre de l'Observatoire Grand Est et ont été croisés avec le « Panorama des énergies renouvelables et de récupération en région Grand Est » publié par la DREAL Grand Est. De nombreuses références et données ont été utilisées pour l'élaboration de cet inventaire régional (voir **Annexe 1** : sources de données).

L'objectif de ce rapport est de présenter les méthodologies appliquées, les données utilisées et les pistes d'amélioration envisagées.

1.2.2. Synthèse des méthodes de calcul et sources de données

Le Tableau 2 synthétise les principales données utilisées pour l'estimation de chaque filière. Le code couleur utilisé permet de visualiser la qualité des données et des estimations effectuées. L'inventaire utilise autant que possible des données locales directement issues des exploitants (approche bottom-up). Pour les filières plus diffuses, une approche top-down est utilisée en territorialisant une donnée de référence régionale .

Filières	Sources de données	2005	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Eolien	DREAL, SDES, RTE, ENEDIS, ELD														
Nucléaire	RTE														
Photovoltaïque	RTE, ENEDIS, ELD, SDES, Journal officiel, DREAL														
Pétrole	BEPH, SDES														
Hydraulique	DREAL, SDES, ENEDIS, RTE, ELD														
Filière bois	Observatoire bois énergie Grand Nord Est														
Chauffage urbain	Exploitants, SDES, ENEDIS, ELD														
Incinération déchets	Exploitants														
Biogaz	DREAL, ADEME, RTE, ENEDIS, ELD, GRDF, GRT														
Géothermie profonde	SDES, ES														
Autres non renouvelable	Exploitants, RTE														
PACs géothermiques	BRGM, ADEME, Eurobserv'ER, Région														
PACs aérothermiques	Eurobserv'ER														
Solaire thermique	ADEME, Région														
Agrocarburants	Exploitants, DREAL														
Cultures énergétiques	RGA														
Cogénération et autres	RTE, ENEDIS, ELD														
Déstockage batterie	ENEDIS														

Légende :
- Données exploitants, listings ou enquêtes précis, ou calcul direct à partir de données exploitants
- Estimation de type prorata par rapport à une année de référence, ou ventilation géographique d'un total régional
- Filière reconstituée avec de fortes hypothèses

Tableau 2 : Aperçu des données et méthodes utilisées pour chaque filière de production Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

2. FILIERES NON RENOUVELABLES

2.1. FILIERE NUCLEAIRE

2.1.1. Informations générales

L'énergie nucléaire est celle obtenue par la fission des atomes d'uranium puis transformée en électricité. Par convention la chaleur de fission est comptabilisée en tant qu'énergie primaire. Une justification de cette convention réside dans l'importance de l'investissement énergétique dans le système de transformation d'énergie que représente la centrale nucléaire (voir **Figure 2**).

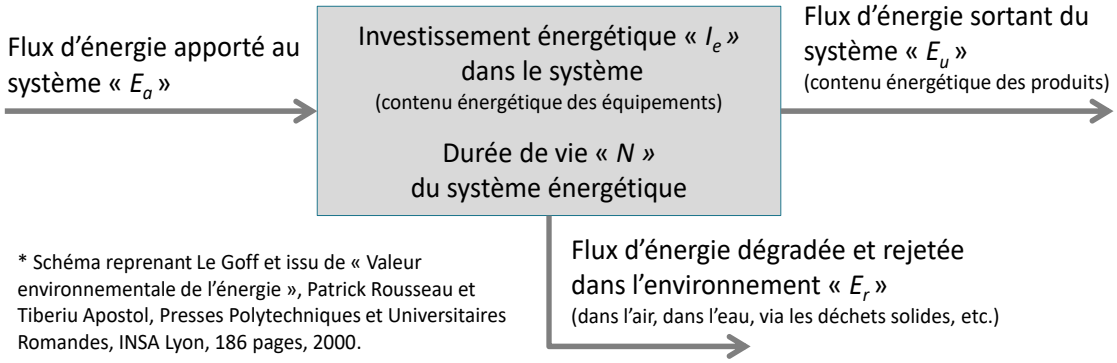


Figure 2 : Flux d'énergie d'un système

2.1.2. La filière nucléaire dans le Grand Est

Dans la région du Grand Est, il existe quatre centrales nucléaires exploitées par EDF :

- Fessenheim (1 760 MWe) en Alsace, fermée en juin 2020
- Chooz (3 000 MWe) et Nogent sur Seine (2 620 MWe) en Champagne Ardenne
- Cattenom (5 200 MWe) en Lorraine.

Tous les réacteurs actuellement en service dans le Grand Est mais également dans toute la France appartiennent à la technologie dite « Réacteurs à Eau Pressurisé » (REP).

2.1.3. Méthode de calcul

La production régionale d'électricité nucléaire nette (aux bornes de la centrale) donnée par RTE est directement reprise dans l'inventaire régional. La méthode de l'équivalent primaire à la production est utilisée (voir **Annexe 9** : Méthode de « l'équivalent primaire à la production » et méthode du « contenu énergétique à la consommation »).

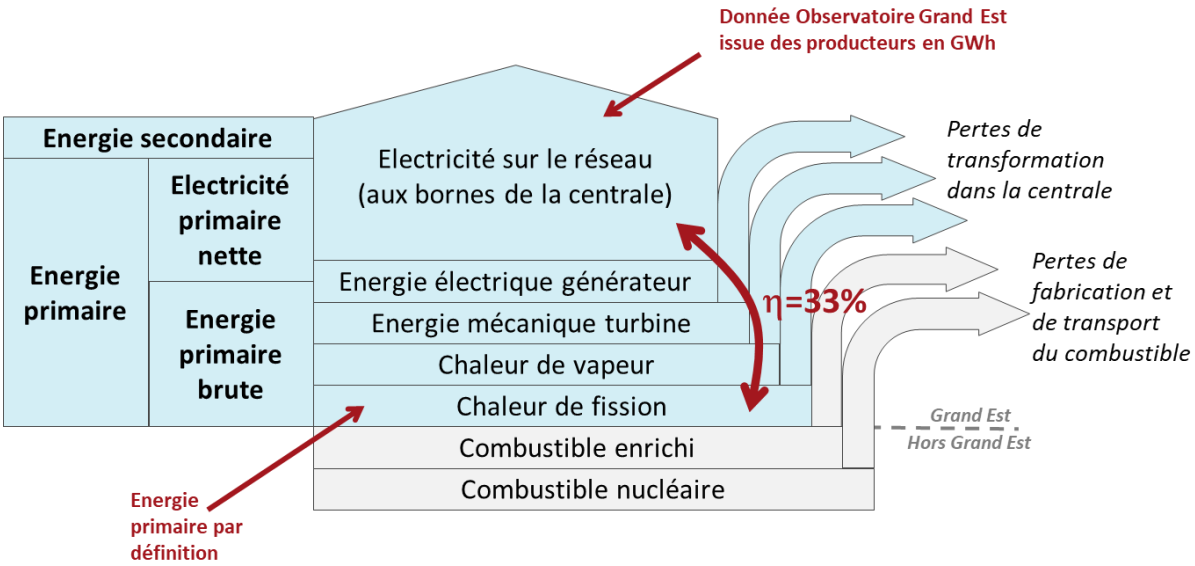


Figure 3 : Prise en compte de la production d'électricité nucléaire

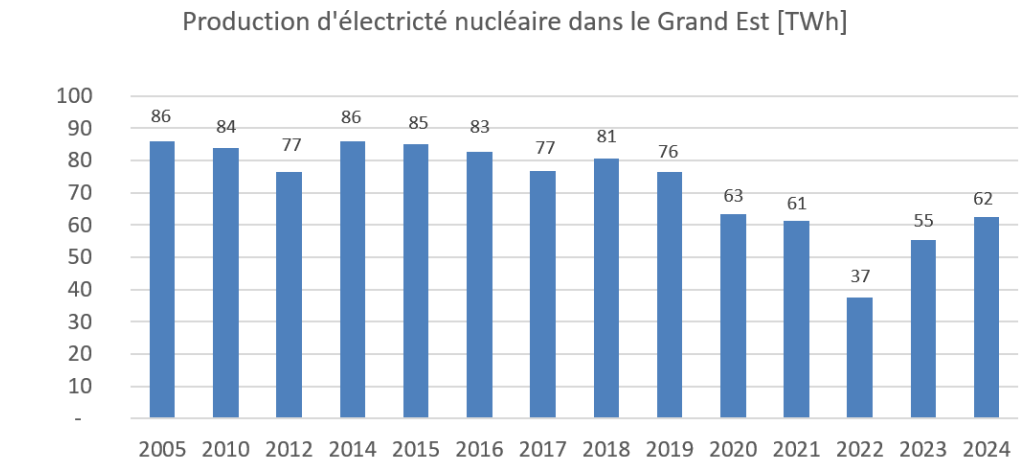
La quantité de chaleur produite n'étant pas toujours connue, un rendement de 33% est choisi, ce qui correspond à la moyenne européenne des centrales nucléaires[2].

2.1.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données sont validées car elles proviennent directement des statistiques régionales de RTE.

2.1.5. Analyse des résultats et des tendances

La figure ci-après montre l'évolution de la production nette d'électricité nucléaire dans le Grand Est.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 4 : Evolution de la production nette d'électricité nucléaire dans le Grand Est [GWh]

De façon générale, la production d'électricité d'origine nucléaire dans le Grand Est est restée relativement stable entre 2005 et 2019. Toutefois, on constate une baisse de la production en 2012 qui est également

[2] *https://www.iea.org/statistics/resources/questionnaires/faq/*

observée à l'échelle nationale. Cette baisse s'explique par des arrêts de maintenance estivaux plus longs[3]. De la même façon, on observe une baisse marquée de la production en 2017 aussi bien à l'échelle régionale qu'à l'échelle nationale. Ceci en raison des arrêts forcés de plusieurs tranches durant les premiers mois de l'année[4]. L'année 2020 est marquée par une forte baisse de production par rapport à 2019 (-17%), caractérisée par une baisse de la consommation dans le contexte de la crise sanitaire, ainsi que par la fermeture définitive fin juin des derniers réacteurs de la centrale de Fessenheim[4]. En 2022, la chute de production observée provient des indisponibilités du parc nucléaire[5]. La hausse marquée en 2023 se poursuivant en 2024 s'explique principalement par une bien meilleure disponibilité du parc nucléaire régional[6].

2.1.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Les prochaines mises à jour se feront sans difficulté car il n'y a pas de projet de construction de centrale nucléaire prévu dans le Grand Est. De plus, les données de production pour les années suivantes seront disponibles.

2.1.7. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

En 2024, le Grand Est représente environ 17% de la production française d'électricité nucléaire (comparaison de la donnée de l'inventaire avec celle du Bilan énergétique de la France pour 2024).

[3] *Bilan électrique et perspectives 2012 Grand Est, RTE.*
[4] *Bilan électrique de la France, RTE et Connaissance des énergies*
[5] *Bilan électrique 2022 en Grand-Est, RTE.*
[6] *Bilan électrique de la France pour 2024, RTE*

2.2. FILIERE PETROLE

2.2.1. Informations générales

Cette filière recense la quantité de pétrole extraite du sol dans la région du Grand Est.

2.2.2. La filière pétrole dans le Grand Est

Une vingtaine de gisements de pétrole sont présents en région Grand Est. Le tableau ci-dessous reprend les différents gisements pris en compte dans l'inventaire :

Zones	Société opératrice	Gisement
Alsace	GEOPETROL	Eschau
		Schelmenberg
		Scheibenhard
	OELWEG	Muehlweg
Bassin Parisien	LUNDIN	Courdemanges
		Dommartin-Lettrée
		Grandville + Grandville Est
		Hautefeuille
		La Motte Noire
		Soudron
		Vert-la-Gravelle
		Villeperdue
		Villeseneux
	GEOPETROL/LUNDIN	Fontaine-au-Bron + FAB Sud
	SPPE	Saint-Martin-de-Bossenay
		Avon-la-Pèze
		Saint-Lupien
		Saint-Eloi

Tableau 3 : Liste des gisements de pétrole repris dans l'inventaire V2026 ATMO Grand Est

Certains gisements s'étendent sur plusieurs régions. Le gisement est affecté à la région qui possède la majorité de ces puits. C'est notamment le cas du gisement de Bagneux qui se trouve à cheval entre l'Aube (Grand Est) et l'Yonne (Bourgogne-Franche-Comté). La majorité de ses puits étant situés dans l'Yonne, il ne fait pas partie de l'inventaire du Grand Est.

2.2.3. Méthode de calcul

Les données par gisement proviennent du Bureau Exploration-Production des Hydrocarbures (BEPH) qui publie des statistiques relatives aux activités d'exploration et de production pétrolière et gazière en France.

Depuis le 1er janvier 2016, ces publications ne sont plus mises à jour sur le site du BEPH[7]. Des hypothèses ont été posées pour reconstituer les années 2015 (mois de décembre manquant), quant aux années 2016 à 2023 elles ont été estimées sur la base des quantités régionales de pétrole produit. L'année 2024 a été estimée à l'aide des productions françaises en raison d'une indisponibilité des données.

Ces quantités par gisement sont réparties par puits producteur et donc par commune en utilisant leur localisation disponible sur le site du BRGM.

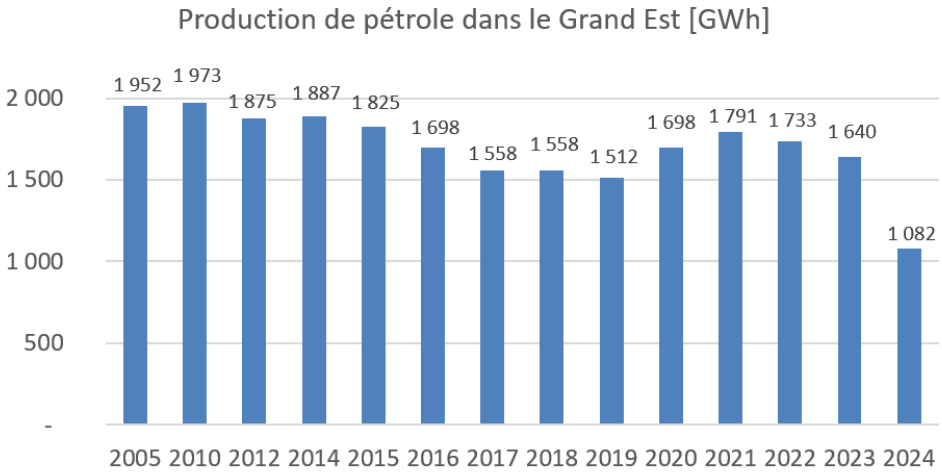
[7] *http://www.journaldelenvironnement.net/article/hydrocarbures-black-out-sur-le-beph,72897*

2.2.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données proviennent du BEPH pour la série 2005-2015, et sont reconstituées proportionnellement à 2015 pour la série 2016-2023 à partir des statistiques régionales du SDES. La production de pétrole est donc bien renseignée pour l'ensemble des années d'inventaire, hormis pour 2024 pour laquelle aucune statistique n'était disponible à l'échelle du Grand-Est au moment des calculs.

2.2.5. Analyse des résultats et des tendances

La production de pétrole dans le Grand Est a connu une baisse entre 2005 et 2019, et observe une hausse entre 2019 et 2021. L'estimation 2024 de la production régionale étant dérivée de la production nationale, la baisse observée reflète principalement le recul de la production nationale. Elle ne peut être interprétée comme le reflet d'une évolution propre à la production régionale.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 5 : Evolution de la production de pétrole dans le Grand Est [GWh]

2.2.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Les données du BEPH n'étant plus disponibles au niveau des gisements, il faudrait trouver une nouvelle source de données pour les années récentes. La donnée de production réelle du Grand-Est en 2024 sera à intégrer (1454 GWh), elle se substituera à l'estimation actuelle.

2.3. FILIERE CENTRALES ELECTRIQUES THERMIQUES

2.3.1. Informations générales

Cette filière regroupe les centrales produisant de l'électricité à partir de la combustion de combustibles fossiles. Une centrale électrique thermique est une centrale qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur selon le principe des machines thermiques. Cette transformation se fait soit directement, par détente des gaz de combustion, soit indirectement, via un cycle eau-vapeur.

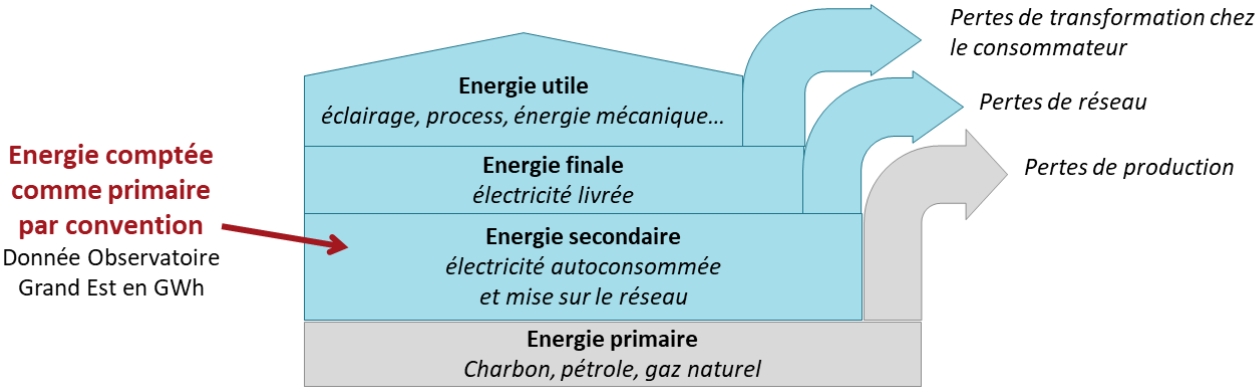


Figure 6 : De l'énergie primaire à la production d'électricité dans les centrales thermiques

2.3.2. La filière « centrales électriques thermiques » en Grand Est

Le Grand Est compte en 2024, 3 centrales thermiques fonctionnelles, toutes situées dans l'ancienne région Lorraine.

Nom de la centrale	Puissance (MW)
Centrale EDF de la Maxe (arrêtée en 2015)	500
Centrale EDF de Blénod-lès-Pont-à-Mousson	451
Centrale EDF de Richemont (arrêtée en 2009)	180
Centrale Emile Huchet à Saint-Avold - GazelEnergie/TotalEnergies	1 468
Centrale TotalEnergies à Toul	405

Tableau 4 : liste des 5 centrales électriques thermiques considérées dans l'inventaire

La centrale de Blénod est une centrale à cycle combiné gaz. Ce type de centrale est composée d'une turbine à combustion et d'une turbine à vapeur.

La centrale électrique Émile-Huchet est l'une des plus grosses centrales thermiques de France. Elle possède, en activité, une tranche de 618 MWe au charbon (GazelEnergie) et 2 tranches cycle combiné au gaz naturel d'environ 430 MWe chacune (TotalEnergies).

Comme pour la centrale de Blénod, la centrale de Toul est une centrale à cycle combiné gaz.

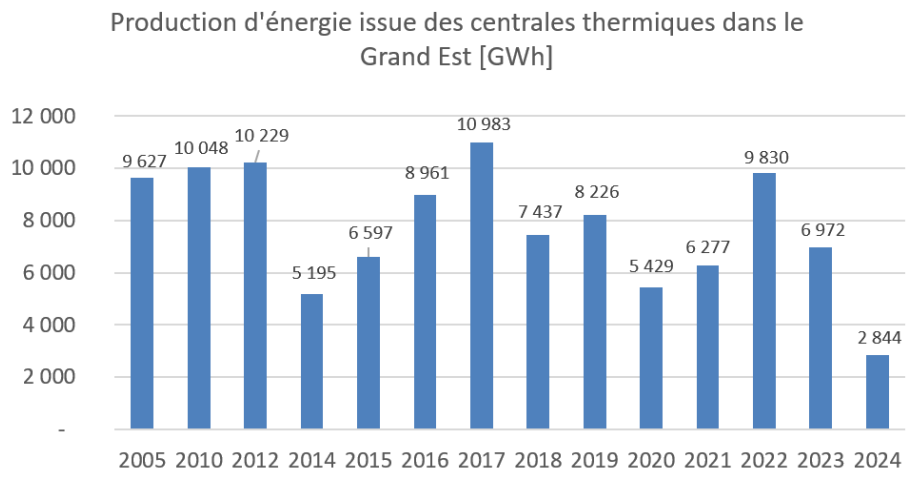
2.3.3. Méthode de calcul

La production d'énergie de ces centrales nous est communiquée par les industriels pour les années historiques (avant 2015) et via les données open data RTE depuis 2015.

2.3.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données de production pour cette filière sont des données réelles.

2.3.5. Analyse des résultats et tendances



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 7 : Evolution de la production d'électricité issue des centrales thermiques en Grand Est

La quantité d'électricité régionale produite dans des centrales thermiques a augmenté très légèrement entre 2005 et 2012 avant de chuter drastiquement en 2014. Cette baisse s'explique par le climat particulièrement doux cette année-là (année la plus chaude enregistrée depuis 1900). Entre 2014 et 2016, la production évolue en concordance avec la rigueur climatique. En 2017, on a observé la production la plus importante des 12 dernières années. Comme pour la filière nucléaire, une forte baisse est constatée en 2020 (-34% par rapport à 2019), notamment en lien avec la baisse de consommation engendrée par la crise sanitaire. En 2022, les centrales thermiques ont été plus sollicitées afin de compenser les baisses de productions nucléaires et hydrauliques. La chute en 2023 et 2024 s'explique notamment par un retour à une forte disponibilité du nucléaire.

2.3.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Il n'y a pas de nouveaux sites dans la région et les productions devraient à nouveau être disponibles en open data via RTE.

2.4. FILIERE HYDRAULIQUE NON RENOUVELABLE

2.4.1. Informations générales

Cette filière recense la production d'électricité des **stations de transfert d'énergie par pompage** (STEP). La production d'énergie recensée dans cet inventaire est la production nette d'électricité c'est-à-dire l'électricité qui est mesurée directement à la sortie de la centrale.

Constituée de deux bassins, la STEP fonctionne selon la technique du pompage turbinage qui consiste à stocker de l'eau par pompage dans un bassin lorsque la demande d'électricité est faible et de la restituer lorsque la demande est forte afin de produire de l'électricité.

