

# Schéma régional Climat Air Énergie Alsace







## Les ambitions du schéma régional climat air énergie

Le SRCAE constitue le document structurant fixant un nouveau cap à la politique régionale énergétique déjà très volontariste en Alsace. Il emporte des engagements politiques forts en matière de maîtrise de consommation énergétique, de réduction des gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air et de développement des énergies renouvelables. Il concourt ainsi pleinement aux objectifs nationaux et internationaux et permet d'anticiper les mutations profondes liées au changement climatique. Il offre aussi par son ambition et ses choix spécifiques à la région Alsace, un cadre de développement pour la filière d'économie verte, concernée par les questions énergétiques.

À cet égard, les ambitions du SRCAE sont à la fois fortes et réalistes.

### 1- en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Le scénario plus ambitieux proposé pour l'Alsace est rendu possible grâce aux efforts - passés et à venir - de l'industrie chimique, à la dynamique régionale préexistante pour la promotion des bâtiments à faible consommation énergétique et les avancées en matière d'énergie renouvelable.

Engagements de Kyoto	Engagements nationaux	SRCAE Alsace
Division par 4 des émissions de GES entre 1990 et 2050 (dit "facteur 4")	Réduction de 20% des GES entre 1990 et 2020  Réduction de 20% de la consommation énergétique primaire d'ici 2020	Division par 4 des émissions de GES entre 2003 et 2050 (dit «Facteur 4 volontariste», avec un premier palier de réduction de 20 % d'ici 2020  Réduction de 20% de la consommation énergétique finale entre 2003 et 2020

Suite à une forte diminution des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2000 (due aux efforts de l'industrie chimique), les objectifs du « Facteur 4 dit volontariste » ont été élaborés sur une nouvelle base: 2003. Ce facteur volontariste consiste à viser en 2050 une réduction de 75 % des émissions de GES à partir de l'année de référence 2003.

Les secteurs les plus contributeurs à l'atteinte de ces objectifs seront l'industrie et le secteur du bâtiment résidentiel et tertiaire participant respectivement à 35 % et 30 % des émissions des gaz à effets de serre. Mais l'objectif ne sera pas atteint sans un changement de comportement de la population qu'il conviendra de promouvoir par une forte sensibilisation et des politiques publiques incitatives.

### 2- en matière d'énergies renouvelables

L'Alsace figure déjà en très bonne position avec, en 2009, une production d'énergies renouvelables de 17 % dans la consommation d'énergie finale grâce à la valorisation optimale de son potentiel hydroélectrique et de la biomasse-bois.

Sans compromettre les spécificités environnementales et paysagères, il est possible en Alsace d'envisager une plus grande diversification du bouquet de production d'énergies renouvelables et une augmentation de leur part, en développant de manière mesurée la géothermie, le solaire, le biogaz et l'éolien. Enfin, le maintien d'un couvert forestier important reste indispensable au stockage du carbone.

À cet égard, le schéma régional éolien - partie intégrante du SRCAE - fixe les zones favorables à l'implantation d'unités de production. Le territoire alsacien n'offre pas de manière naturelle un important potentiel de développement dès lors que seul 5 % environ de son territoire présente des sites propices en terme de vent et de conditions environnementales et paysagères.

Au final d'ici 2020, l'objectif proposé est une augmentation de la production d'énergies renouvelables d'environ 20 %. Combinée avec les réductions de la consommation énergétique, cette perspective permet d'envisager de produire à partir des énergies renouvelables, 26,5 % de la consommation d'énergie finale totale.

Engagements de Kyoto et paquet climat énergie de l'UE	Engagements nationaux (post Kyoto)	SRCAE Alsace
20 % d'énergies renouvelables d'ici 2020	23% d'énergies renouvelables d'ici 2020	Objectif de 26,5 % d'énergies renouvelables d'ici 2020

### 3- en matière de prévention et de réduction de la pollution atmosphérique

L'ambition du SRCAE vise à respecter les normes de qualité de l'air, pour les particules et les oxydes d'azote, dans les zones de concentration et d'exposition des populations. Pour les particules, en plus de l'objectif national des particules fines PM2,5, la cible alsacienne est une diminution des émissions des particules en suspension dans l'air (les PM10) et d'oxydes d'azote respectivement de 25 % et 15 % en 2020.

L'objectif nécessitera des contributions comparables du secteur du bâtiment (réhabilitation thermique et performance des appareils de chauffage) et celui des transports, sous l'impulsion des évolutions technologiques des véhicules à moteur. Ces dernières conditionneront majoritairement l'ambition affichée de réduction des émissions d'oxydes d'azote, même si là aussi les gains d'efficacité énergétique de l'industrie et du secteur du bâtiment y contribueront significativement.

Engagements communautaires	Engagements nationaux	SRCAE Alsace
Respect des normes de qualité des directives européennes	Réduction de 30% des particules fines PM2,5 entre 2010 et 2015	Respect des normes de qualité des directives européennes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• PM10: 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle</li> <li>• PM10: moins de 35 jours par an à plus de 50 µg/m<sup>3</sup></li> <li>• PM2,5: réduction de 30% entre 2010 et 2015</li> <li>• NO2 : 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle</li> </ul>



## Pourquoi un schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie ?

Les évolutions climatiques déjà perçues à l'échelle mondiale, les impacts de la qualité de l'air sur la santé humaine ainsi que la raréfaction des ressources énergétiques peu chères nécessitent que notre société se préoccupe dès à présent des conséquences environnementales et socio-économiques encourues.

C'est pour faire face à ces enjeux qu'a été instaurée par la Loi portant engagement national pour l'environnement, dite Loi ENE ou Loi Grenelle II, publiée le 12 juillet 2010, l'obligation de réaliser dans chaque région, un Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) dont l'élaboration est confiée conjointement au Préfet de région et au