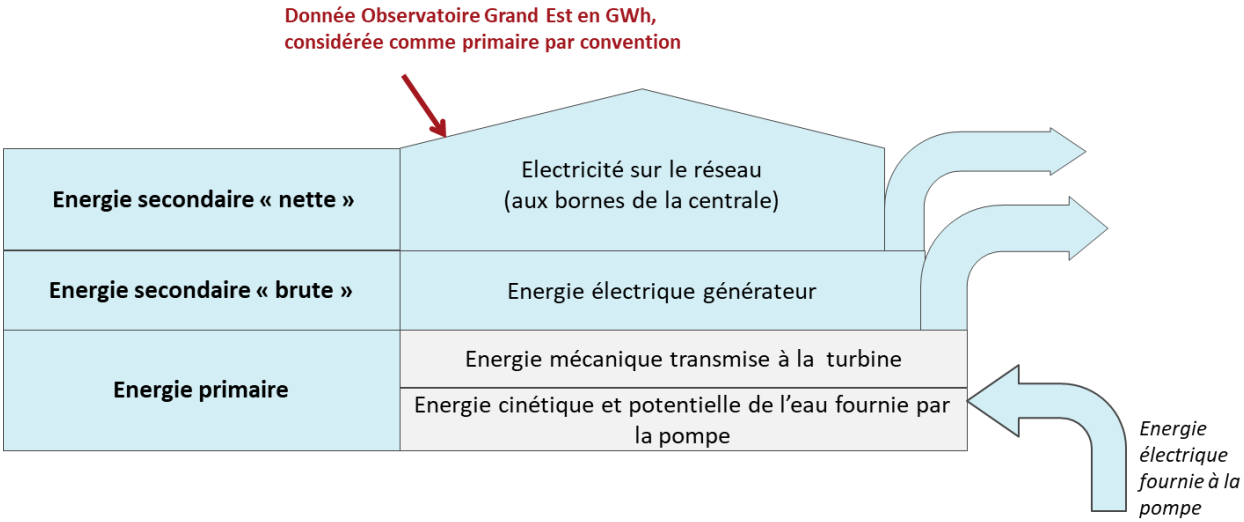


Figure 8 : De l'énergie primaire à la production d'électricité STEP

2.4.2. La filière hydraulique non renouvelable dans le Grand Est

Dans ce bilan, la seule STEP prise en compte est la STEP de Revin : située dans les Ardennes et d'une puissance de 808 MW, elle est la 3ème STEP de France en termes de puissance installée.

2.4.3. Méthode de calcul

La méthodologie consiste à utiliser les données réelles de productions, disponibles via les opendata RTE depuis l'année 2015.

Pour les années antérieures, les productions sont reconstituées à partir des productions régionales totales, puis bouclées simultanément avec l'hydraulique renouvelables grâce aux données régionales fournies par le SDES pour l'année 2005 et RTE pour les années 2010-2012-2014.

2.4.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données de production de l'hydraulique non renouvelable sont fiables car elles proviennent du gestionnaire de réseau de transport français d'électricité pour les années récentes, et sont cohérentes avec les statistiques régionales pour les années antérieurs car bouclées en partie sur les données SDES et RTE.

2.4.5. Analyse des résultats et tendances

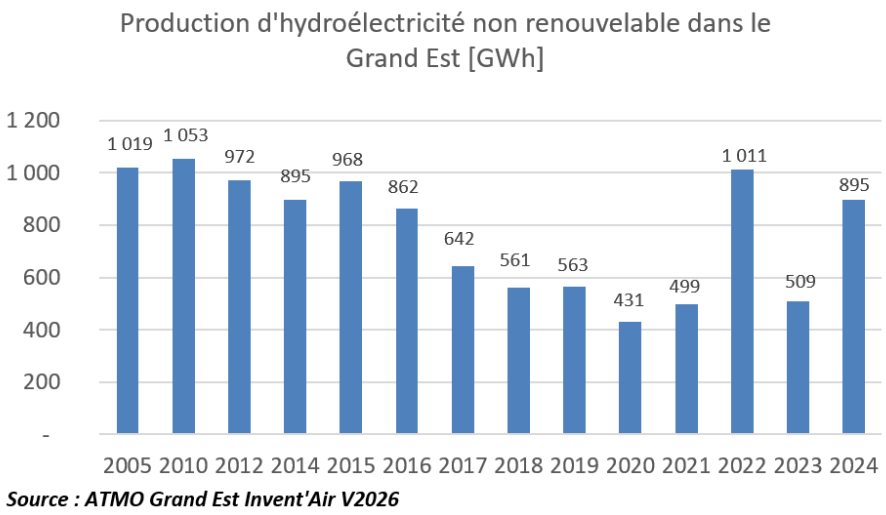


Figure 9 : Evolution de la production d'hydroélectricité non renouvelable

On constate une baisse globale de la production, avec une chute importante depuis 2016 en partie imputable à une faible pluviométrie. Une forte hausse s'observe en 2022 (+103% par rapport à 2021), en lien avec la diminution significative de la disponibilité du parc nucléaire. Une nouvelle progression est enregistrée en 2024 (+76 % par rapport à 2023), favorisée par des conditions hydrologiques favorables.

2.4.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Les données de la série 2005-2014 ne sont pas réelles mais obtenues par des estimations, l'enjeu serait de collecter l'ensemble des données réelles de production auprès des exploitants des centrales.

2.5. FILIERE INCINERATION DES DECHETS MENAGERS

2.5.1. Informations générales

Cette filière recense la production de chaleur et/ou d'électricité lors de l'incinération des déchets (voir **Figure 10**). Il s'agit de valoriser un gisement existant, celui du tonnage de déchets à incinérer. Néanmoins la gestion de cette filière vise en priorité la diminution de la production des déchets, puis la valorisation par recyclage ou compostage, puis en troisième place seulement la valorisation énergétique et enfin la mise en décharge, réservée aux déchets ultimes.

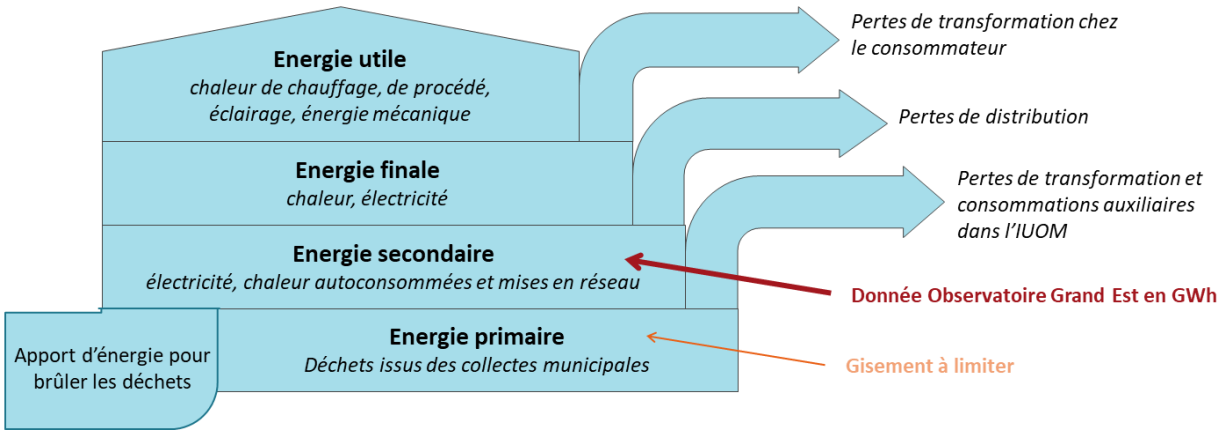


Figure 10 : De l'énergie primaire à l'énergie utile pour la filière déchets

La production de chaleur et/ou d'électricité à partir de déchets est séparée en une part renouvelable et une part non renouvelable. La part renouvelable est définie en fonction de la part de biomasse présente dans les déchets incinérés. Par commodité ce chapitre traite à la fois des parts renouvelable et non renouvelable de cette filière.

2.5.2. La filière incinération des déchets dans le Grand Est

Douze sites sont répertoriés dans l'inventaire et sont listés dans le **Tableau 5**.

Communes et exploitants	Caractéristiques
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Strasbourg (Rohrschollen), propriété EMS, Strasbourg. Exploitant : Société SENERVAL, filiale du Groupe SECHE)	Produit, vend et auto-consomme de l'électricité et de la vapeur : vente de vapeur à Sil FALA, Sensient et General Motors (réseau de 4.3km). Production d'électricité avec un groupe turbo-alternateur d'une puissance de 22MW. Ce site est en désamiantage depuis septembre 2016 et n'a donc pas fonctionné sur les années 2017 et 2018.
CTVE ou Centre de Valorisation Energétique des Ordures Ménagères (CVEOM) de Schweighouse-Sur-Moder (Haguenau), SMITOM de Saverne. Exploitant : NOVERGIE Nord-Est.	Possède un groupe turbo alternateur depuis 2002, et produit de l'électricité et de la chaleur autoconsommées et vendues (vente de vapeur au papetier SONOCO et d'eau chaude au papetier Schaeffer France).
Centre de Valorisation Energétique (CVE), SITDCE de Colmar. Exploitant : SENERVAL	Alimente en chaleur la SCCU de Colmar
Centre de traitement et de valorisation des déchets (CTVD) ou Usine d'Incinération de Résidus Urbains (UIRU) de Sausheim, SIVOM de l'Agglomération Mulhousienne. Exploitant : NOVERGIE.	Remplace depuis 2001 l'UIOM de Didenheim et produit de l'électricité (dont autoconsommation propre et dans sa STEP) sans valorisation de chaleur, et avec une part renouvelable variable selon les années.
Centre de Valorisation des Déchets (CVD) de Metz. Exploitant : HAGANIS	Alimente en chaleur le réseau de chauffage urbain de Metz
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Ludres. Exploitant : Nancy Energie	Produit 60 % de l'énergie délivrée par le réseau de Nancy
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Rambervillers, propriété SICOVAD Exploitation : SOVVAD	Produit uniquement de l'électricité grâce à un groupe turbo alternateur pour ses propres besoins et vend l'excédent à EDF
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Tronville-en-Barrois. Exploitant : Meuse Energie	Produit de la vapeur pour alimenter des bâtiments proches.
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Chaumont. Exploitant : Veolia	Produit simultanément de la chaleur livrée au réseau de chauffage urbain et de l'électricité
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de la Veuve. Exploitant : Veolia	Mise en service en janvier 2006, elle produit uniquement de l'électricité
L'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) de Reims Exploitant : Veolia	L'UIOM produit son électricité et alimente en chaleur le réseau de Reims
Unité de Valorisation Énergétique VALAUBIA Exploitant : Veolia	Mise en service en juillet 2021, elle alimente les industries proches en énergie et produit de l'électricité. Elle chauffe également les habitants de l'agglomération de Troyes Champagne Métropole.

Tableau 5 : Sites de production d'énergie à partir de l'incinération des déchets ménagers

2.5.3. Méthode de calcul

Pour déterminer la part de l'énergie renouvelable produite à partir de déchets urbains, il est possible d'utiliser un ratio de 50% ou d'utiliser la teneur en biomasse des déchets incinérés (voir **Annexe 8** : Part de l'incinération des déchets à considérer comme renouvelable : Extraits de l'Arrêté du 8 novembre 2007 et de la Directive 2009/28/CE). Disposant de la teneur en biomasse des déchets incinérés, notamment via des contacts exploitants, ATMO Grand Est a fait le calcul selon la deuxième option (voir **Figure 11**).

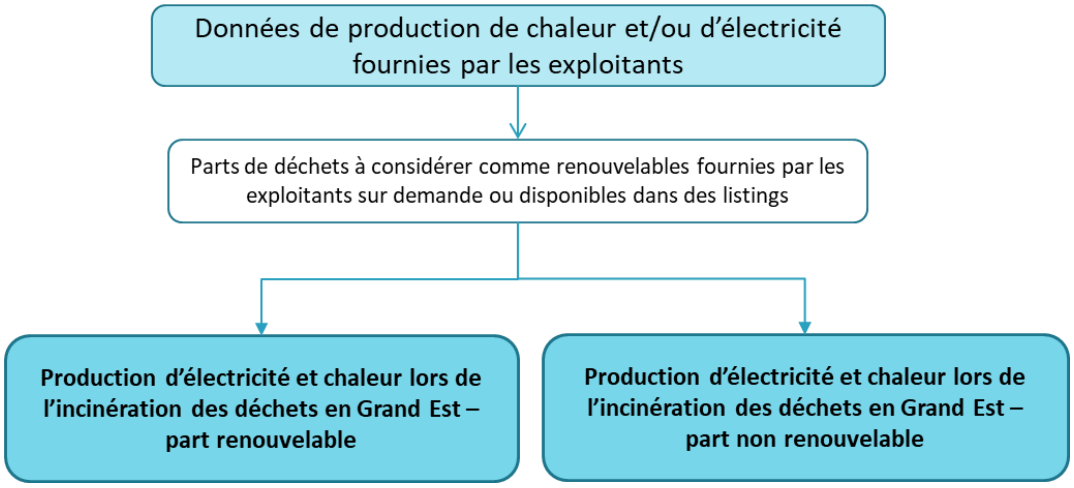


Figure 11 : Organigramme de calcul pour la filière incinération de déchets

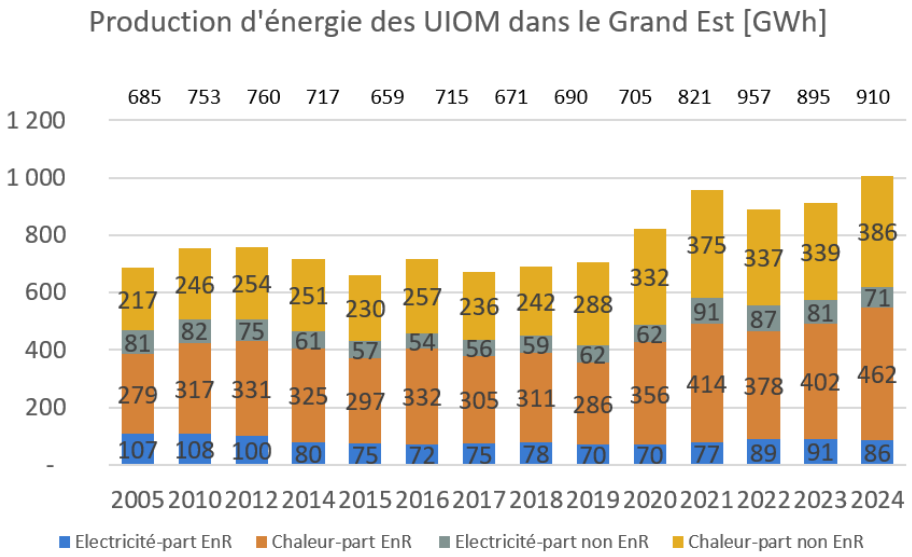
La part de déchets produits en dehors du Grand Est qui sont importés et traités sur le territoire n'est pas connue et n'est donc pas prise en compte.

2.5.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Des données fournies par les exploitants ont été utilisées pour la majorité des sites. Parfois la quantité d'énergie produite a été calculée à partir du tonnage de déchets incinéré proportionnellement à une année connue. La valorisation énergétique des déchets est donc bien renseignée pour toutes les années de l'inventaire.

2.5.5. Analyse des résultats et des tendances

On constate une production constante dans la région Grand Est depuis 2005, avec une hausse depuis 2020.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 12: Evolution de la production d'énergie par incinération des déchets dans le Grand Est [GWh]

Selon les années, l'électricité représente 16 à 28% de l'énergie totale produite.

2.5.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Il n'y a pas de nouveaux sites dans la région et les exploitants devraient fournir à nouveau les données.

2.5.7. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

Avec une production de chaleur de 843 GWh en 2024, le Grand Est représente 6.6% de la production nationale de chaleur à partir de l'incinération de déchets ménagers. (Source : Panorama de la chaleur renouvelable et de la récupération, Edition 2025, CIBE – FEDENE – SER - UNICLIMA). Ce chiffre diffère de celui publié dans la figure 12, car l'autoconsommation et les pertes réseau ne sont plus considérées dans l'inventaire afin d'être cohérent avec les données livrées par les réseaux de chaleur rattachés aux UIOM.

2.6. FILIERE COKE

2.6.1. Informations générales

Cette filière recense la production de coke en tant que combustible. Ce dernier est obtenu par pyrolyse de charbon, à savoir une cuisson à très haute température (plus de 1000 degrés) dans des fours à l'abri de l'air, pendant une vingtaine d'heures.

2.6.2. La filière coke dans le Grand Est

Deux cokeries sont prises en compte dans l'inventaire, situées en Lorraine :

- La Cokerie de Serémange-Erzange : Depuis la fermeture définitive des hauts-fourneaux de Hayange qu'elle alimentait jusqu'en 2011 pour permettre la fabrication d'acier, le coke produit était envoyé dans le complexe sidérurgique de Dunkerque. Courant 2020, cette cokerie a finalement été mise définitivement à l'arrêt.

- La Cokerie de Carling / Saint-Avold : a fermé ses portes en octobre 2009. Ce site historique a produit près de 100 millions de tonnes de coke depuis le début du 20è siècle.

2.6.3. Méthode de calcul

La production de coke nous est communiquée par les industriels dans le cadre de leur déclaration BDREP, voire en direct, et ce pour l'ensemble des années.

2.6.1. Evaluation qualitative du résultat et validation

Des données réelles ont été utilisées pour les deux sites. La production de coke est donc bien renseignée pour les années d'inventaire.

2.6.2. Analyse des résultats et des tendances

En 2005, la production de coke dans le Grand Est était d'environ 1 500 000 tonnes. Suite à la fermeture de la cokerie de Carling / Saint-Avold, cette production a été réduite de plus de moitié, pour se stabiliser aux alentours de 650 000 tonnes. Cette filière est à l'arrêt depuis la fermeture de la dernière cokerie lorraine en 2020.

2.6.3. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour cette filière.

2.7. FILIERE COGENERATIONS ET AUTRES

2.7.1. Informations générales

Dans cette filière sont prises en compte diverses installations produisant de l'électricité injectée sur le réseau : cogénérations, turbines à combustion ou moteur à piston, souvent couplée à de la production de chaleur. Ce chapitre traite uniquement de la part non renouvelable de cette filière.

2.7.2. Méthode de calcul

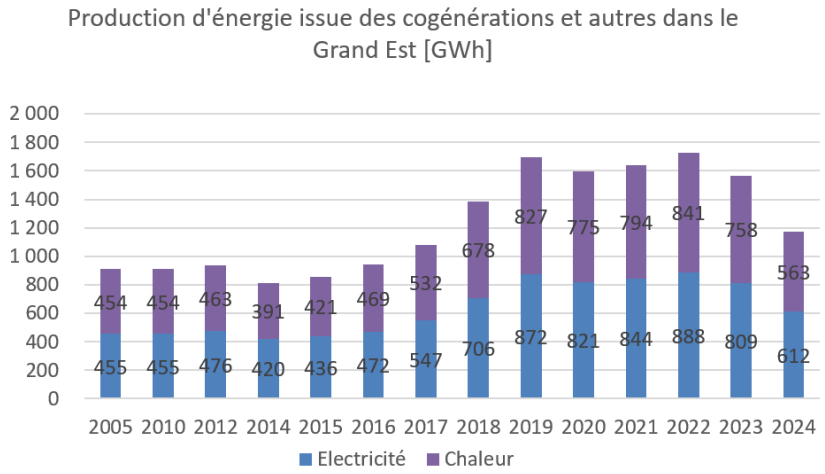
La production d'électricité est issue des opendata ODRE et Enedis. Pour les années historiques manquantes, la production de l'année la plus proche est prise en compte. Concernant les sites identifiés comme produisant de la chaleur en cogénération, un ratio thermique/électrique de 100% a été utilisé par défaut.

2.7.3. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données sont validées car il s'agit d'informations réelles qui proviennent directement des opendata.

2.7.4. Analyse des résultats et des tendances

La production d'électricité et de chaleur augmente globalement entre 2005 et 2019, avec une progression particulièrement marquée à partir de 2017. Après un recul en 2020, la production se maintient à un niveau élevé jusqu'en 2023, avant de diminuer en 2024 tout en restant nettement supérieure à celle observée au début de la période.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 13 : Evolution des productions issues des cogénérations et autres dans le Grand Est [GWh]

2.7.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Pour les prochains inventaires, l'enjeu sera d'identifier clairement les différents établissements (environ 10% de noms confidentiels dans les opendata), ainsi que l'affectation d'autoconsommation électrique (non-prise en compte pour le moment).

2.8. FILIERE DESTOCKAGE DE BATTERIES

2.8.1. Informations générales

L'intermittence des énergies renouvelables et la forte variabilité des consommations selon les périodes de l'année entraine un besoin grandissant de flexibilité pour assurer à tout instant le bon équilibre entre l'offre et la demande en énergie. Lorsqu'il y a trop de vent, de soleil, ou que la consommation est insuffisante, le trop-plein d'électricité peut être stocké grâce à des batteries avant d'être réinjecté dans le réseau électrique lors des pointes de demande.

2.8.2. La filière dans le Grand Est

En 2024, 71 sites de stockage sont implantés dans le Grand-Est.

2.8.3. Méthode de calcul

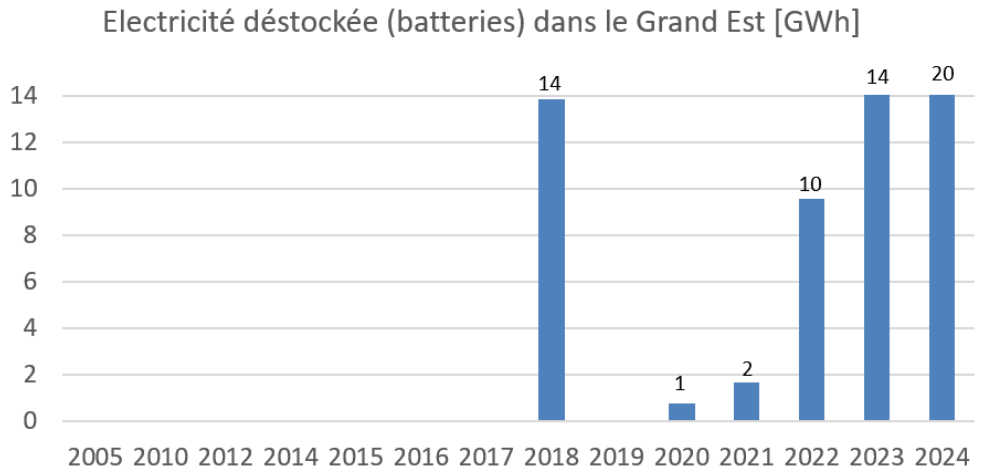
L'électricité en provenance de batteries et injectée sur le réseau est disponible dans l'open data ODRE, et ce pour l'ensemble des années.

2.8.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Des données réelles issues de l'open-data ODRE ont été utilisées pour l'ensemble des sites. L'électricité de cette filière est donc bien renseignée pour les années d'inventaire.

2.8.5. Analyse des résultats et des tendances

L'électricité déstockée est en hausse depuis 2020. En 2024, la production a augmenté de 41% par rapport à l'année 2023.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

2.8.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Il s'agira d'identifier plus clairement les sites ainsi que l'origine de la production électrique avant mise sur batterie (éolien, photovoltaïque…). La donnée 2018 sera également à valider car semble élevée.

3. FILIERES RENOUVELABLES

3.1. FILIERE EOLIENNE

3.1.1. Informations générales

Cette filière recense la production d'électricité produite par des éoliennes implantées dans le Grand Est. Cette électricité produite est en général mise sur le réseau.

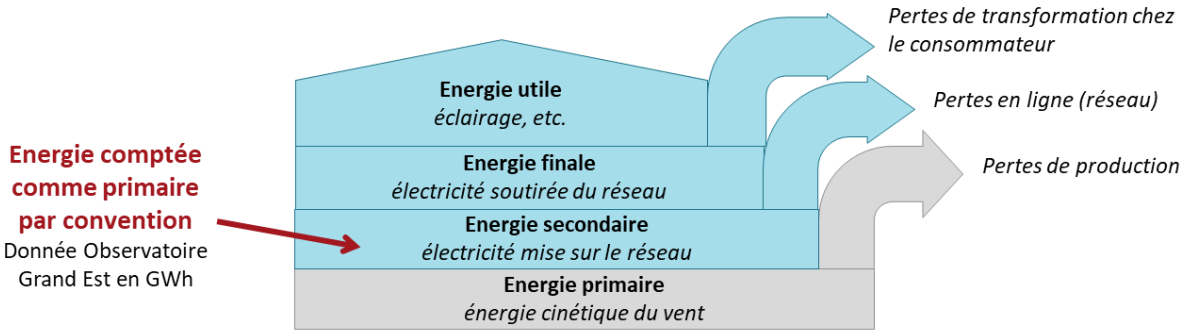


Figure 14: Filière éolienne : production d'énergie prise en compte dans l'inventaire

3.1.2. La filière éolienne dans le Grand Est

La filière éolienne ne s'est pas développée de façon homogène sur la région du Grand Est. La Champagne-Ardenne et la Lorraine ont connu un essor important de cette filière. Le tableau ci-après reprend le nombre d'éoliennes prises en compte dans l'inventaire pour l'année 2024 :

Département	Nombre d'éoliennes
Ardennes	271
Aube	435
Marne	584
Haute-Marne	228
Meurthe-et-Moselle	66
Meuse	274
Moselle	160
Vosges	61
Bas-Rhin	12

Tableau 6 : Eoliennes prises en compte par département dans l'inventaire ATMO Grand Est V2026

3.1.3. Méthode de calcul

La méthodologie générale de l'inventaire consiste à utiliser les données réelles de productions, disponibles pour la quasi-totalité des sites depuis 2012 (ENEDIS, RTE, ELD) et dans le cas contraire des données reconstituées à partir des puissances installées et des données régionales fournies par le SDES (2005) et RTE (2010 à 2024).

La localisation des éoliennes de la région à partir d'une couche SIG fournie par la DREAL a permis de déterminer la production d'électricité éolienne à une échelle infra-communale.

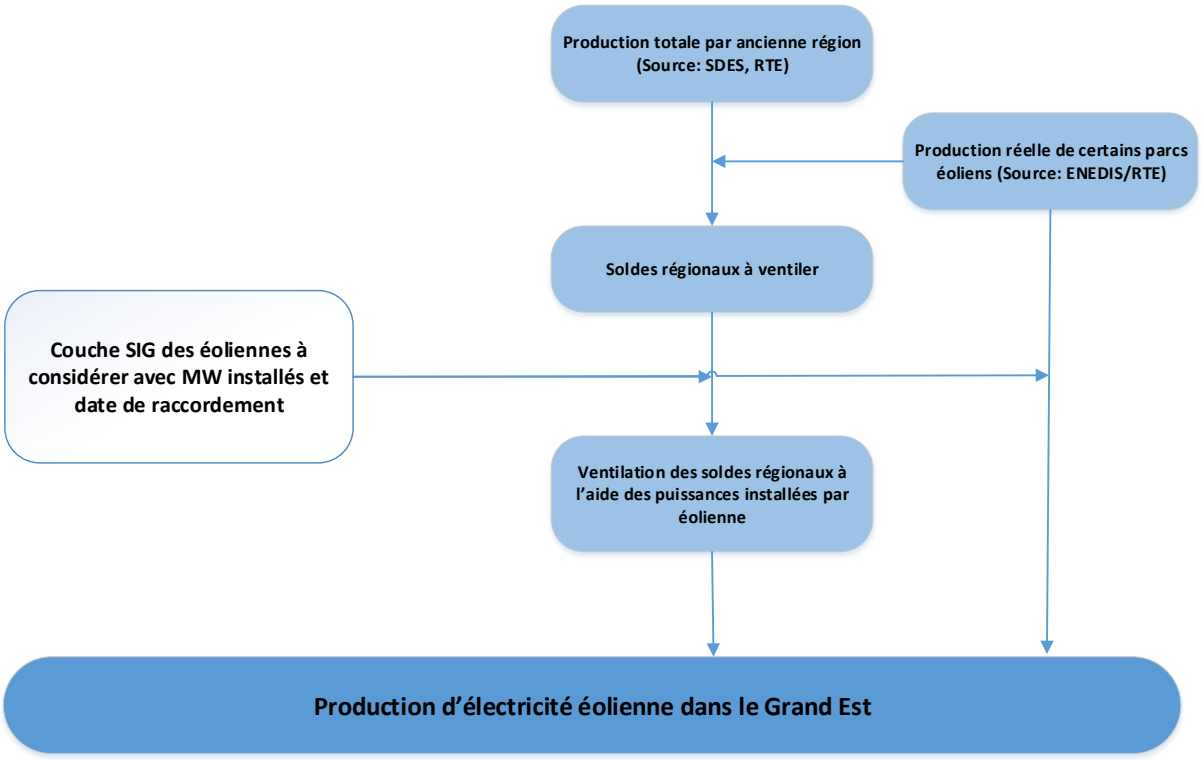


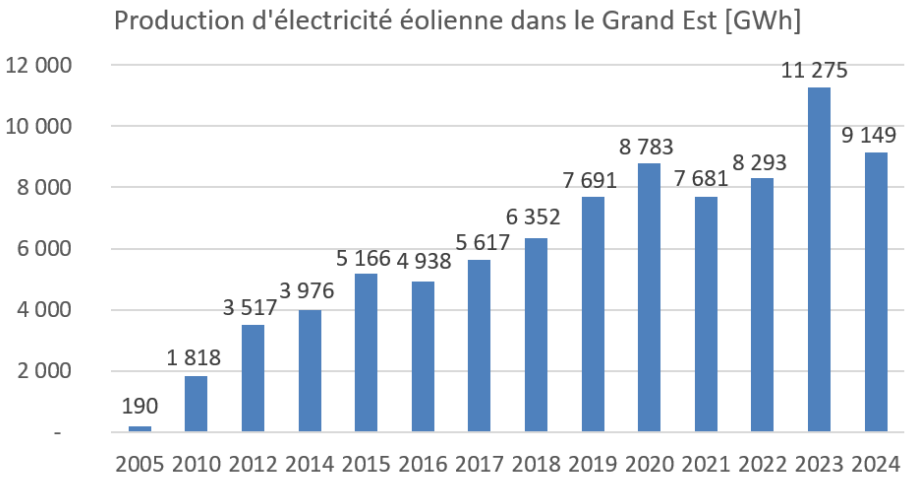
Figure 15 : Organigramme de calcul- Filière éolienne

En plus de la production réelle recensée, la production normalisée a été calculée conformément à l'annexe 6 : pour chaque site, sa production normalisée est égale à la moyenne pondérée de ses productions depuis 4 ans pondérée par la puissance installée chaque année.

3.1.4. Analyse des résultats et des tendances

La production d'électricité éolienne est en hausse globale depuis 2005, portée par le développement continu du parc installé. Cette évolution reste toutefois sensible aux conditions météorologiques, comme l'illustrent les baissent observées en 2016[8] et 2021[9] et 2024[10]. Après un niveau record de 11275 GWh en 2023, la production recule à 9149 GWh en 2024, soit une diminution de 19%.

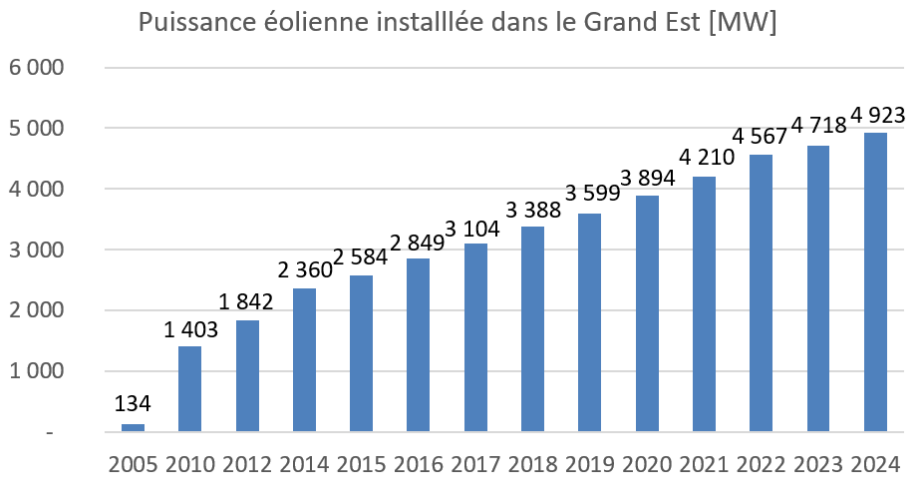
[8] *Bilan électrique et perspectives 2016 Grand Est, RTE*
[9] *Bilan électrique 2021 en Grand-Est, RTE.*
[10] *Bilan électrique 2024, RTE.*



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 16 : Evolution de la production d'électricité éolienne dans le Grand Est [GWh]

La figure ci-après donne l'évolution du parc éolien installé dans le Grand Est :



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 17 : Evolution du parc éolien installé dans le Grand Est

3.1.5. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données collectées sont fiables car elles proviennent soit des gestionnaires de réseaux de distribution d'électricité soit de plateformes appartenant à des services de l'administration française.

3.1.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour cette filière.

3.1.7. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

Avec une production de 9.1 TWh, le Grand Est est la deuxième région productrice d'électricité éolienne de France en 2024 après les Hauts-de-France. Elle représente environ 20% de la puissance installée et 20% et de la production nationale d'électricité éolienne. (Source de la donnée nationale : RTE)

3.1. FILIERE HYDRAULIQUE RENOUVELABLE

3.1.1. Informations générales

Les installations recensées dans cette filière regroupent tous les types de centrales (au fil de l'eau, écluses, lacs ou réservoirs) à l'exception des stations de transfert d'énergie par pompage (considérées comme non renouvelables). La production d'électricité est inventoriée au niveau du point d'injection dans le réseau, il s'agit donc de la quantité d'électricité en sortie de génératrice, moins les consommations des auxiliaires, les pertes en ligne dans la centrale et les autres pertes.

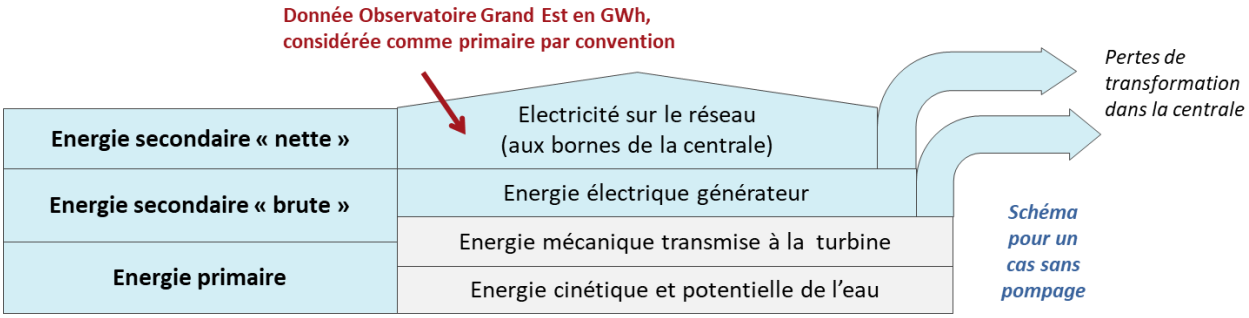


Figure 18 : De l'énergie primaire à la production d'électricité hydraulique inventoriée

3.1.2. La filière hydroélectrique dans le Grand Est

Sont recensés dans cette filière la grande hydraulique (installations de plus de 10MW), la petite hydraulique (installations entre 1 et 10MW), et la micro-hydraulique (installations de moins de 1MW).

La filière grande hydraulique est exclusivement représentée par les 9 centrales aménagées sur le Rhin, listées dans le **Tableau 7** ci-après.

Nom de la centrale	Puissance (MW)	Commentaires[11]
KEMBS	151	Mise en service en 1932, elle possède 6 groupes turbines dont 2 « Kaplan » et 4 « Hélice »
OTTMARSHEIM	156	Mise en service en 1952, elle possède 4 groupes turbine « Kaplan »
FESSENHEIM	175	Mise en service en 1956, elle possède 4 groupes turbines « Kaplan »
VOGELGRUN	141	Mise en service en 1959 et aménagé sur le Rhin, elle possède 4 groupes turbines « Kaplan »
MARCKOLSHEIM	155	Mise en service en 1961, elle possède 4 groupes turbines « Kaplan »
RHINAU	167	Mise en service en 1963, elle possède 4 groupes turbines « Kaplan »
GERSTHEIM	139	Mise en service en 1967, elle possède 6 groupes turbines « Bulbe »
STRASBOURG	147	Mise en service en 1970 et aménagé sur le Rhin, elle possède 6 groupes turbines « Bulbe »
GAMBSHEIM	98	Mise en service en 1974, elle possède 4 groupes turbines « Bulbe »

Tableau 7 : Sites de grande hydraulique (>=10MW) pris en compte dans l'inventaire V2026 d'ATMO Grand Est

Les sites de petite hydraulique recensés en 2024 sont au nombre de 38 et représentent environ 111 MW de puissance raccordée au réseau. Quant à la micro-hydraulique, 302 sites la composent en 2024 pour une puissance raccordée de 67 MW.

[11] *www.edf.fr/sites/default/files/Hydraulique/Alsace-Vosges/documents/les_amenagements_hydroelectriques_du_rhin_franco-allemand.pdf*

3.1.3. Méthode de calcul

La méthode générale consiste à utiliser en priorité les productions connues disponibles en open data (ODRE, ENEDIS, RTE…) pour les années 2012 à 2024 et des données reconstituées à partir des puissances installées pour les sites non présents dans les données open data.

Ensuite, ces données individuelles reconstituées sont bouclées avec les données régionales fournies par le SDES pour l'année 2005 et celles de RTE pour les années 2010 à 2014, dont les productions individuelles réelles ont été soustraites, et ce pour les anciennes régions Lorraine et la Champagne-Ardenne.

Pour les années ultérieures, les estimations des productions avec les données régionales donnaient des résultats beaucoup trop élevés au regard des puissances installées, il a donc été choisi de ne pas réaliser de bouclage entre 2015 et 2024. Il en va de même pour l'ancienne région Alsace, pour l'ensemble des années inventoriées.

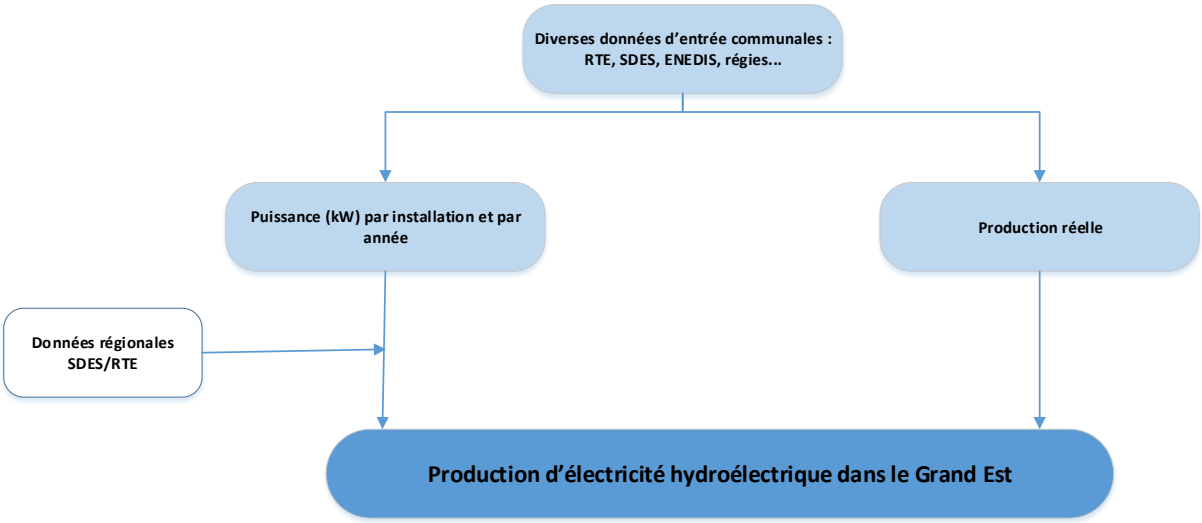


Figure 19 : Organigramme de calcul pour l'hydraulique

En plus de la production réelle recensée, la production normalisée a été calculée conformément à l'annexe 6 : pour chaque site, sa production normalisée est égale à la moyenne pondérée de ses productions depuis 15 ans pondérée par la puissance installée chaque année. Les sites de l'inventaire n'ayant pas de variation de leur puissance installée au fil des ans, il s'agit de la moyenne de leur production depuis 2005 (année la plus lointaine disponible).

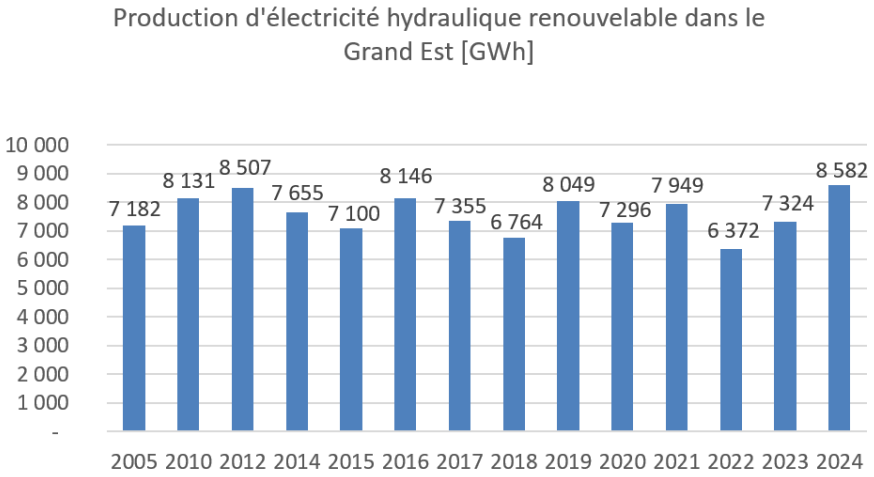
3.1.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les totaux régionaux de la filière hydrauliques renouvelable diffèrent légèrement des données RTE sur la série 2010-2024 (de -0.1 à 3%). Cet écart provient de la non-réalisation du bouclage afin d'assurer la cohérence des données. En effet, la production d'environ 90% des sites est connue, et si le solde RTE est ventilé sur les sites dont la production est inconnue, on obtiendrait des valeurs trop élevées au regard des puissances installées.

3.1.5. Analyse des résultats et des tendances

L'évolution de la production hydraulique dépend en grande partie des conditions météorologiques, et notamment de la pluviométrie.

La **Figure 20** donne l'évolution de la production d'hydraulique renouvelable :

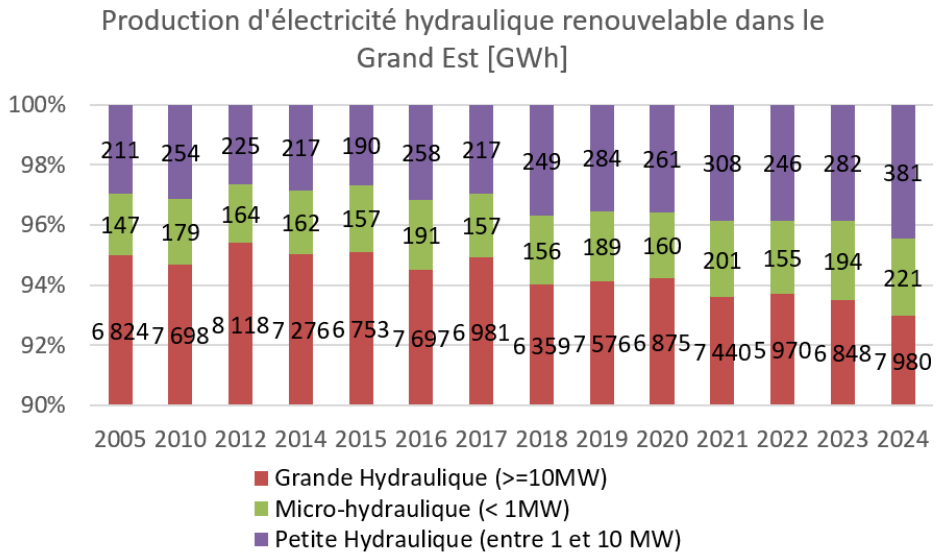


Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 20 : Evolution de la production d'hydroélectricité réelle dans le Grand Est [GWh]

On constate des baisses de production sur certaines années, notamment en 2014, 2015, 2017, 2018, 2020 et 2022, s'expliquant par une faible pluviométrie. En 2024, la production atteint au contraire un niveau record sur la période étudiée, traduisant des conditions hydrologiques particulièrement favorable.

La figure ci-après donne l'évolution de la production d'hydroélectricité en fonction de la nature de l'installation :



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 21 : Production d'électricité hydraulique en fonction de la nature de l'installation dans le Grand Est

3.1.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour cette filière.

3.1.7. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

En 2024, avec une production d'environ 9 467 GWh (pompage compris), le Grand Est représente 13% de la production totale d'hydroélectricité française (source de la donnée : production régionale annuelle par filière, RTE).

3.2. FILIERE SOLAIRE THERMIQUE

3.2.1. Informations générales

L'énergie solaire thermique est une énergie renouvelable consistant à produire de la chaleur ou de l'eau chaude à partir de capteurs solaires. Cette filière est constituée des productions des installations de chauffe-eaux solaires individuels (CESI), collectifs (CESC) et système solaire combiné pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (SSC).

3.2.2. La filière solaire thermique dans le Grand Est

La production est estimée soit à partir de surfaces réelles des capteurs solaires thermiques installés (par exemple la centrale solaire thermique de Creutzwald ou celle de Verdun) et subventionnés (ADEME, Région Grand Est), soit à partir d'une méthode TOP-DOWN qui consiste à croiser le nombre de logements des Fichiers détail Logements de l'INSEE avec la production Grand Est de la filière. Les chauffe-eaux solaires individuels et les systèmes solaires combinés sont répartis sur les maisons individuelles alors que les chauffe-eaux solaires collectifs sont répartis à la fois sur des établissements tertiaires et les logements collectifs.

Pour la période 2005 à 2014, les données utilisées sont les chiffres du parc en activité (installations subventionnées) et la production régionale de la filière publiés par le SDES (« L'énergie solaire thermique en France de 2000 à 2014 »[12], SDES, d'après Observ'ER). A partir de 2015 ce sont les productions des différentes éditions du « Panorama des énergies renouvelables et de récupération en région Grand Est »[13] [14] [15] [16][17][18][19][20][21]de la DREAL Grand Est qui sont prises en compte.

[12] *http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/r/differentes-energies-energies-renouvelables.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=20647&cHash=470a0ab6e6d4aad97459c455743b12bf*
[13] *http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20170920-panorama_enr-vdef.pdf*
[14] *http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2018-panorama_enr-vf-imp.pdf*
[15] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2019-panorama_enr.pdf*
[16] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2020-panorama_enr-impf.pdf*
[17] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2021-panorama_enr-vf.pdf*
[18] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2022-panorama_enr-vf.pdf*
[19] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2023-panorama_enr-w-vf.pdf*
[20] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2024-panorama_enr-web.pdf*
[21] *https://services.atmo-grandest.eu/publitheque/observatoire/2025-panorama_enr-web.pdf*

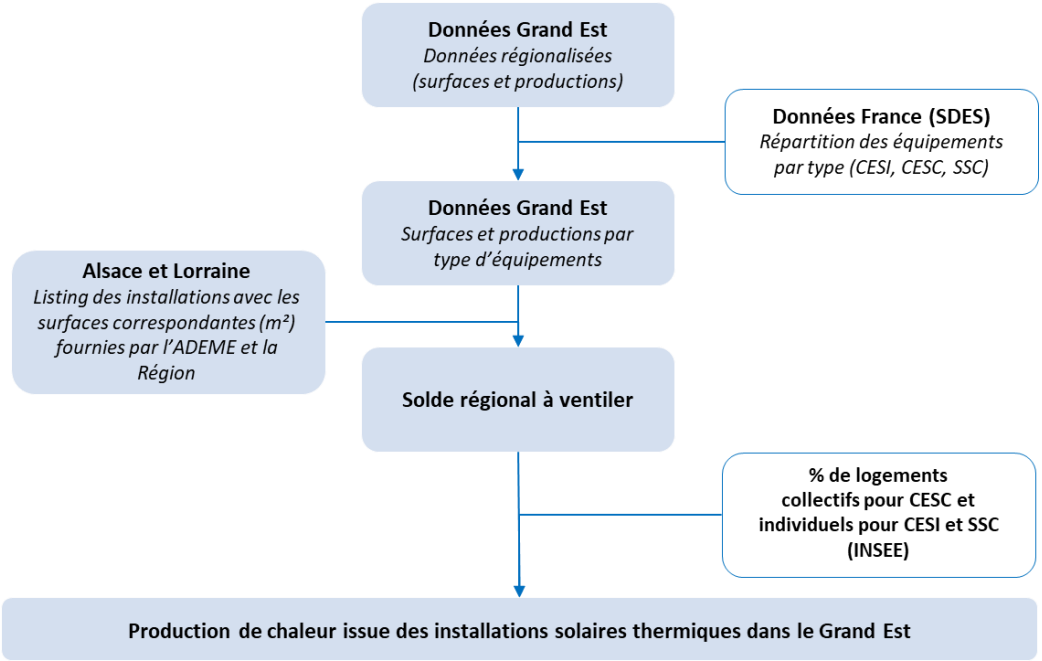


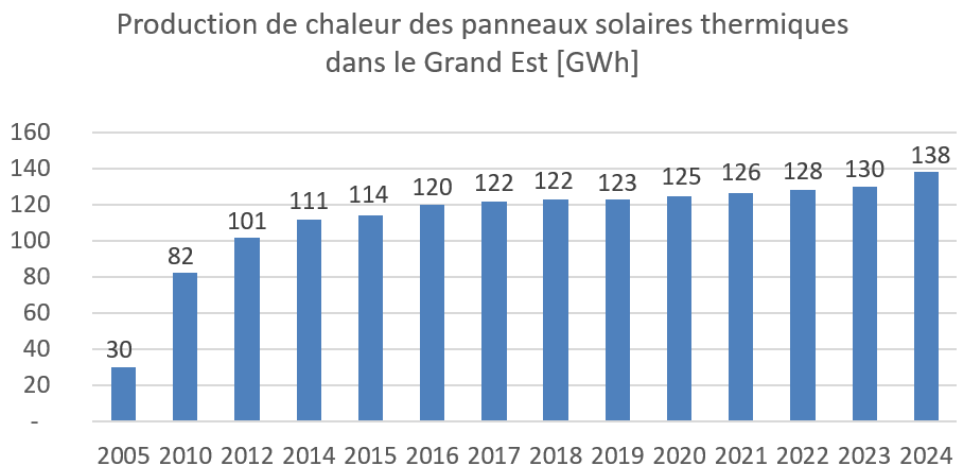
Figure 22 : Organigramme de calcul pour la filière solaire thermique

3.2.3. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données sont validées car elles proviennent de sources fiables. Elles sont cohérentes avec les données régionales fournies par le SDES (2005-2010-2012-2014) et la DREAL Grand Est (2015 à 2024).

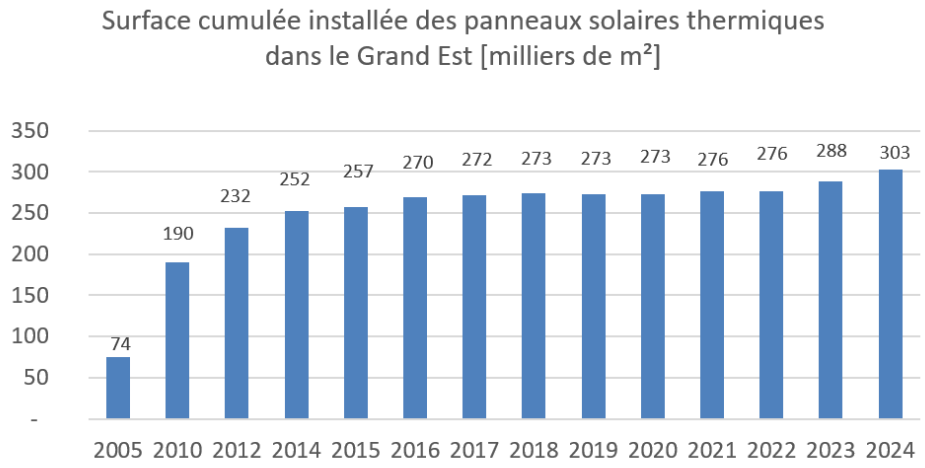
3.2.4. Analyse des résultats et des tendances

La filière solaire thermique connaît une progression forte et régulière depuis 2005. La surface installée a presque quadruplé entre 2005 et 2024.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 23 : Evolution de la production de chaleur par les installations solaires thermiques



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 24 : Evolution de la surface cumulée par les installations solaires thermiques

3.2.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Une recherche bibliographique pourrait permettre d'introduire dans les calculs la notion de baisse de rendement des installations les plus anciennes, ainsi qu'un taux d'arrêt des équipements en fin de vie ou en panne (actuellement les équipements ne font que se cumuler).

3.2.6. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

En 2024, le Grand Est avec une production de 131 GWh issue du solaire thermique représente environ 10% de la production nationale[22]. Sur la même période, les 303 000 m² installés sur la région représentent environ 11% de la surface installée totale française[23].

[22] *Source France : Bilan énergétique de la France métropolitaine en 2024 – Données publiée le 04/03/2026*

[23] *Source France : Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération - édition 2025*

3.3. FILIERE PHOTOVOLTAÏQUE

3.3.1. Informations générales

Cette filière recense la production d'électricité photovoltaïque produite dans le Grand Est à partir de cellules photovoltaïques par effet photoélectrique. Cette électricité produite est en général mise sur le réseau.

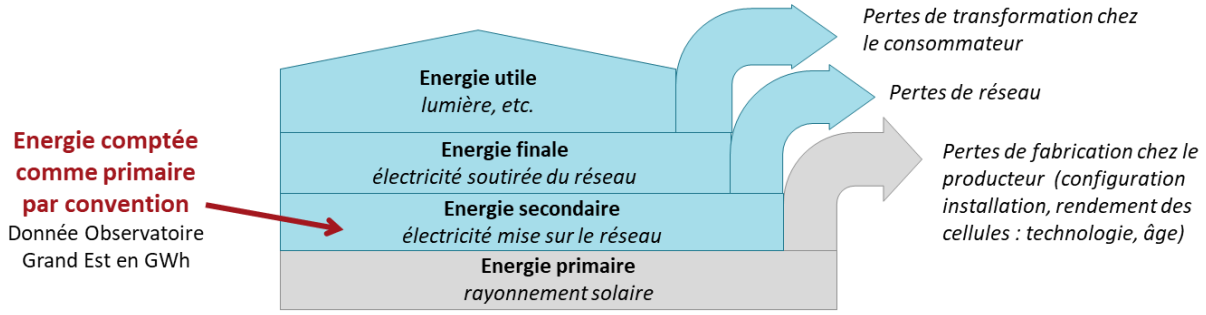


Figure 25 : Filière photovoltaïque : production d'énergie prise en compte dans l'inventaire (pas de considération du cycle de vie des installations)

La région du Grand Est, à l'exception de l'Aube et du Haut-Rhin qui apparaissent en orange, se situe dans la zone la moins ensoleillée de France ainsi que l'indique la carte ci-dessous :

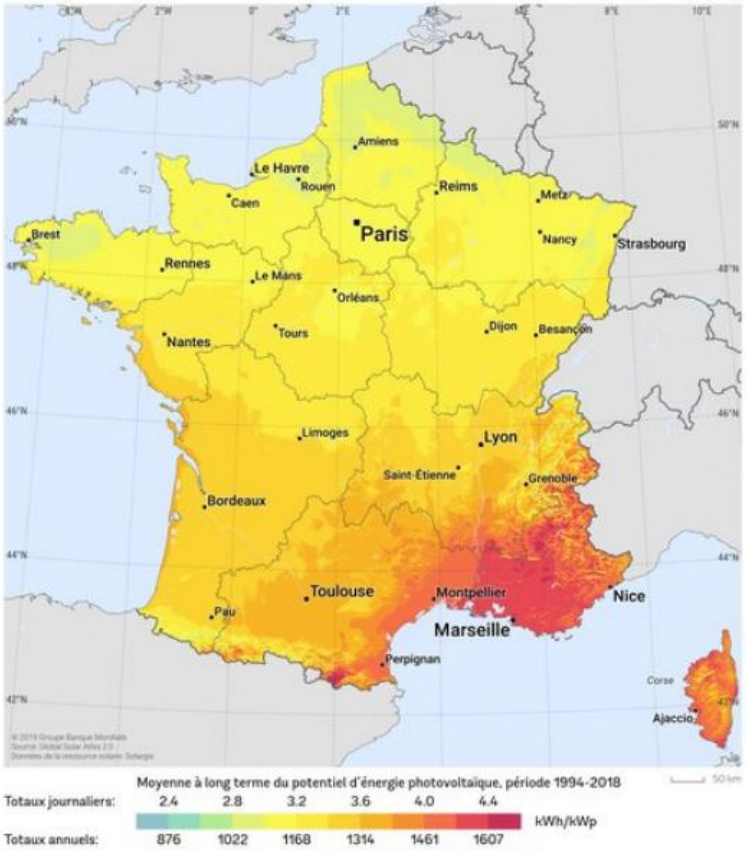


Figure 26 : Carte du rayonnement solaire en France entre 1994 et 2018 (Source : solargis)

3.3.2. Méthode de calcul

Pour les années 2010 à 2024 les données sont issues de sources différentes. Une grande partie provient des opendata ODRE et Enedis (productions, puissances installées, nombre d'installations par commune). Les données fournies par le SDES (données locales d'énergie mises à disposition dans le cadre de la LTECV) sont également utilisées dans la construction de l'inventaire de production (nombre d'installations et puissance installée par commune de 2010 à 2017). Lorsque des données réelles de production sont disponibles, celles-ci sont utilisées en priorité.

Pour l'année 2005, l'inventaire est basé sur un recoupement d'informations de la DREAL et du journal officiel.

Un bouclage est ensuite effectué par rapport aux données régionales fournies par le SDES (pour 2005) et RTE (pour les années 2010 à 2017). Pour les années 2018 à 2024, aucun bouclage n'est réalisé car la quasi-totalité des productions sont connues.

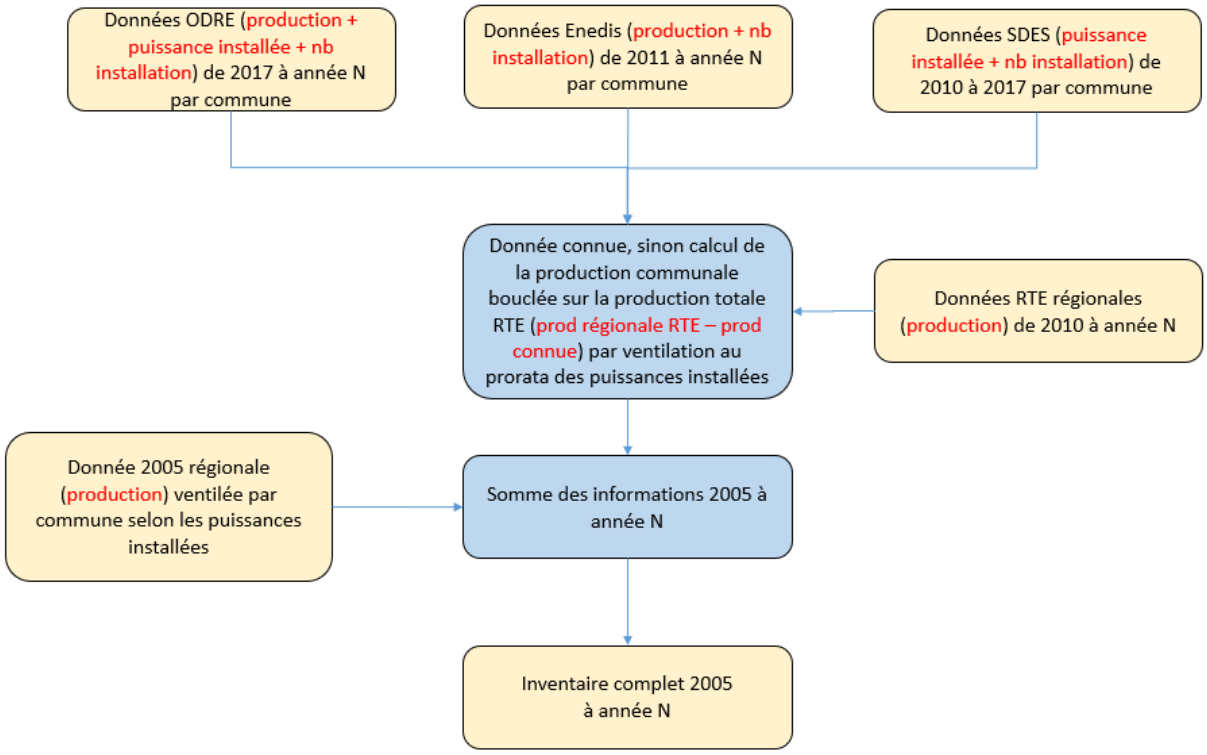


Figure 27 : Organigramme de calcul filière photovoltaïque

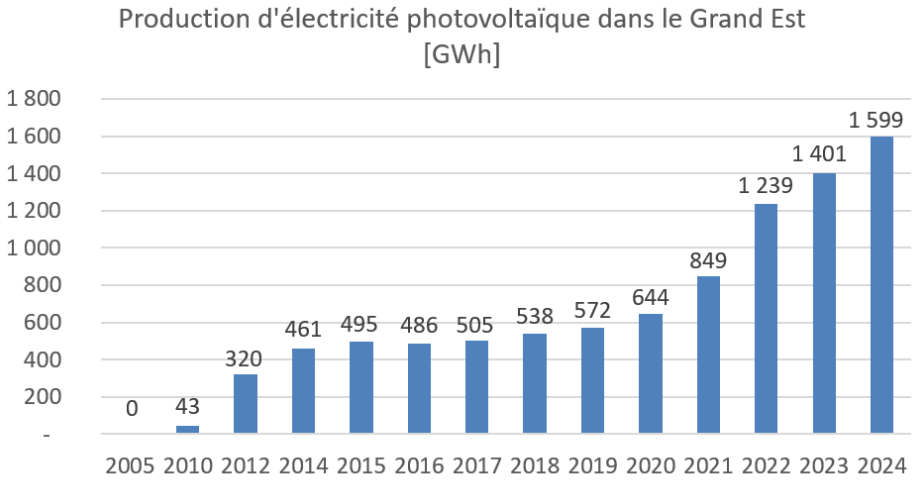
3.3.3. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données de production sont validées car elles ont été bouclées ou comparées avec les données SDES et RTE. De plus les comparaisons avec le panorama des énergies renouvelables de la DREAL nous donnent des résultats sensiblement identiques.

La puissance installée est cohérente avec les données RTE et celles du panorama des énergies renouvelables de la DREAL

3.3.4. Analyse des résultats et des tendances

La production d'électricité photovoltaïque a connu une forte progression entre 2005 et 2012 suivie d'un ralentissement à partir de 2013. Ce ralentissement s'explique par une baisse régulière des tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque. Une légère baisse de la production est observée en 2016, avant une reprise progressive. Un saut important est enregistré en 2021 avec la mise en service de la centrale solaire de Marville (Meuse), actuellement seconde plus grosse centrale photovoltaïque en France. Depuis 2022, la production poursuit sa progression pour atteindre 1 599 GWh en 2024.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 28 : Production d'électricité des panneaux photovoltaïques dans le Grand Est

3.3.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour cette filière.

3.3.6. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

En 2024, le Grand Est représente environ 7% de la production nationale (source de la donnée : production régionale annuelle par filière, RTE). Sur la même période, 1 969 MW installés sur la région représentent 8% de la puissance installée totale française.

3.4. FILIERE BOIS-ENERGIE

3.4.1. Informations générales

Cette filière de production estime les volumes de bois prélevés dans les forêts du Grand Est qui servent ensuite en tant que bois-énergie (approche production d'énergie primaire selon les ressources présentes sur un territoire), et non la quantité de chaleur ou d'électricité produite à partir de ce bois (considéré en HORS BILAN). Cette différence est mise en évidence par la figure ci-dessous :

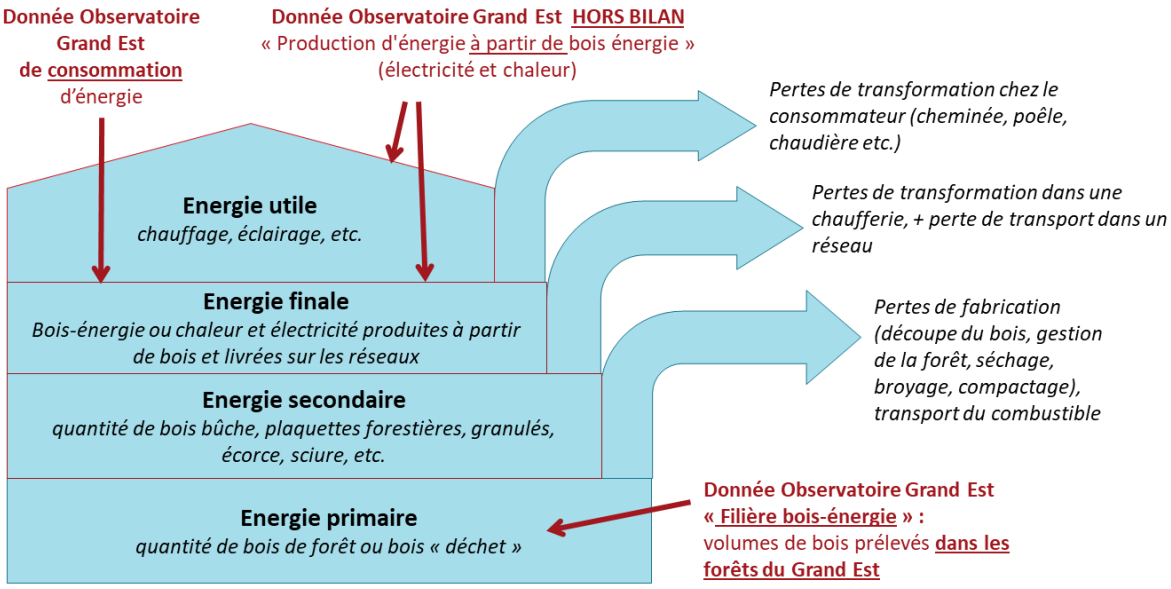


Figure 29 : De l'énergie primaire à l'énergie finale pour la filière du bois énergie

L'approche filière bois en termes d'énergie primaire ne permet cependant pas d'identifier la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie. C'est pourquoi ATMO Grand Est met à disposition les données de production d'électricité et chaleur à partir de bois énergie sous la forme de filières « HORS BILAN » dans l'inventaire de production d'énergie. Ces filières HORS BILAN considèrent l'électricité et la chaleur produites à partir de bois (énergie utile ou finale), peu importe la provenance du bois (voir **Annexe 3 :** Production d'énergie à partir de bois énergie).

3.4.2. Méthode de calcul

Dans un premier temps, une donnée de production départementale est calculée pour chaque type de combustible bois. Dans un second temps, cette donnée départementale est répartie au niveau communal, en fonction des ressources bois disponibles (surfaces forestières, taux de prélèvement et ratio de bois-énergie sur la récolte).

1ère étape : Estimation des productions de bois par filière et départements : différentes données sont utilisées selon le type de combustible bois et selon les années :

- Bois bûches : la donnée de production départementale est issue de l'exploitation de l'enquête bois-énergie réalisée dans le cadre du projet transfrontalier Atmo VISION. En 2018, 3750 ménages du Grand Est ont été interrogés sur leurs appareils de chauffage et leurs consommations de bois-énergie, notamment de bois-bûche. Les nouvelles méthodologies de calcul intégrant les résultats de cette enquête et les consommations de bois-énergie ainsi estimées ont été validés par la Cellule Biomasse élargie du Grand Est, composée de la DREAL, la

DRAAF, l'ADEME, la Région Grand Est et FIBOIS Grand Est. Les années antérieures ont été estimées en croisant entre autres les résultats de cette enquête et le parc d'appareils de chauffage au bois Grand Est datant de 2006 (CEREN). Lors d'une réunion de validation avec FIBOIS le 13/10/10, il avait été décidé de compléter la quantité de bois-bûches produite en la ramenant à la consommation. La production de bois-bûches dans le Grand Est est donc considérée égale à sa consommation et récupérée directement en Gigajoules (GJ).

- Granulés, plaquettes & produits connexes de scieries : pour ces combustibles, l'inventaire se base sur les données 2023 de l'Observatoire bois d'industrie – bois énergie du Grand Est de FIBOIS Grand Est. En fonction des données disponibles, pour chaque combustible, des hypothèses ont été posées et des méthodes de recensement ont été appliquées :
    - Plaquettes : connaissance de la quantité de plaquettes (en tonnes) forestières valorisées sous forme d'énergie pour les années 2005, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 à 2024 pour le Grand Est
    - Produits connexes de scieries : connaissance de la production (en tonnes) pour la région Grand Est des produits connexes de scieries destinés à servir sous forme d'énergie (part valorisée en énergie) pour les années 2014, 2016, 2018, 2022 à 2024
    - Granulés : connaissance de la production de granulés (en tonnes) dans le Grand Est en 2012, 2014, 2016, 2018, 2020 à 2024

  Le rapport de FIBOIS indique que les granulés sont en grande partie fabriqués à partir des connexes à vocation énergétique (89% des granulés). Le total des granulés par année est donc soustrait à la valeur annuelle de connexes de scieries.

  La répartition par département des granulés, plaquettes et produits connexes de scierie s'effectue à partir des données de récolte de bois-énergie par département et par an, issues des enquêtes annuelles de branche exploitations forestières et scieries de l'Agreste (EXFSRI). La part du département dans la récolte régionale du bois énergie est multiplié aux données.

  Les années manquantes ont été reconstituées en réalisant une prévision linéaire à partir des années connues. Les données concernées sont les suivantes : la production de plaquettes, la production de connexes, la part de connexes à destination énergétique et la production de granulés.

2ème étape : Ces données de production de bois-énergie au niveau départemental sont réparties au niveau communal sur la base d'un ratio. Ce dernier prend en compte les surfaces forestières de la commune (données annualisées à partir des différentes Corine Land Cover) rapportées par typologies (forêts publiques ou privées) et par essences d'arbres (feuillus, résineux ou mixte). Chaque donnée surfacique est ensuite rapportée à un taux de prélèvement de bois, selon les typologies de forêt (publique/privée) distinctes par ex-région, les essences (feuillus/résineux) distincts par département (kit de données IGN), pour obtenir un ratio final de prélèvement au niveau communal.

Le ratio communal de prélèvement est ensuite appliqué à chaque type de combustible bois, afin d'obtenir une donnée de production de bois-énergie par commune. Les données des filières granulés et plaquettes – connexes réparties en tonnes par commune se voient appliquer des facteurs de conversion afin de passer en GJ. Ceux-ci proviennent de FIBOIS Grand Est et sont observables ci-dessous. Enfin, le facteur de conversion permettant de passer de GJ à MWh est utilisé pour obtenir des résultats de production en GWh en adaptant le facteur.

En v2026, les résultats pour l'année 2023 ont été extrapolés à partir des données FIBOIS citées plus haut et des résultats de l'année 2022 en v2024.

Conversion énergie	3,6	GJ/MWh
Granulés	13	GJ/tonnes
Plaquettes et connexes	18	GJ/tonnes

Tableau 8 : Coefficients de conversion entre tonnes ou stères de bois et tep (concertation CREA du 17 juin 2010)

Les facteurs de conversion ci-dessus sont liés aux produits et non aux équipements de combustion : ils ne prennent pas en compte les rendements des installations pour la production d'électricité et de chaleur, mais concernent uniquement le pouvoir calorifique des typologies de bois.

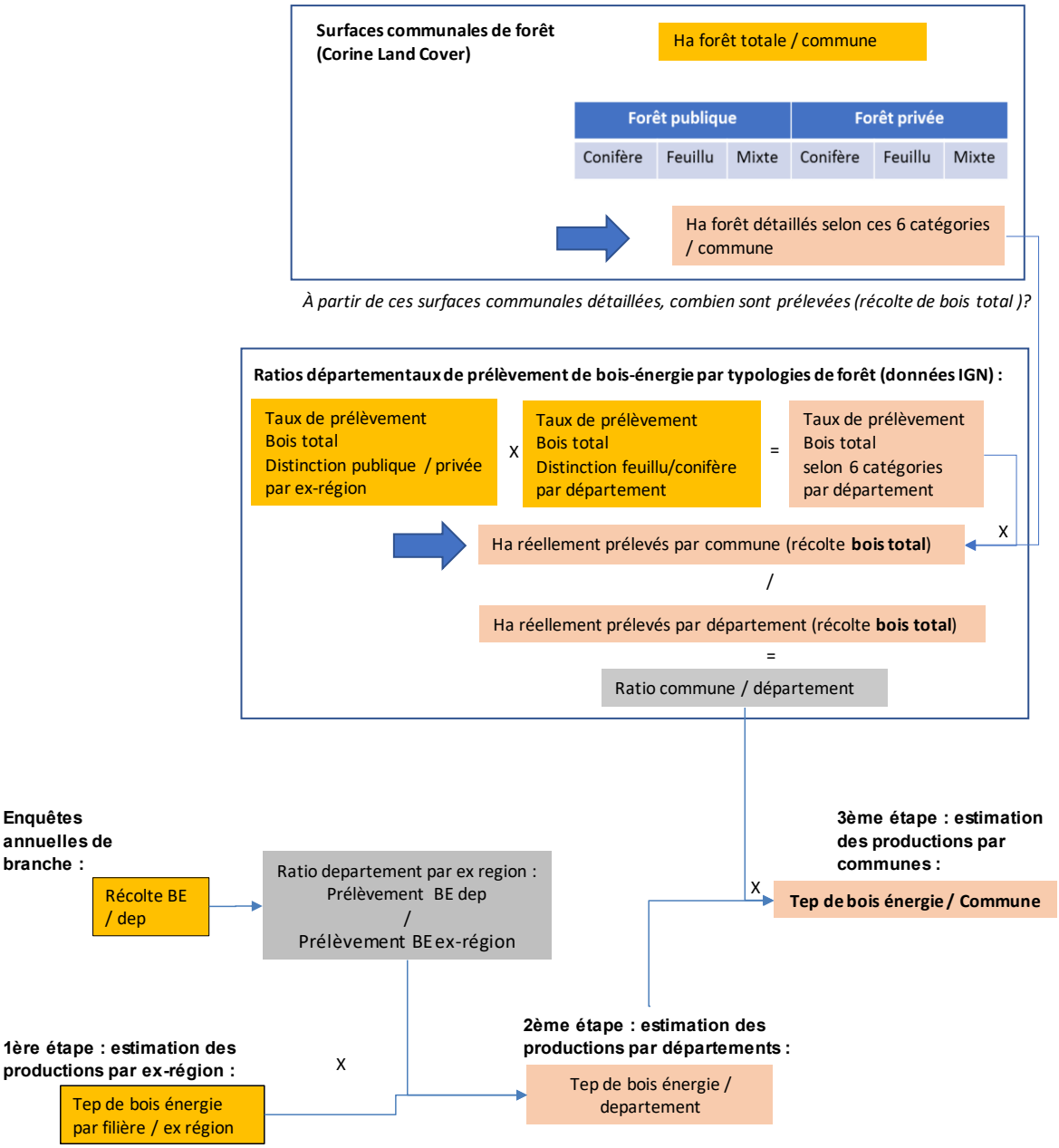


Figure 30: organigramme de calcul - filière bois-énergie

3.4.3. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les nouveautés apportées dans la méthodologie de calcul, notamment en V2021 avec la prise en compte de la typologie des forêts, de l'essence des arbres, ainsi que la construction d'un ratio de prélèvement au niveau communal, constituent une amélioration pour la qualité des données de cette filière.

A l'échelle régionale, la qualité des données est bonne pour les granulés, les plaquettes et les produits connexes de scieries car elles sont basées sur des données réelles issues de l'Observatoire du bois énergie et du bois industrie de FIBOIS pour les années paires. La reconstruction linéaire des autres années à partir des années connues est également suffisante, au vu des quantités concernées par rapport aux quantités totales, même s'il ne s'agit que d'estimations.

La comptabilisation de la production de bois bûche, qui est considérée égale à la consommation à l'échelle du Grand Est, reste une limite de l'exercice, en dépit des données plus fines apportées par l'enquête Atmo VISION.

3.4.4. Analyse des résultats et des tendances

La production de bois-énergie est en légère croissance sur la période étudiée. On observe cependant une baisse de la production de bois-énergie depuis 2016, laquelle semble s'expliquer en partie par les hivers moins rigoureux, les sécheresses successives et les espèces invasives (scolytes) dans les forêts du Grand Est[24]. Cette maladie est accentuée par le changement climatique, et les scénarios de l'évolution des scolytes dans les forêts sont encore incertains.

L'année 2020 est marquée par une baisse plus importante de production de bois-énergie, en lien avec la situation sanitaire particulière (confinements dus aux COVID) ainsi qu'à un hiver particulièrement doux (moins de besoin de chauffage). En 2022, la production revient au niveau de 2019 mais plus faible qu'en 2021.

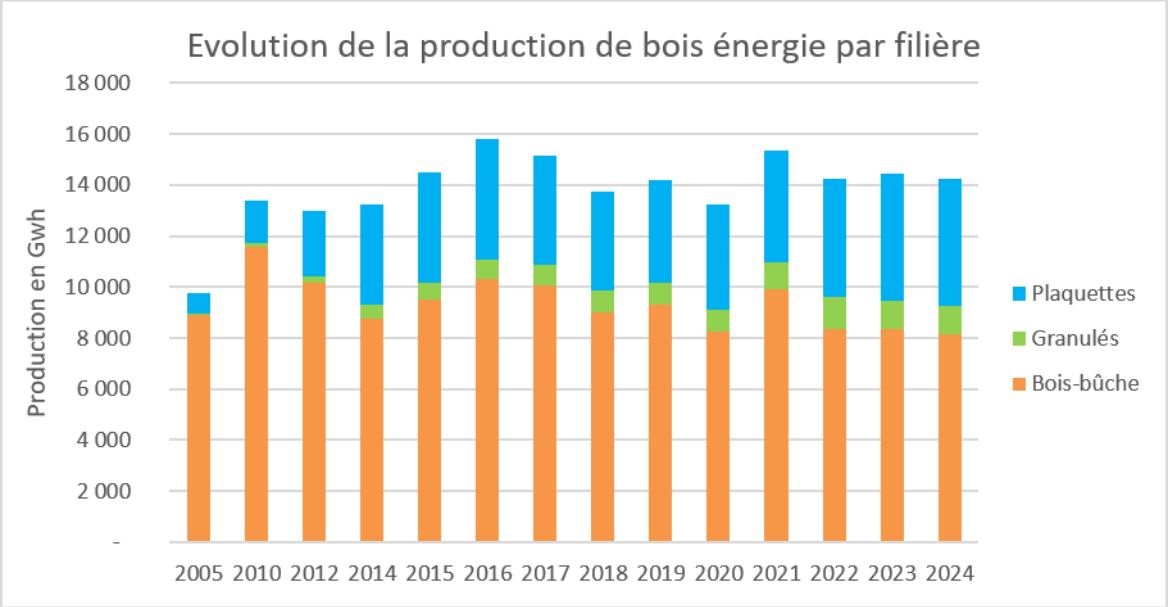


Figure 31 : Evolution de la production de bois énergie dans le Grand Est [en GWh]

[24] *L'année 2018 a été marquée par une crise des scolytes dans les peuplements d'épicéa du Grand Est.* https://www.fibois-grandest.com/la-crise-des-scolytes-en-region-grand-est/

3.4.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

La production de bois-bûche, aujourd'hui considérée égale à la consommation à l'échelle régionale, reste un point d'amélioration.

3.4.6. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

Cette production n'a pas pu faire l'objet de comparaison par rapport à d'autres inventaires qui recensent en général la production d'énergie à partir de bois-énergie sous forme d'électricité ou chaleur (cf. annexe 3).

3.5. FILIERE VALORISATION DE BIOGAZ

3.5.1. Informations générales

Le biogaz est produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène. Cette fermentation, aussi appelée méthanisation ou digestion anaérobie, peut-être naturelle (fond des lacs, marais, décharges) ou provoquée artificiellement dans des fosses appelées digesteurs. Le déchet de la méthanisation est le digestat, il peut être épandu sur les terres agricoles.

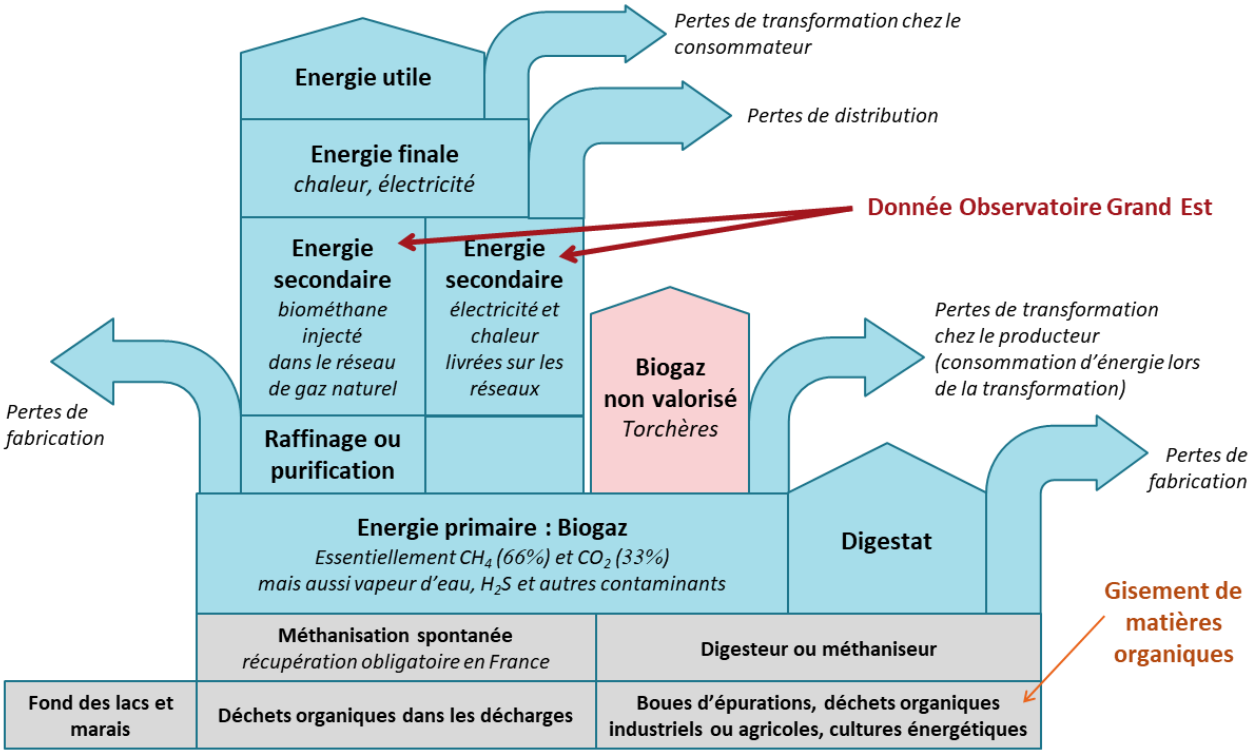


Figure 32 : Flux d'énergie pour la filière biogaz

Le biogaz obtenu par méthanisation est composé à environ 66% de méthane (CH_4) et 33% de dioxyde de carbone (CO_2). Le biogaz obtenu peut être brulé en torchère s'il n'existe pas de débouché de valorisation énergétique. En cas de valorisation énergétique, le biogaz produit peut soit être redirigé directement vers une chaudière et/ou un moteur pour produire de l'électricité ou de la chaleur, soit purifié afin d'élever sa teneur en méthane à minimum 98% en vue d'une injection du biométhane produit sur le réseau de gaz naturel (voir **Figure 32**).

3.5.2. La filière biogaz dans le Grand Est

En 2024, 349 installations de production de biogaz ont été recensées dans cet inventaire :

- Une majorité des installations produit de l'énergie par cogénération (chaleur et électricité)
- 21 installations font une valorisation exclusivement thermique
- 126 installations injectent du biométhane dans le réseau de gaz naturel.

3.5.3. Méthode de calcul

L'inventaire recense la production de chaleur et d'électricité à partir de biogaz mais également la quantité de biométhane injecté dans le réseau de gaz naturel. Le biogaz qui est produit mais non valorisé est éliminé en torchère et n'est donc pas pris en compte dans cet inventaire de production d'énergie (les émissions liées aux torchères sont quant à elles intégrées dans l'inventaire des émissions d'ATMO Grand Est). Ce secteur a été renseigné principalement par des données fournies par ENEDIS, RTE, ODRE, GRDF ou directement des exploitants. Pour les cas où la production thermique d'un site de cogénération est inconnue, il a été convenu d'utiliser un ratio thermique/électrique de 100%, c'est-à-dire une production de chaleur identique à la production d'électricité.

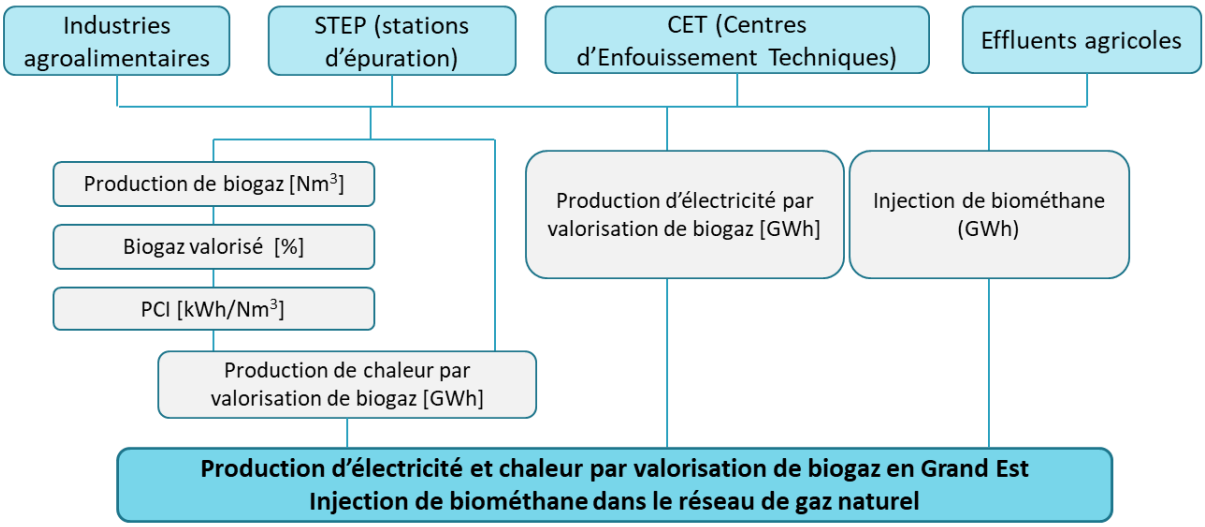


Figure 33 : Organigramme de calcul pour la filière biogaz

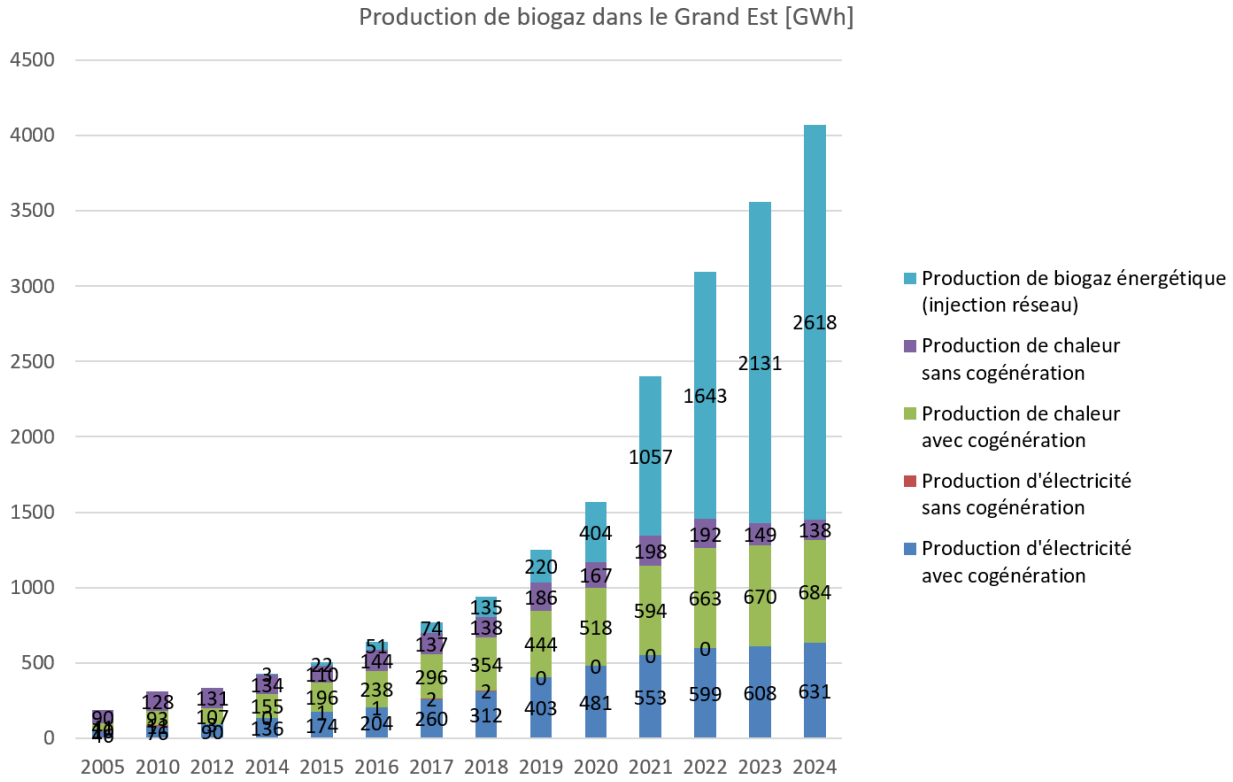
Les données utilisées ici sont également prises en compte dans l'inventaire des consommations d'énergie et émissions atmosphériques, assurant une cohérence entre les différentes données Climat-Air-Energie produites par ATMO Grand Est.

3.5.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données sont pertinentes : il s'agit d'informations réelles pour une majorité de sites, notamment pour l'électricité et l'injection de biométhane.

3.5.5. Analyse des résultats et des tendances

La production d'énergie à partir de la valorisation de biogaz est en augmentation comme le montre la Figure 34.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 34 : Evolution de la production d'énergie à partir de la valorisation de biogaz [GWh]

3.5.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Il n'y a pas d'évolution notable prévue dans ce secteur. Il serait néanmoins utile d'intégrer plus de données réelles de chaleur produite, en faisant une distinction sur les rendements de production entre électricité et chaleur, ainsi que les données d'autoconsommation.

3.6. FILIERE POMPES A CHALEUR GEOTHERMIQUES

3.6.1. Informations générales

La géothermie désigne l'ensemble des techniques d'exploitation de la chaleur présente dans le sous-sol terrestre.

En fonction de la profondeur et de la température, on distingue plusieurs types de géothermies présentées dans la figure ci-dessous :

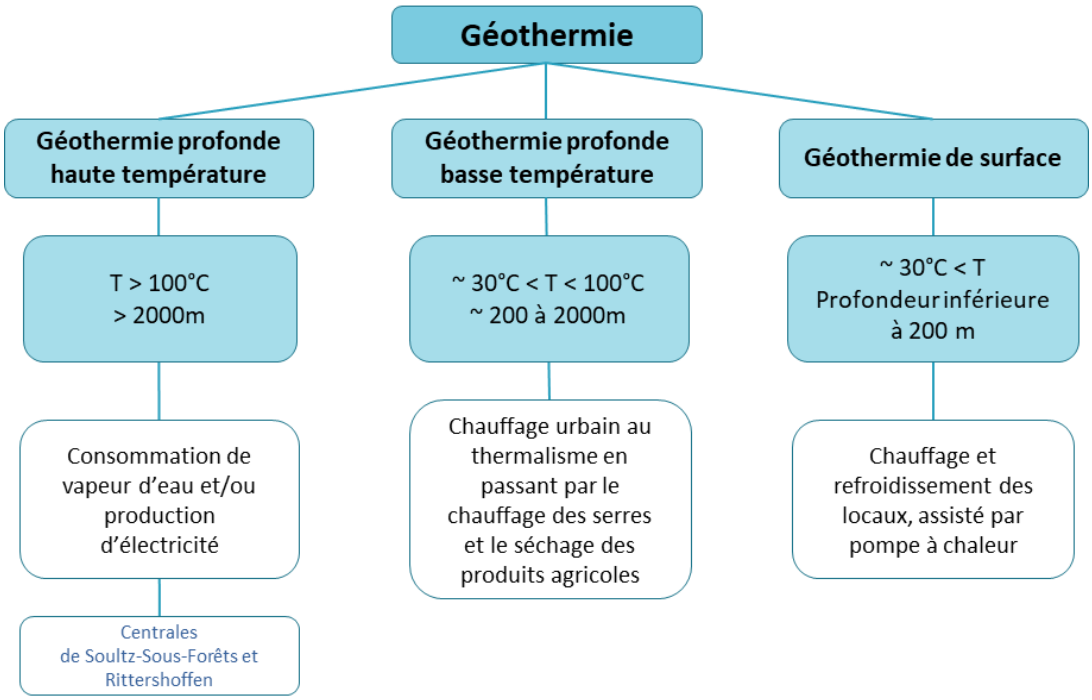


Figure 35 : Géothermie de surface, profonde haute et basse température : températures, profondeurs, mode d'exploitation et applications : schéma réalisé à partir des descriptions de l'étude de filière 2023 de l'AFPG.

La géothermie profonde haute température est traitée à part dans le point 3.8 Filière géothermie .

La présente filière traite des Pompes à Chaleur (PAC) géothermiques, qui comprennent également les capteurs sur aquifères, et s'inscrivent dans la filière de la géothermie de surface (les PAC sont nécessaires pour ramener la température au niveau souhaité).

La figure ci-après schématise les deux grandes familles de PAC : les PAC aérothermiques et les PAC géothermiques (incluant les PAC aquathermiques et faisant l'objet de la présente filière). A noter que d'autres technologies, non mentionnées sur le schéma ci-dessous, existent sur le Grand Est, tout en étant à l'heure actuelle assez rares : échangeurs compacts et fondations thermoactives.

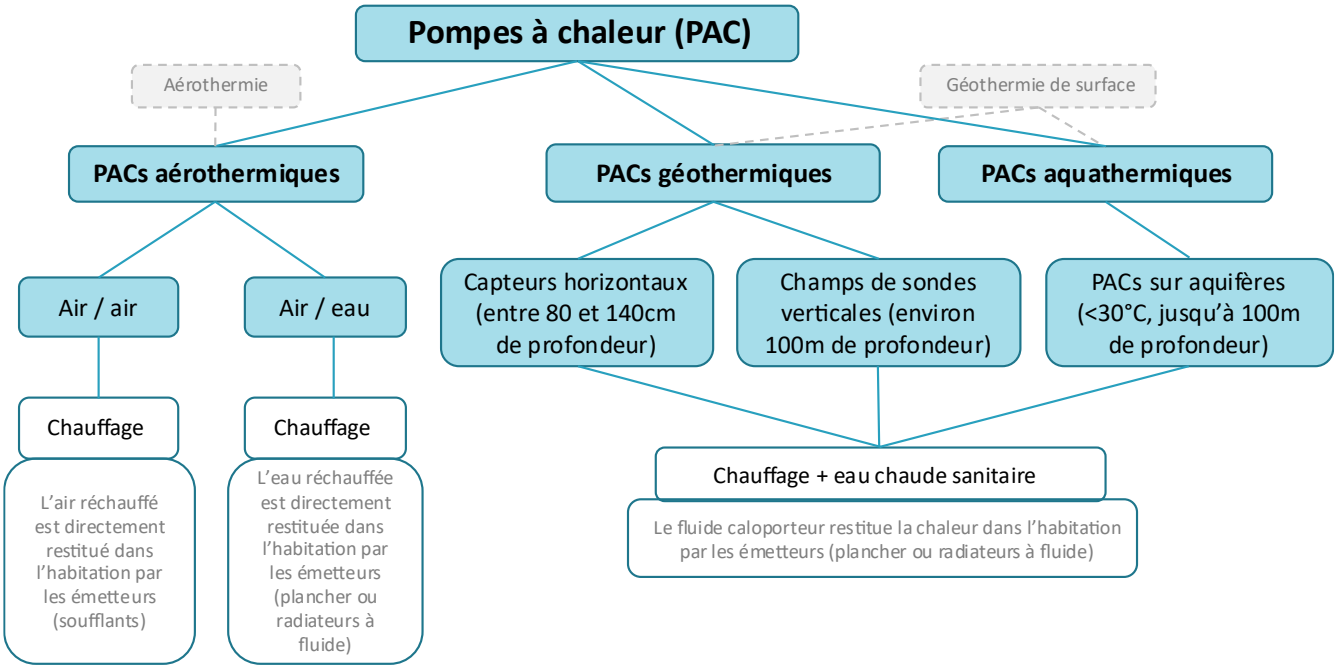


Figure 36 : Pompes à chaleur géothermiques, aérothermiques et aquathermiques : schéma réalisé en partie à partir des descriptions du rapport du BRGM et d'ES-GEOTHERMIE

Les pompes à chaleur aérothermiques font l'objet d'une filière à part entière (voir **Filière pompes à chaleur aérothermiques**).

3.6.2. Méthode de calcul

La méthodologie utilisée pour la filière PAC géothermiques estime la production soit à partir de productions réelles ou calculées, soit à partir d'une méthode TOP-DOWN. Cette dernière consiste à croiser le nombre de logements ayant comme combustible principal « autres » (fichiers détail Logements de l'INSEE), avec la production régionale issue du document : « Panorama des énergies renouvelables et de récupération en région Grand Est » (DREAL Grand Est).
Plus de 3 500 installations connues ont pu être recensées au cours de cet inventaire, dont la production estimée s'élève à environ 41% de la production régionale.

L'énergie primaire renouvelable considérée correspond à l'énergie extraite du sous-sol, et utilisée pour les usages chauffage et eau chaude sanitaire des bâtiments.

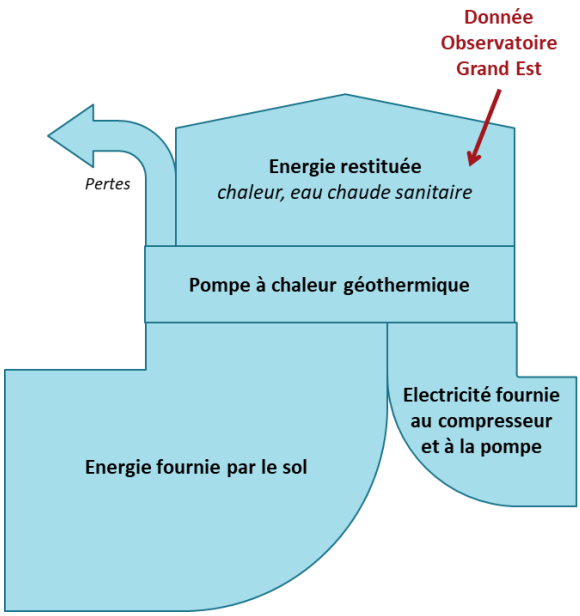


Figure 37 : Production d'énergie prise en compte pour les PAC géothermiques

Deux sources de données ont été utilisées pour recenser les installations dites connues :

- ADEME : données sur les projets aidés jusqu'en 2012, ainsi que les données de l'étude « Etat des lieux de la filière géothermie de minime importance en région Grand Est » datant de 2018,
- BRGM : données en open data sur le site geothermies.fr, qui recense les installations de géothermie de surface sur échangeurs ouverts (sur nappe) et fermés (sur champ de sondes).

Un travail d'identification des installations a été mené afin d'éviter les doublons entre les deux sources de données.

La production des installations ADEME est connue, et celle des installations BRGM est estimée à partir des données disponibles. La méthodologie de calcul est différente selon les informations renseignées et selon le type d'installation (sur nappe ou sondes).

Pour les installations sur champ de sondes, lorsque la puissance de la pompe à chaleur est connue, l'hypothèse retenue est que le nombre d'heures de fonctionnement est d'environ 1800 heures. Dans ce cas, la production est calculée comme suit :

Prod (kWh) = Puissance (kW) * 1800 (1)

Dans le cas où la puissance n'est pas renseignée, il est possible de l'estimer à partir du nombre de sondes et de leurs profondeurs à l'aide de la formule ci-dessous :

Puissance (kW) = nombre de sondes * profondeur totale * 50 (W/m) /1000 (2)

Les 50 W/m font référence à la puissance extraite du sol par mètre linéaire de forage (selon l'étude de filière 2021 de l'AFPG).

La production est ensuite calculée à l'aide de la formule précédente (1).

Concernant les installations sur nappe, lorsque la puissance est connue, la production est calculée à l'aide de la formule (1).

Dans le cas contraire, la production est estimée à partir du diamètre de l'ouvrage (forage de captage), en utilisant comme référence la production connue des installations qui ont été identifiées comme étant communes aux données ADEME et BRGM, ou, si le débit de l'installation est connu, la formule suivante :

$$\text{Puissance} = Q * Cv_{eau} * \Delta T$$

Avec Q, le débit d'eau pompée (m^3/h)
Cv_{eau}, chaleur volumique de l'eau = 1.1625 $kWh/m^3.°C$
ΔT, la différence de température entre l'eau pompée et l'eau rejetée, estimée à 5°C.

Lorsqu'aucune de ces informations n'est disponible, une valeur moyenne de 13 960 kWh/an a été attribuée aux installations du secteur résidentiel, et 123 000 kWh/an aux installations des autres secteurs, selon l'étude de l'ADEME[25].

[25] *« Etat des lieux de la filière géothermie de minime importance en région Grand Est », ADEME, 2018.*

Ces calculs et hypothèses permettent d'estimer une production annuelle par installation connue, dont la somme représente environ 41% de la production régionale de 2024 donnée par la DREAL. Cette production estimée est ensuite soustraite de la production régionale, et le solde restant est réparti en fonction du nombre de logements déclarant utiliser « autre » comme énergie principale.

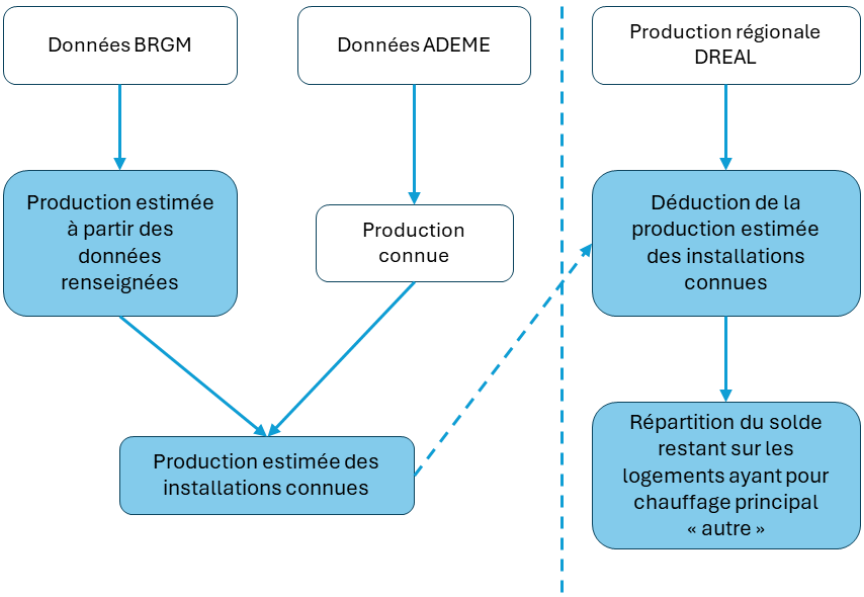


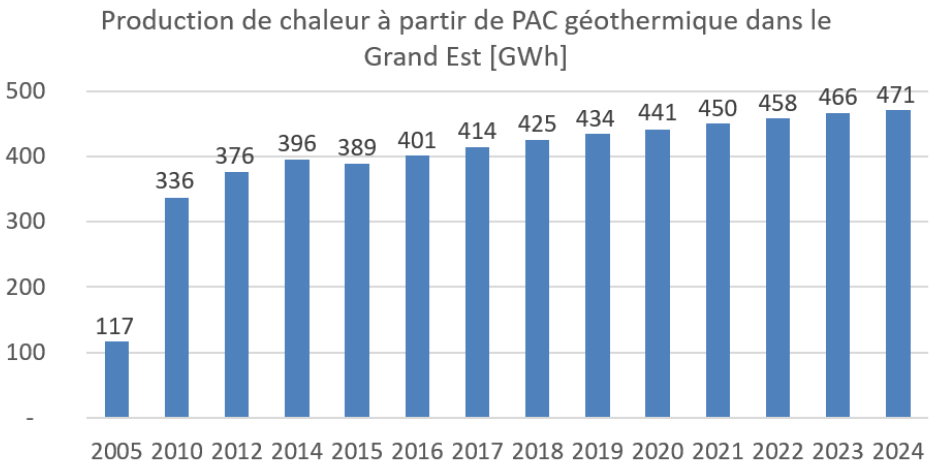
Figure 38 : Organigramme de calcul de la production de la filière PAC géothermiques

3.6.3. Evaluation qualitative du résultat et validation

Le recensement des installations géothermiques n'est pas exhaustif, et la production estimée à partir des informations renseignées pour ces installations provient d'hypothèses sur les puissances des pompes à chaleur, mais aussi le nombre d'heures de fonctionnement. Il existe également des incertitudes sur les installations considérées ou pas comme doublons.

3.6.4. Analyse des résultats et des tendances

L'énergie primaire renouvelable produite par les pompes à chaleur géothermiques connait une forte augmentation depuis le début des années 2000. Cependant, en raison du manque de données précises sur la production de la filière des PAC géothermiques, il est important de noter que ces chiffres pourraient évoluer en fonction de nouvelles études.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 39 : Evolution de la production d'énergie des pompes à chaleur géothermiques [GWh]

3.6.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Le travail initié lors de cet inventaire sera poursuivi avec l'intégration de nouveaux sites mis en service en 2024 et l'affinement des méthodes de calcul de la production à l'aide de nouvelles données sur les installations.

3.6.6. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

En 2024, le Grand Est, avec une production de 471 GWh issue des pompes à chaleur géothermiques, représente environ 10% de la production nationale[26].

[26] *Source de la donnée en métropole : Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération – édition 2025*

3.7. FILIERE POMPES A CHALEUR AEROTHERMIQUES

3.7.1. Informations générales

Depuis la Directive Energies Renouvelables 2009/28/CE, toutes les PAC entrent dans la production d'énergie renouvelable, que la source chaude soit le sol, l'eau ou l'air. En revanche, le rendement énergétique final de la PAC doit excéder significativement l'apport énergétique primaire requis pour son fonctionnement.

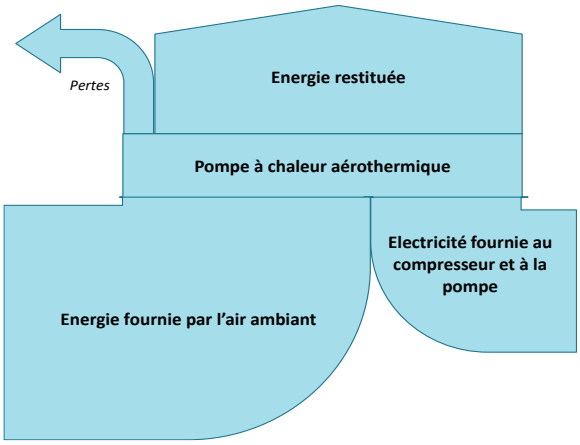


Figure 40 : Flux d'énergie simplifié pour les PAC aérothermiques

Une PAC, comme son nom l'indique, est utilisée prioritairement pour la production de chaleur. Certaines produisent aussi de l'eau chaude sanitaire ou sont utilisées pour le refroidissement (PAC réversibles).

Les PAC qui servent uniquement à la production d'eau chaude sanitaire s'appellent « chauffe-eau thermodynamiques ».

Les systèmes de « climatisation » ne sont pas des pompes à chaleur et ne produisent pas d'énergie renouvelable au sens de la Directive.

La production d'énergie primaire correspond à la chaleur totale produite déduite de la consommation d'électricité des pompes à chaleur.

La production des PAC aérothermiques estimée dans cet inventaire comprend les PAC air/eau, les chauffe-eaux thermodynamiques individuels (CETI) et pour les PAC air/air, les appareils du secteur résidentiel. Les autres étant considérés comme ayant pour fonction principale le rafraichissement.

3.7.2. Méthode de calcul

L'inventaire s'appuie en grande partie sur les rapports suivants : « Ambitions PAC 2030 » (AFPAC) et « Marché du génie climatique » (UNICLIMA, PAC & CLIM INFO). Ces documents communiquent des informations sur l'évolution du marché français des PAC.

Afin de quantifier le parc d'appareils à l'échelle de la région, les données statistiques du parc de logements en France ont été utilisées. Ensuite, les parts EnR par unité du tableau ci-après sont appliquées en fonction du type d'appareil pour estimer leur production.

Technologie	Part EnR par unité	Tep par unité
PAC sur vecteur Eau	11 000 kWh/an	0,95
PAC Air/Air	10 000 kWh/an	0,86
CETI	2 200 kWh/an	0,19

Tableau 9 : Part EnR par unité -Source : AFPAC -Ambitions - PAC 2030

La production régionale ainsi estimée est ensuite ventilée au niveau communal soit à partir de productions réelles recensées soit à partir d'une méthode TOP-DOWN qui consiste à croiser la production restante avec le nombre de maisons ayant comme combustible principal du logement la catégorie « autres » (Fichiers détail Logements de l'INSEE). A partir de 2015, les productions figurant dans les différentes éditions du « Panorama des énergies renouvelables et de récupération en région Grand Est » »[27] [28] [29] [30] [31] [32] [33][34][35]de la DREAL Grand Est ont été prises en compte.

3.7.3. Analyse des résultats et des tendances

La production de chaleur renouvelable à partir de PAC aérothermiques est en constante augmentation depuis 2005 comme le montre la figure ci-après :

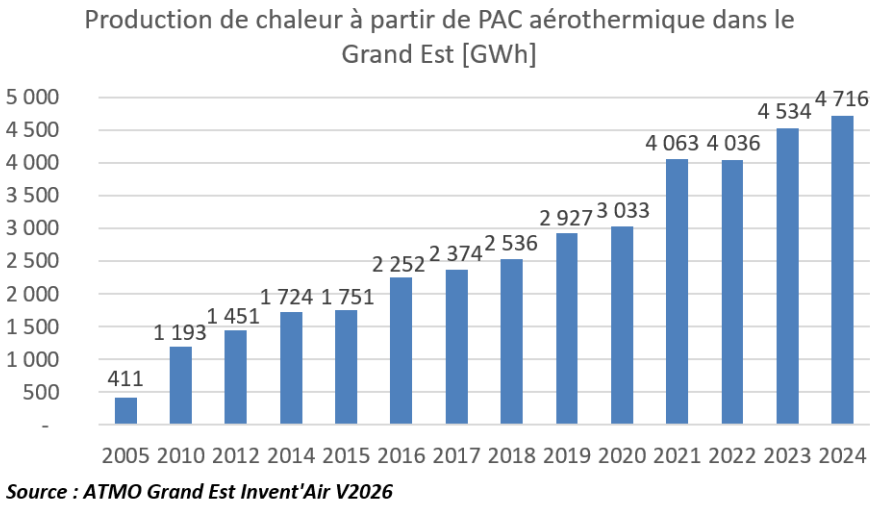


Figure 41 : Evolution de la production d'énergie renouvelable par les PACs aérothermiques

Comme pour les PAC géothermiques, il est important de préciser que ces chiffres traduisent une projection de la dynamique nationale à l'échelle régionale.

3.7.4. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour le moment.

[27] *http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20170920-panorama_enr-vdef.pdf*
[28] *http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2018-panorama_enr-vf-imp.pdf*
[29] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2019-panorama_enr.pdf*
[30] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2020-panorama_enr-impf.pdf*
[31] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2021-panorama_enr-vf.pdf*
[32] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2022-panorama_enr-vf.pdf*
[33] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2023-panorama_enr-w-vf.pdf*
[34] *https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/2024-panorama_enr-web.pdf*
[35] *https://services.atmo-grandest.eu/publitheque/observatoire/2025-panorama_enr-web.pdf*

3.8. FILIERE GEOTHERMIE TRES HAUTE ENERGIE

3.8.1. La filière géothermie très haut énergie dans le Grand Est

Le Grand Est compte deux centrales de géothermie de ce type en Alsace :

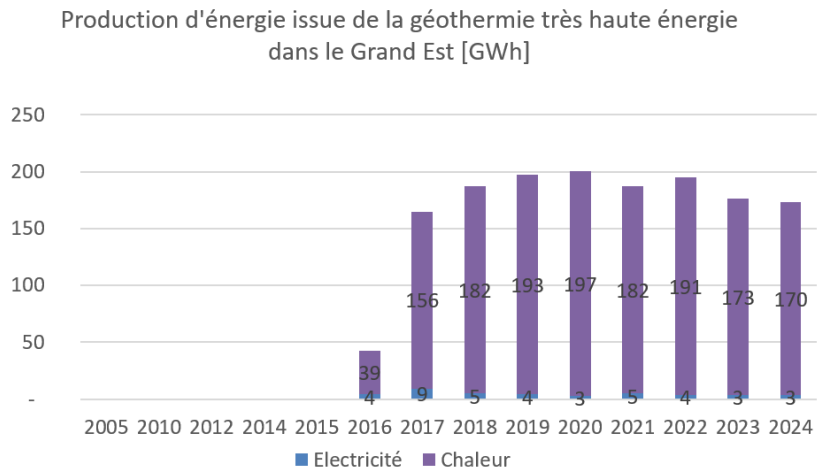
- La centrale de Soultz-Sous-Forêts : après 30 ans de recherche, le pilote scientifique de Soultz-Sous-Forêts est devenu un site industriel en 2016. D'une puissance électrique de 1,5 MWe, elle a été installée en 2008.
- La centrale de Rittershoffen : mise en service en 2016, elle exploite la chaleur thermique pour alimenter en chaleur le site de production de l'usine Roquette situé à Beinheim.

3.8.2. Méthode de calcul

La production de chaleur de la centrale de Rittershoffen est issue des données locales de l'énergie diffusées par le SDES dans le cadre de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). Cette méthodologie est ainsi cohérente avec l'inventaire de consommation d'énergie qui utilise également ces données locales de l'énergie (cf. rapport méthodologique de l'inventaire des consommations d'énergie et émissions d'ATMO Grand Est). La production d'électricité de la centrale de Soultz-sous-Forêts est issue de l'open data ODRE.

3.8.3. Analyse des résultats et des tendances

Avant son passage en mode industriel en 2016, la production du site de Soultz-Sous-Forêts consistait en des tests avec ou sans injection sur le réseau. La production d'énergie géothermique profonde dans le Grand Est est donc quasi nulle avant 2016. A partir de 2017 on observe une production énergétique plus importante, liée notamment à la mise en service de la centrale de Rittershoffen.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 42 : Evolution de la production d'énergie issue de la géothermie profonde dans le Grand-Est

3.8.4. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Aucune perspective d'amélioration n'a été identifiée pour le moment.

3.9. FILIERE BIOCOMBUSTIBLES

3.9.1. Informations générales

Une culture énergétique est une culture destinée à la valorisation énergétique. La valorisation peut se faire soit par combustion en l'utilisant comme combustible soit en l'utilisant comme biocarburant. La filière biocarburant étant une filière à part entière (cf. 0), cette filière traite uniquement des cultures utilisées comme biocombustible.

3.9.2. Méthode de calcul

L'inventaire des cultures énergétiques consiste dans un premier temps à recenser les surfaces agricoles destinées à la production d'énergie. Ce recensement résulte de la compilation des chiffres contenus dans le recensement agricole de 2010 et ceux du rapport « Etat des lieux des gisements et de la gestion de la matière organique en Alsace, perspectives de développement des installations de production de biogaz, 2013 » qui dresse un état des lieux de la filière culture énergétique dans les départements du Haut-Rhin et du Bas-Rhin en 2013.

Un rendement de récolte est appliqué à l'hectare. Si le tonnage récolté est disponible, celui-ci est directement utilisé. A cette quantité est associé le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de l'espèce utilisé (miscanthus, sorgho, igniscum…). En l'absence de données sur la nature de l'espèce, le miscanthus est choisi par défaut, ainsi que l'année 2010 en date d'implantation. Les productions des années 2015 à 2024 ont été prises égales à celles de l'année 2014.

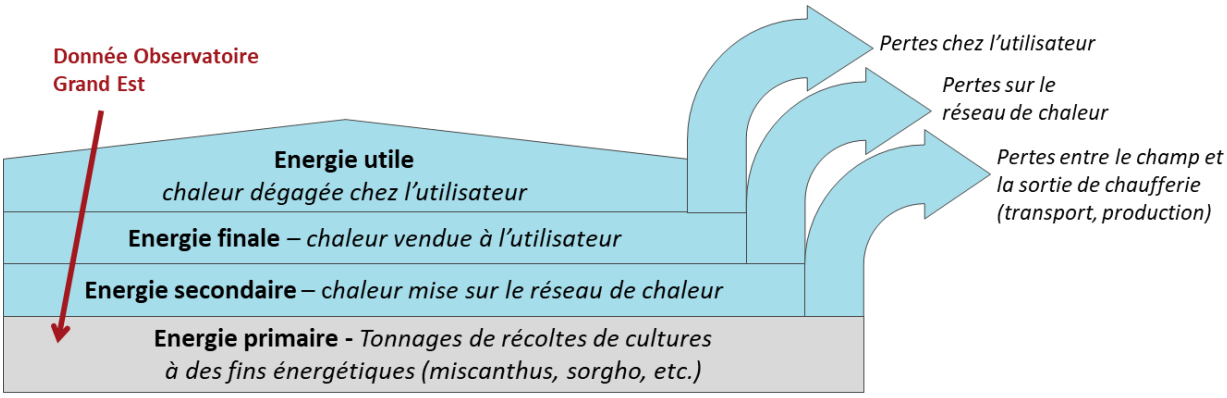


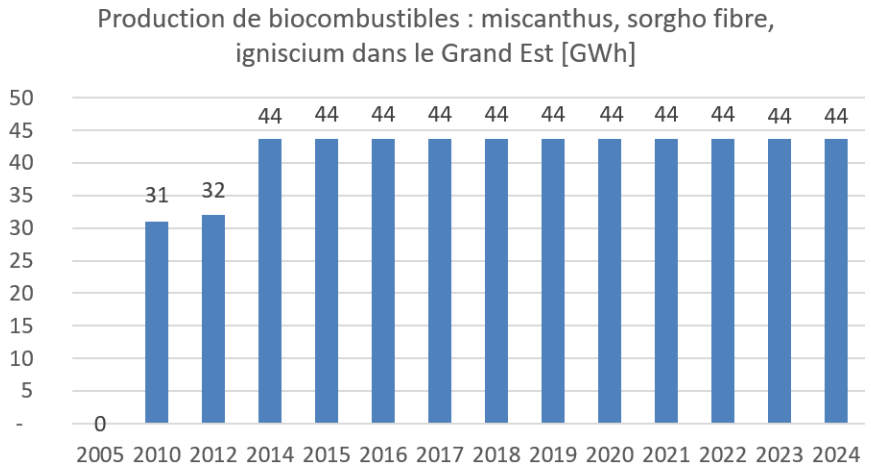
Figure 43 : Flux d'énergie simplifié pour la biomasse agricole prise en compte dans l'inventaire

3.9.3. Evaluation qualitative des résultats

Il est reconnu que ces tonnages peuvent être destinés aussi bien à la filière combustion qu'aux filières biogaz et biocarburant. Néanmoins le risque de double compte est faible étant donné que les sites de valorisation de biogaz ou de production de biocarburants recensés n'utilisent a priori pas cette biomasse.

3.9.4. Analyse des résultats et des tendances

La Figure 44 donne l'évolution des productions des cultures énergétiques connues et recensées dans le Grand Est :



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 44: Evolution des productions des cultures énergétiques dans le Grand Est [GWh] (avec les données 2015 à 2023 estimées égales à 2014)

3.9.5. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Pour le prochain exercice, il s'agira de mettre à jour les productions des années ultérieures à 2014 et d'affiner au maximum cette filière afin d'éviter tout double compte.

3.10. FILIERE AGROCARBURANTS

3.10.1. Informations générales

Un « agrocarburant » est un carburant obtenu à partir de produits issus de l'agriculture. C'est ce que l'on recense pour l'instant dans cette filière de l'inventaire. De manière plus générale, un « biocarburant » est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles provenant de la biomasse.

Tout comme la filière forêt / bois-énergie, cette filière n'est pas prise en compte dans le calcul du ratio de suivi de la part des énergies renouvelables dans la consommation selon la directive européenne 2009/28/CE. A la place ce sont les proportions de biocarburants dans les quantités de carburants consommés qui sont prises en compte.

3.10.2. La filière agrocarburants dans le Grand Est

Le tableau ci-dessous reprend les sites de production d'agrocarburants recensés dans l'inventaire :

Société	Site de production	Caractéristiques
INEOS	VERDUN	Production de biodiesel à partir de colza
SAIPOL- Groupe Avril	MERIOT	Production de biodiesel à partir de colza
CRISTANOL	BAZANCOURT	Production, transformation et vente de bioéthanol et d'alcool à partir de betteraves et de céréales
CRISTAL UNION	ARCIS-SUR-AUBE	Distillerie intégrée à une sucrerie betteravière
TEREOS	VAL-DES-MARAIS	Production de bioéthanol à partir de betteraves. Arrêt de la production en 2010
ROQUETTE	BEINHEIM	Production de bioéthanol à partir de blé

Tableau 10 : Liste des sites de production de biocarburant recensés dans l'inventaire V2026

Le caractère « soutenable » ou non d'un agrocarburant est défini dans la Directive 2009/28/CE pour les agrocarburants produits à partir de résidus agricoles, et une réflexion est en cours pour les agro-carburants produits à partir de cultures pouvant entrer en concurrence avec l'alimentation (voir **Annexe 7 :** Biocarburants : Directive 2003/30/CE et projet de Directive du 17 octobre 2012).

3.10.3. Méthode de calcul

La production secondaire est considérée dans l'inventaire, à savoir la quantité de biocarburant produit, quelle que soit l'origine des cultures utilisée. Les facteurs de conversion utilisés proviennent du rapport OMINEA du CITEPA.

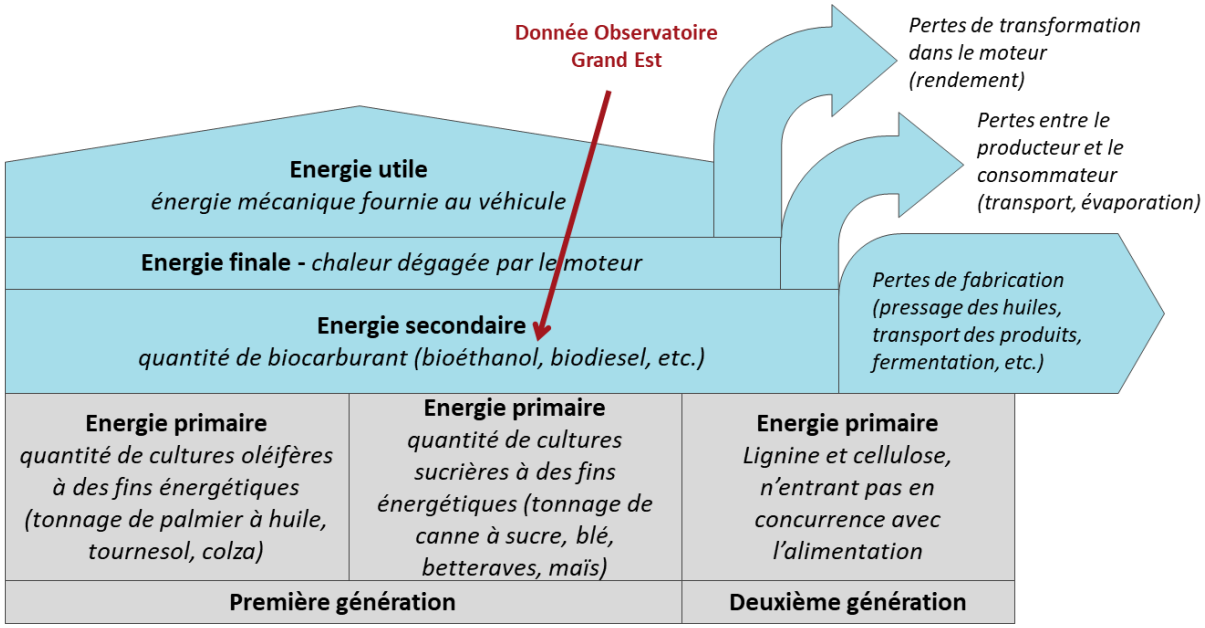


Figure 45 : Flux d'énergie simplifié présentant la donnée pour la filière agro-carburants

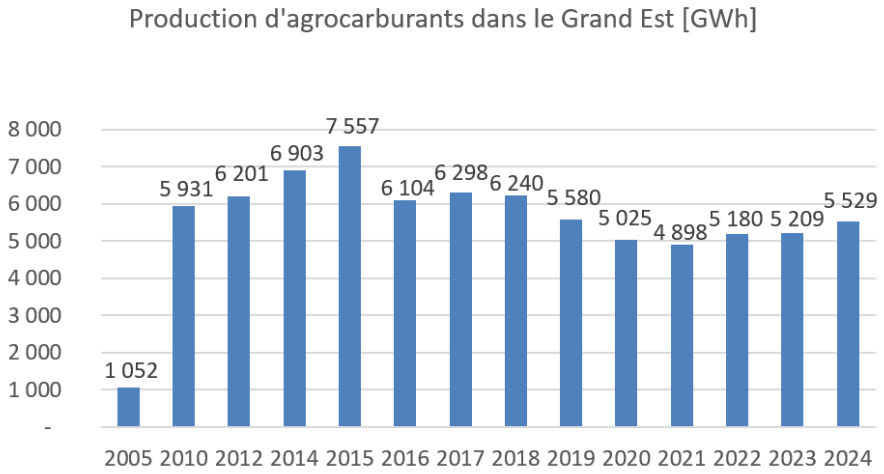
Cette filière est renseignée sous le vecteur « combustibles / carburants ».

3.10.4. Evaluation qualitative du résultat et validation

Les données de capacité de production ont été fournies par les exploitants ou retrouvées sur internet (site des exploitants, arrêtés préfectoraux…). Les productions réelles étant confidentielles, elles ont été calculées à partir de la donnée totale annuelle issue du panorama des énergies renouvelables de la DREAL et/ou à partir des capacités de production de chacun des sites.

3.10.5. Analyse des résultats et des tendances

La production d'agrocarburants dans le Grand Est a connu une progression importante entre 2005 et 2015. En 2016, on a constaté une baisse de la production en raison des conditions de marché moins favorables. De 2017 à 2021, la production était en baisse, suivie d'une légère remontée pour atteindre 5529 GWh d'agrocarburants produits en 2024 dans la région Grand Est.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Figure 46 : Evolution de la production d'agrocarburants dans le Grand Est [GWh]

3.10.6. Perspectives pour la prochaine mise à jour

Pour le prochain inventaire, il serait utile d'obtenir des données réelles diffusables par site ou globales par année afin de pouvoir les utiliser comme données de bouclage. Il serait également intéressant de connaître la part des cultures provenant du Grand Est.

3.10.7. Part de la production du Grand Est dans la production nationale

Cette production n'a pas pu faire l'objet de comparaison par rapport à d'autres inventaires qui recensent en général la consommation de biocarburants.

ACRONYMES

ADEME	Agence de L'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFPAC	Association Française pour les Pompes à Chaleur
BEPH	Bureau exploration-production des hydrocarbures
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CDSDND	Centre de Stockage de Déchets Non Dangereux
CEREN	Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie
CESC	Chauffe-Eau Solaire Collectif
CESI	Chauffe-Eau Solaire Individuel
CET	Centre d'Enfouissement Technique
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DJU	Degré Jour Unifié
ECS	Eau Chaude Sanitaire
ELD	Entreprises Locales de Distribution
EnR	Energie Renouvelable
ES	Electricité de Strasbourg
FIBOIS	Fédération Interprofessionnelle Forêt Bois Alsacienne
GIPEBLOR	Groupe Interprofessionnel de Promotion de l'Economie du Bois en Lorraine
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
NAPFUE	Nomenclature for Air Pollution of FUEls
OREGES	Observatoire Régional de l'Energie et des Gaz à Effet de Serre
PAC	Pompe à chaleur
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
SDES	Service de la Donnée et des Etudes Statistiques
SRER	Schéma Régional des Energies Renouvelables
SRCAE	Schéma Régionaux Climat Air Energie
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
STEP	Station d'Epuration des Eaux Usées (Biogaz)
STEP	Station de Transfert d'Energie par pompage (Hydraulique)
UIOM	Usine d'Incinération des Ordures Ménagères

GLOSSAIRE

Cogénération : Technique permettant la production simultanée d'électricité et de chaleur faisant l'objet de l'arrêté du 3 juillet 2001 (JO du 24 juillet 2001), notamment son article 2, et de la directive européenne 2004/8 du 11 février 2004 (JOCE du 21 février 2004). Par la loi du 10 février 2000, cette technique, performante en termes d'efficacité énergétique, bénéficie de l'obligation d'achat par EDF ou les ELD (entreprises locales de distribution).

Énergie primaire : Énergie contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature. Cette énergie est utilisée telle quelle par l'utilisateur final, ou transformée en une autre forme d'énergie (l'électricité, par exemple), ou consommée dans le processus de transformation ou d'acheminement vers l'utilisateur, ou encore utilisée à des fins non énergétiques, comme dans la fabrication de plastique à partir de pétrole. L'énergie primaire est comptabilisée le plus en amont possible (pouvoir calorifique des énergies fossiles ou renouvelables utilisées, énergie dégagée par la réaction nucléaire) pour permettre de mesurer l'amélioration de l'efficacité énergétique. La comptabilisation se fait en multipliant les quantités par le pouvoir calorifique, ce qui donne la production primaire.

Électricité primaire : Électricité tirée de la nature directement sous forme d'électricité, et non par transformation d'une autre énergie. Comprend l'électricité hydraulique, éolienne, photovoltaïque, géothermique à haute température et nucléaire.

Chaleur : Obtenir de la chaleur sous une forme utilisable est l'un des objectifs de la consommation d'énergie. Cela peut se faire en exploitant de la chaleur primaire, fournie par la nature (énergie géothermique et solaire). Mais la chaleur est très majoritairement une chaleur "secondaire" obtenue par transformation d'une énergie primaire (par exemple en brûlant une énergie fossile). La chaleur est le plus souvent produite pour être consommée sur place. Mais elle peut aussi être produite pour autrui et vendue.

Énergie renouvelable : Énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables, à savoir : énergie éolienne, solaire, aérothermique, géothermique, hydrothermique, marine et hydroélectrique, biomasse, gaz de décharge, gaz des stations d'épuration d'eaux usées et biogaz. *[Directive 2009/28/CE du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables]*

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : énergie thermique libérée par la combustion d'une unité de masse de combustible sous forme de chaleur sensible uniquement. Le rendement d'une étant calculé traditionnellement à partir du PCI, il est possible pour les chaudières à condensation d'afficher des rendements supérieurs à 100 %.

Productible : quantité d'énergie pouvant être produite théoriquement.

Production brute d'électricité : production mesurée aux bornes des groupes des centrales. Elle inclut par conséquent la consommation des auxiliaires et les pertes dans les transformateurs (voir Figure 3).

Production nette d'électricité : production mesurée à la sortie des centrales c'est-à-dire déduction faite de la consommation des services auxiliaires et des pertes dans les transformateurs des centrales (voir Figure 3).

ANNEXE 1 : SOURCES DE DONNEES

1. **Général**
   - DREAL Grand Est : « Panorama des énergies renouvelables en région Grand Est », 2016 à 2024
   - ADEME Grand Est, Région Grand Est (installations subventionnées)
   - DGPR : Base de déclaration des émissions polluantes (BDREP)
   - SDES : Bilan énergétique de la France, Données locales relatives aux installations de production d'électricité renouvelable, Registre national des installations de production d'électricité et de stockage
   - RTE : Statistiques de l'énergie électrique en France, bilans électriques régionaux annuels
   - ENEDIS : opendata des productions d'électricité par commune
   - CIBE-FEDENE-SER-UNICLIMA : Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération
   - ATMO Grand Est, Inventaire de consommation d'énergie V2026

2. **Compléments par filière**
   - **Pétrole :** « Les publications et les statistiques du BEPH » (Bureau exploration-production des hydrocarbures)
   - **Déchets :**
     - Rapports annuels et rapports d'activités des exploitants (Strasbourg Métropole, SMITOM Haguenau-Saverne, SIVOM Mulhouse, SYVALOM, REMIVAL, SDEDM)
     - www.france-incinération.fr : Incinérateur de Chaumont
   - **Biogaz :**
     - « Etat des lieux des gisements et de la gestion de la matière organique en Alsace, perspectives de développement des installations de production de biogaz », ADEME Alsace et Région Alsace,2013
     - « Le biogaz en Alsace : Potentiel, étude économique », Michel MAURER, Rémy GENDRE, Programme EnergiVie, 2004, 123 pages
   - **Cultures énergétiques :**
     - AGRESTE, Extraction du recensement agricole 2010-cultures énergétiques- canton
     - Rapports d'activité, SICLAE
   - **Hydraulique :**
     - Faits marquants 2010, 2012 et 2014, UEM
     - Fiches d'identité REVIN, EDF
   - **Filière forêt / bois :**
     - « Suivi de l'évolution du bois énergie et du bois d'industrie sur les régions du Grand Nord Est de la France », ADIB, FIBOIS, APROVALBOIS, GIPEBLOR et VALEURBOIS, ,2016 ».
     - Enquête bois réalisée dans le cadre d'Atmo VISION
   - **Pompes à chaleur :**
     - « Baromètre pompes à chaleur », Eurobserv'ER, www.eurobserv-er.org, 2013 et 2015
     - « Ambitions PAC 2030 », AFPAC, www.afpac.org,2015, 118 pages

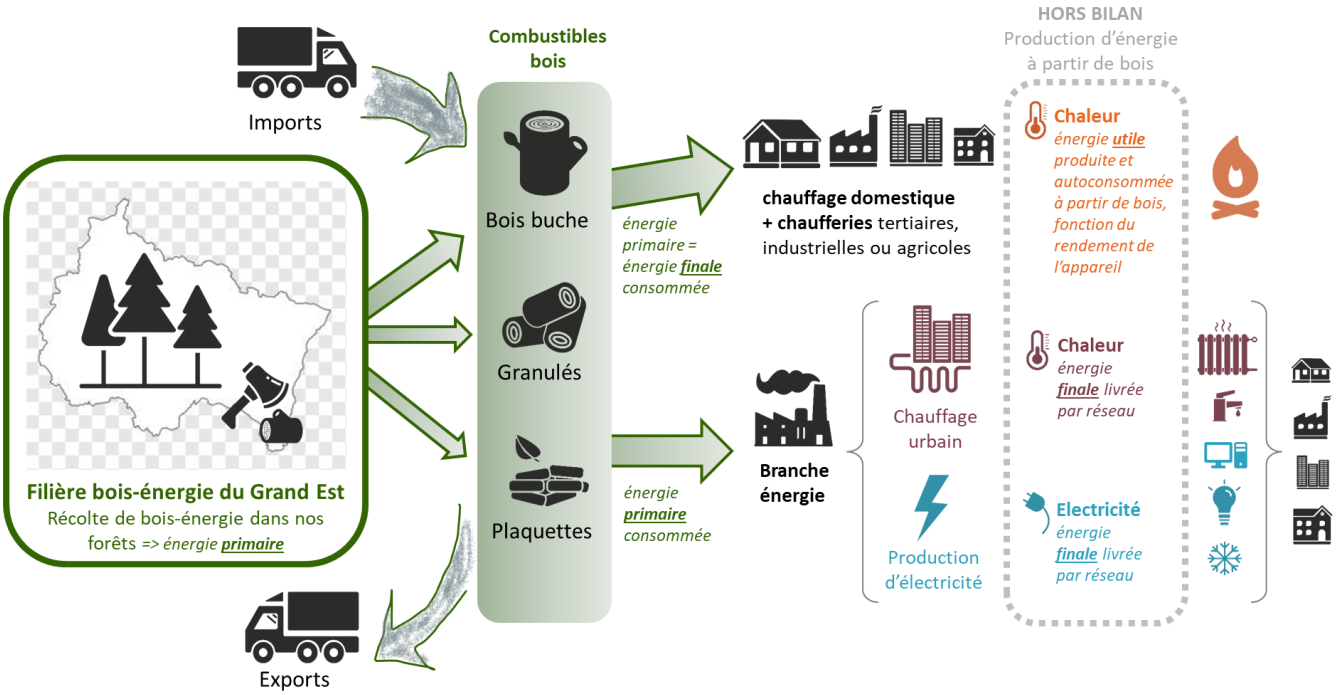
ANNEXE 2 : TABLEAU DE SYNTHESE DE L'ARCHITECTURE DE L'INVENTAIRE

Niveau 1 Type	Niveau 2 Source	Niveau 3 Filière	*Niveau 4 Détail*	Comptabilisation	Vecteur
1. EnR					
	1.1. Force motrice de l'eau				
		1.1.1. Grande Hydraulique (>=10MW)		dans bilan	Electricité
		1.1.2. Petite Hydraulique (entre 1 et 10 MW)		dans bilan	Electricité
		1.1.3. Micro-hydraulique (<1MW)		dans bilan	Electricité
	1.2. Déchets				
		1.2.1. Déchets incinération EnR			
			1.2.1.1. Production d'électricité avec cogénération	dans bilan	Electricité
			1.2.1.2. Production d'électricité sans cogénération	dans bilan	Electricité
			1.2.1.3. Production de chaleur avec cogénération	dans bilan	Chaleur
			1.2.1.4. Production de chaleur sans cogénération	dans bilan	Chaleur
	1.3. Bois / biomasse ligneuse				
		1.3.1. Production de bois énergie			
			1.3.1.1. Bois bûche	dans bilan	Carburant ou combustible
			1.3.1.2. Pellets	dans bilan	Carburant ou combustible
			1.3.1.3. Autres	dans bilan	Carburant ou combustible
		1.3.2. Production d'énergie à partir de bois énergie			
			1.3.2.1. Production de chaleur centralisée (collectif)	hors bilan	Chaleur
			1.3.2.2. Production de chaleur décentralisée - individuel	hors bilan	Chaleur
			1.3.2.3. Production de chaleur décentralisée - industrie	hors bilan	Chaleur
			1.3.2.4. Chauffage urbain - Production d'électricité avec cogénération	hors bilan	Electricité
			1.3.2.5. Chauffage urbain - Production d'électricité sans cogénération	hors bilan	Electricité
			1.3.2.6. Chauffage urbain - Production de chaleur avec cogénération	hors bilan	Chaleur
			1.3.2.7. Chauffage urbain - Production de chaleur sans cogénération	hors bilan	Chaleur
			1.3.2.8. Production d'électricité	hors bilan	Electricité
			1.3.2.9. Production de chaleur	hors bilan	Chaleur
	1.4. Soleil				
		1.4.1. Solaire thermique			
			1.4.1.1. CESI	dans bilan	Chaleur
			1.4.1.2. CESC	dans bilan	Chaleur
			1.4.1.3. SSC	dans bilan	Chaleur
		1.4.2. Solaire photovoltaïque		dans bilan	Electricité
			1.4.2.1. >6kW		
			1.4.2.2. Entre 6 et 1kW		
			1.4.2.3. >1kW		
	1.5. Calories du sol				
		1.5.1. Géothermie très haute énergie			
			1.5.1.1. Production d'électricité	dans bilan	Electricité
			1.5.1.2. Production de chaleur	dans bilan	Chaleur
		1.5.2. Géothermie profonde basse énergie		dans bilan	Chaleur
		1.5.3. Géothermie de surface (PAC)		dans bilan	Chaleur
	1.6. Calories de l'air				
		1.6.1. PACs aérothermiques		dans bilan	Chaleur
	1.7. Biomasse agricole ou fermentescible				
		1.7.1. Production d'agrocarburants		dans bilan	Carburant ou combustible
		1.7.2. Biogaz			
			1.7.2.1. Production d'électricité avec cogénération	dans bilan	Electricité
			1.7.2.2. Production d'électricité sans cogénération	dans bilan	Electricité
			1.7.2.3. Production de chaleur avec cogénération	dans bilan	Chaleur
			1.7.2.4. Production de chaleur sans cogénération	dans bilan	Chaleur
			1.7.2.5. Production de biogaz énergétique (injection réseau)	dans bilan	Carburant ou combustible
		1.7.3. Production de biocombustibles			
			1.7.3.1. Production de combustible	dans bilan	Carburant ou combustible
	1.8. Vent				
		1.8.1. Eolien		dans bilan	Electricité
			1.8.1.1. Petit éolien		
			1.8.1.2. Parcs éoliens		
	1.9. Divers				
		1.9.1. Chauffage urbain - Production de chaleur issue d'autres EnR (solaire, PAC, biogaz…)		hors bilan	Chaleur
		1.9.2. Chauffage urbain - Récupération de chaleur fatale - part EnR (UIOM, Industriel, chaufferie urbaine…)		hors bilan	Chaleur
		1.9.3. Froid urbain - Compression		hors bilan	Froid

2. Non EnR		
2.1. Nucléaire	dans bilan	Electricité
2.2. Déchets		
2.2.1. Déchets incinération non EnR		
2.2.1.1. Production d'électricité avec cogénération	dans bilan	Electricité
2.2.1.2. Production d'électricité sans cogénération	dans bilan	Electricité
2.2.1.3. Production de chaleur avec cogénération	dans bilan	Chaleur
2.2.1.4. Production de chaleur sans cogénération	dans bilan	Chaleur
2.3. Fossiles		
2.3.1. Chauffage urbain hors EnR		
2.3.1.1. Production d'électricité avec cogénération	hors bilan	Electricité
2.3.1.2. Production d'électricité sans cogénération	hors bilan	Electricité
2.3.1.3. Production de chaleur avec cogénération	hors bilan	Chaleur
2.3.1.4. Production de chaleur sans cogénération	hors bilan	Chaleur
2.3.3. Extraction de pétrole	dans bilan	Carburant ou combustible
2.3.4. Production de charbon		
2.3.5. Production de coke	hors bilan	Carburant ou combustible
2.3.6. Centrales thermiques	hors bilan	Electricité
2.3.7. Cogénérations et autres		
2.3.7.1. Production d'électricité	hors bilan	Electricité
2.3.7.2. Production de chaleur	hors bilan	Chaleur
2.4. Hydraulique non renouvelable		
2.4.1. Stations de transfert d'électricité par pompage (STEP)	dans bilan	Electricité
2.5. Récupération		
2.5.1. Chauffage urbain - Récupération de chaleur fatale - part non EnR (UIOM, Industriel, chaufferie urbaine…)	hors bilan	Chaleur
2.5.2. Electricité déstockée à partir de batteries	hors bilan	Electricité

ANNEXE 3 : PRODUCTION D'ENERGIE A PARTIR DE BOIS ENERGIE (HORS BILAN)

Cette filière recense la quantité d'énergie produite dans le Grand Est à partir de bois énergie, aussi bien par des chaufferies urbaines, que par des chaudières industrielles ou les secteurs du résidentiel et du tertiaire.



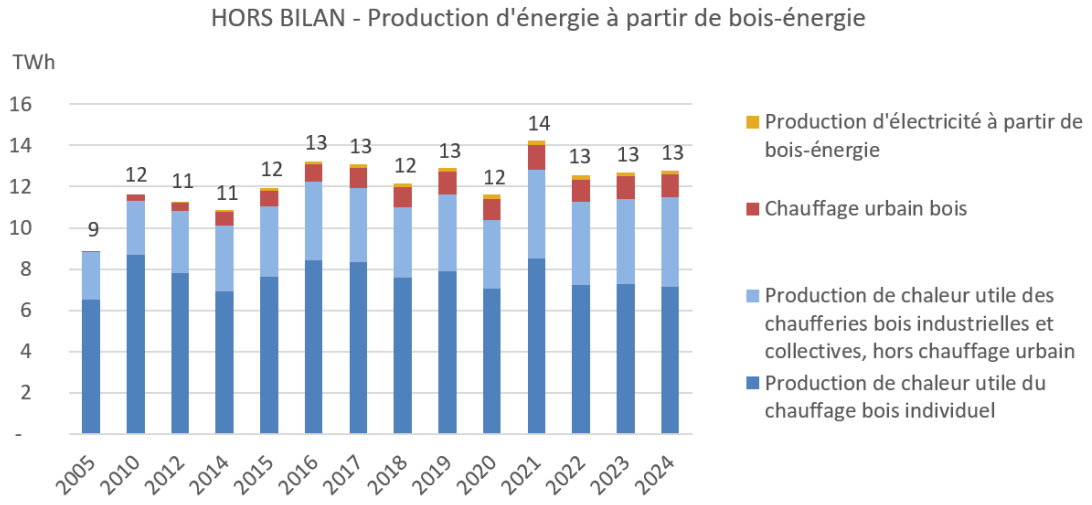
Cette filière est considérée « hors bilan » de l'inventaire de production d'énergie d'ATMO Grand Est afin d'éviter les doubles compte par rapport à la filière bois, qui est représentative des ressources bois présentes sur un territoire. Ainsi, une commune rurale dotée d'une grande surface forestière exploitée pourra être fortement productrice de bois énergie alors qu'une commune urbaine disposant de plusieurs chaufferies bois sur son territoire mais de peu de forêts pourra être fortement productrice de chaleur à partir de bois énergie importé.

Ce choix d'approcher le plus possible (dans la limite des données disponibles) la quantité d'énergie primaire permet d'accéder à la notion de potentiel voire d'indépendance énergétique.

Les données sont issues de l'inventaire de consommation d'énergie, avec application des rendements suivants :

- 80% pour les chaudières collectives du résidentiel, du tertiaire, du secteur agricole et de l'industrie,
- 80% pour les équipements individuels utilisant des granulés
- 70% pour les équipements individuels cuisinières, foyer fermés et poêles utilisant du bois-bûche,
- 15% pour les foyers ouverts

Cette donnée dépend directement de l'inventaire de consommation d'énergie.



Source : ATMO Grand Est Invent'Air V2026

Les réseaux de chaleur alimentés au bois énergie se sont considérablement développés en région Grand Est, passant de 10 en 2005 à 105 en 2024. Cependant, malgré un rendement de production optimum, la chaleur produite par ces réseaux représente seulement 9% de la chaleur produite à partir de bois-énergie dans le Grand Est en 2024. En effet, compte tenu du nombre important de logements disposant d'un appareil individuel de chauffage au bois, c'est cette sous-filière qui représente la majorité de la chaleur produite à partir de bois-énergie.

ANNEXE 4 : PART D'ENERGIE RENOUVELABLE DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ENERGIE : DEFINITION DONNEE DANS LA DIRECTIVE 2009/28/CE

Les paragraphes 6, 1, 3 et 4 de l'article 5 définissent le calcul de la part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et la définition de la « consommation finale brute d'énergie » (le dénominateur) et donnée au paragraphe f) de l'article 2 « définitions » :

Article 5

Calcul de la part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables

6. La part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables est calculée en divisant la consommation finale brute d'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables par la consommation finale brute d'énergie toutes sources confondues, exprimée en pourcentage.

=

1. La consommation finale brute d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans chaque État membre est calculée comme étant la somme:

a) de la consommation finale brute d'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables;

b) de la consommation finale brute d'énergie produite à partir de sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement; et

c) de la consommation finale d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le secteur des transports.

Article 2

Définitions

f) «consommation finale brute d'énergie»: les produits énergétiques fournis à des fins énergétiques à l'industrie, aux transports, aux ménages, aux services, y compris aux services publics, à l'agriculture, à la sylviculture et à la pêche, y compris l'électricité et la chaleur consommées par la branche énergie pour la production d'électricité et de chaleur et les pertes sur les réseaux pour la production et le transport d'électricité et de chaleur;

3. Aux fins du paragraphe 1, point a), la consommation finale brute d'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables est la quantité d'électricité produite dans un État membre à partir de sources renouvelables, à l'exclusion de l'électricité produite dans des systèmes d'accumulation par pompage à partir de l'eau pompée auparavant en amont.

Dans les installations multicombustible utilisant aussi bien des sources d'énergie renouvelables que conventionnelles, seule la part de l'électricité produite à partir de sources renouvelables est prise en compte. Pour effectuer ce calcul, la contribution de chaque source d'énergie est calculée sur la base de son contenu énergétique.

L'électricité produite à partir de l'énergie hydraulique et de l'énergie éolienne entre en ligne de compte conformément aux formules de normalisation énoncées à l'annexe II.

4. Aux fins du paragraphe 1, point b), la consommation finale brute d'énergie produite à partir de sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement est la quantité d'énergie de chauffage et de refroidissement centralisés produite dans un État membre à partir de sources renouvelables, à laquelle s'ajoute la consommation supplémentaire d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans les secteurs de l'industrie, des ménages, des services, de l'agriculture, de la sylviculture et de la pêche à des fins de chauffage, de refroidissement et de transformation.

Dans les installations multicombustible utilisant aussi bien des sources d'énergie renouvelables que conventionnelles, seule la part du chauffage et du refroidissement produite à partir de sources renouvelables est prise en compte. Pour effectuer ce calcul, la contribution de chaque source d'énergie est calculée sur la base de son contenu énergétique.

L'énergie aérothermique, géothermique et hydrothermique captée par des pompes à chaleur est prise en considération aux fins du paragraphe 1, point b), pourvu que le rendement énergétique final excède significativement l'apport énergétique primaire requis pour faire fonctionner les pompes à chaleur. La quantité de chaleur devant être considérée comme de l'énergie produite à partir de sources renouvelables aux fins de la présente directive est calculée selon la méthodologie fixée à l'annexe VII.

L'énergie thermique générée par les systèmes d'énergie passive, qui permettent de diminuer la consommation d'énergie de manière passive en utilisant la conception du bâtiment ou la chaleur générée par de l'énergie produite à partir de sources non renouvelables, n'est pas prise en compte aux fins du paragraphe 1, point b).

indications concernant les biocarburants disséminés partout dans la directive

Figure 47 : Résumé de la définition du pourcentage d'EnR dans la consommation finale (Directive 2009/28/CE)

Si le terme de « consommation finale » est utilisé pour définir le numérateur et le dénominateur, pour l'électricité, le chauffage et le refroidissement centralisés il s'agit en fait de la production, pour le chauffage et le refroidissement non centralisés et pour les transports il s'agit de la consommation finale.

Une trajectoire indicative est proposée dans l'annexe 1 de la Directive :

ANNEXE I

Objectifs globaux des États membres concernant la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020 [1]

B. *Trajectoire indicative*

La trajectoire indicative mentionnée à l'article 3, paragraphe 2, se compose des parts ci-après d'énergie produite à partir de sources renouvelables:

$S_{2005} + 0{,}20\ (S_{2020} - S_{2005})$, comme moyenne pour les deux années 2011 et 2012,

$S_{2005} + 0{,}30\ (S_{2020} - S_{2005})$, comme moyenne pour les deux années 2013 et 2014,

$S_{2005} + 0{,}45\ (S_{2020} - S_{2005})$, comme moyenne pour les deux années 2015 et 2016, et

$S_{2005} + 0{,}65\ (S_{2020} - S_{2005})$, comme moyenne pour les deux années 2017 et 2018,

sachant que:

S_{2005} = la part en 2005, telle qu'indiquée dans le tableau de la partie A pour l'État membre concerné,

et

S_{2020} = la part en 2020, telle qu'indiquée dans le tableau de la partie A pour l'État membre concerné.

Figure 48 : Trajectoire indicative pour la part d'EnR dans la consommation d'énergie finale (Directive 2009/28/CE)

ANNEXE 5 : PRISE EN COMPTE DES PAC : ANNEXE VII DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE

L'annexe VII de la Directive 2009/28/CE donne la formule de normalisation pour la comptabilisation des pompes à chaleur pour le calcul du pourcentage d'EnR dans la consommation finale :

ANNEXE VII

Comptabilisation de l'énergie produite à partir de pompes à chaleur

La quantité d'énergie aérothermique, géothermique ou hydrothermique capturée par des pompes à chaleur, devant être considérée comme énergie produite à partir de sources renouvelables aux fins de la présente directive, E_{RES}, se calcule selon la formule suivante:

$$E_{RES} = Q_{utilizable} * (1 - 1/FPS)$$

sachant que:

— $Q_{utilizable}$ = la chaleur utilisable totale estimée qui est délivrée par des pompes à chaleur répondant aux critères indiqués à l'article 5, paragraphe 4, et mis en œuvre comme suit: seules sont prises en compte les pompes à chaleur pour lesquelles FPS > 1,15 * 1/η,

— *FPS* = le facteur de performance saisonnier moyen estimé pour lesdites pompes à chaleur,

— η représente le ratio entre la production brute totale d'électricité et la consommation énergétique primaire requise pour la production d'électricité et se calcule en tant que moyenne à l'échelle de l'Union, fondée sur les données Eurostat.

Le 1er janvier 2013 au plus tard, la Commission fixe les lignes directrices quant aux modalités selon lesquelles les États membres estiment les valeurs de $Q_{utilizable}$ et de *FPS* pour les différentes technologies et applications de pompes à chaleur, en prenant en compte les différences de conditions climatiques, et singulièrement les climats très froids.

Figure 49 : Formule de normalisation pour les PAC (Directive 2009/28/CE)

ANNEXE 6 : NORMALISATION DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EOLIEN : ANNEXE II DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE

L'annexe II de la Directive 2009/28/CE donne la formule de normalisation pour la normalisation de l'électricité produite à partir d'énergie hydraulique pour le calcul du pourcentage d'EnR dans la consommation finale :

ANNEXE II

Formule de normalisation pour la comptabilisation de l'électricité produite à partir d'énergie hydraulique et d'énergie éolienne

La formule suivante s'applique aux fins de la comptabilisation de l'électricité produite à partir d'énergie hydraulique dans un État membre donné:

$$Q_{N(norm)} = C_N \times \left[\sum_{i=N-14}^{N} \frac{Q_i}{C_i} \right] / 15$$

sachant que:

N = année de référence;

$Q_{N(norm)}$ = la quantité normalisée d'électricité produite par l'ensemble des centrales hydrauliques de l'État membre au cours de l'année N, aux fins de comptabilisation,

Q_i = la quantité d'électricité effectivement produite au cours de l'année i par l'ensemble des centrales hydrauliques de l'État membre, mesurée en GWh, à l'exclusion de l'électricité produite dans des systèmes d'accumulation par pompage d'eau pompée auparavant en amont,

C_i = le total de la puissance installée, net de l'accumulation par pompage, de l'ensemble des centrales hydrauliques de l'État membre à la fin de l'année i, mesurée en MW.

La formule suivante s'applique aux fins de la comptabilisation de l'électricité produite à partir d'énergie éolienne dans un État membre donné:

$$Q_{N(norm)} = \frac{C_N + C_{N-1}}{2} \times \frac{\sum_{i=N-n}^{N} Q_i}{\sum_{j=N-n}^{N} \left(\frac{C_j + C_{j-1}}{2} \right)}$$

sachant que:

N = l'année de référence,

$Q_{N(norm)}$ = la quantité normalisée d'électricité produite par l'ensemble des éoliennes de l'État membre au cours de l'année N, aux fins de comptabilisation,

Q_i = la quantité d'électricité effectivement produite au cours de l'année i par l'ensemble des éoliennes de l'État membre, mesurée en GWh,

C_j = le total de la puissance installée de l'ensemble des éoliennes de l'État membre à la fin de l'année j, mesurée en MW,

n = 4 ou le nombre d'années précédant l'année N pour laquelle les données relatives à la puissance et à la production sont disponibles pour l'État membre en question, la valeur la plus faible étant retenue.

Figure 50 : Formule de normalisation pour la normalisation de l'hydraulique et de l'éolien (Directive 2009/28/CE)

ANNEXE 7 : BIOCARBURANTS : DIRECTIVE 2003/30/CE ET PROJET DE DIRECTIVE DU 17 OCTOBRE 2012

La Directive 2003/30/CE définit les « biocarburants », par des combustibles liquides ou gazeux utilisés pour le transport et produit à partir de la biomasse. D'après la Directive la liste des produits considérés comme biocarburants comprend au minimum les produits énumérés ci-après :

a) « bioéthanol » : éthanol produit à partir de la biomasse et/ou de la fraction biodégradable des déchets et utilisé comme biocarburant ;

b) « biodiesel » : (= « diester ») ester méthylique de qualité diesel produit à partir d'une huile végétale ou animale à utiliser comme biocarburant ;

c) « biogaz » : gaz combustible produit à partir de la biomasse et/ ou de la fraction biodégradable des déchets, purifié jusqu'à obtention d'une qualité équivalente à celle du gaz naturel et utilisé comme biocarburant, ou gaz produit à partir du bois ;

d) « biométhanol » : méthanol produit à partir de la biomasse, à utiliser comme biocarburant ;

e) « biodiméthyléther » : diméthyléther produit à partir de la biomasse, utilisé comme biocarburant;

f) « bio-ETBE (éthyl-tertio-butyl-éther) » : ETBE produit à partir de bioéthanol. Le pourcentage en volume de biocarburant dans le bio-ETBE est de 47 % ;

g) « bio-MTBE (méthyl-tertio-butyl-éther) » : un carburant produit à partir de biométhanol. Le pourcentage en volume de biocarburant dans le bio-MTBE est de 36 % ;

h) « biocarburants synthétiques » : hydrocarbures synthétiques ou mélanges d'hydrocarbures synthétiques produits à partir de la biomasse ;

i) « biohydrogène » : hydrogène produit à partir de la biomasse et/ou de la fraction biodégradable des déchets et utilisé comme biocarburant.

j) « huile végétale pure » : huile produite à partir de plantes oléagineuses par pression, extraction ou procédés comparables, brute ou raffinée, mais sans modification chimique, dans les cas où son utilisation est compatible avec le type de moteur concerné et les exigences correspondantes en matière d'émissions.

Par ailleurs, la proposition de DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 17.10.2012 modifiant la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables comprend la remarque suivante : « La Commission est cependant d'avis qu'après 2020, il ne conviendra pas de subventionner les biocarburants qui n'entraînent pas de réductions importantes des émissions de gaz à effet de serre (lorsque les émissions liées aux changements indirects dans l'affectation des sols sont incluses) et qui sont produits à partir de cultures utilisées pour l'alimentation humaine et/ou animale. »

ANNEXE 8 : PART DE L'INCINERATION DES DECHETS A CONSIDERER COMME RENOUVELABLE : EXTRAITS DE L'ARRETE DU 8 NOVEMBRE 2007 ET DE LA DIRECTIVE 2009/28/CE

L'arrêté du 8 novembre 2007 relatif aux garanties d'origine de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable ou par cogénération, indique que « La production d'électricité renouvelable à partir d'une usine d'incinération d'ordures ménagères est égale à 50 % de l'ensemble de la production d'électricité produite par l'usine ».

Et l'article 2 de la Directive 2009/28/CE donne les définitions suivantes :

a) « énergie produite à partir de sources renouvelables » : une énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables, à savoir : énergie éolienne, solaire, aérothermique, géothermique, hydrothermique, marine et hydroélectrique, biomasse, gaz de décharge, gaz des stations d'épuration d'eaux usées et biogaz ;

e) « biomasse » : la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ;

j) « garantie d'origine » : un document électronique servant uniquement à prouver au client final qu'une part ou une quantité déterminée d'énergie a été produite à partir de sources renouvelables comme l'exige l'article 3, paragraphe 6, de la directive 2003/54/CE ;

En Europe certains pays utilisent le ratio 50% et d'autres la fraction biodégradable des déchets. C'est cette deuxième méthode que ATMO Grand Est a retenu pour les calculs.

ANNEXE 9 : METHODE DE « L'EQUIVALENT PRIMAIRE A LA PRODUCTION » ET METHODE DU « CONTENU ENERGETIQUE A LA CONSOMMATION »

De façon universelle, 0,086 tep/MWh.

- Méthode de « l'équivalent primaire à la production »

Comptabiliser selon la méthode de « l'équivalent primaire à la production » signifie que l'on comptabilise la production d'une quantité d'énergie en remontant à la quantité d'énergie primaire nécessaire à sa production. L'énergie produite est donc par définition secondaire.

Cette méthode est utilisée par convention au niveau national (SDES) et international (Agence Internationale de l'Énergie, Commission européenne, ONU) :

Concernant l'électricité produite par une centrale nucléaire, avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 33 % ; le coefficient de substitution est donc 0,086/0,33 = 0,260606 tep/MWh,

Concernant l'électricité produite par une centrale à géothermie, avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 10 % ; le coefficient de substitution est donc 0,086/0,10 =0,86 tep/MWh.

- Méthode du « contenu énergétique à la consommation »

Comptabiliser selon la méthode du « contenu énergétique à la consommation » signifie que l'on effectue une simple conversion d'unité concernant l'énergie produite (en général MWh électriques mis sur le réseau) et les ktep, c'est-à-dire avec le coefficient 0,086 tep/MWh.

Cette méthode est utilisée par convention concernant toutes les formes d'électricité autres que le nucléaire et la géothermie : production par une centrale thermique classique, hydraulique, éolienne, marémotrice, photovoltaïque, etc., échanges avec l'étranger, consommation.

- Influence sur les graphiques

Dans le bilan, le rendement de 33% de la centrale nucléaire, ou de 10% du site géothermique, sont pris en compte alors ce n'est pas le cas du rendement des centrales thermiques classiques (rendements de production d'électricité de l'ordre de 40%).

Pour une même quantité d'électricité produite (en GWh), une centrale nucléaire apparait donc comme trois fois plus productrice d'énergie primaire (en ktep), alors qu'en réalité le rapport n'est que de 0,4/0,33=1,2.

On peut aussi dire que le nucléaire semble éviter le recours à 3 fois plus de pétrole alors qu'en réalité le rapport est donc de 0,4/0,33=1,2.

Le nucléaire prend donc une part plus importante dans la répartition de la production d'énergie des filières. On pourrait imaginer de travailler en kt(uranium)…

AtMO GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

Air • Climat • Energie • Santé

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim
Tél : 03 69 24 73 73 – contact@atmo-grandest.eu
Siret 822 734 307 000 17 – APE 7120 B
Association agréée de surveillance de la qualité de l'air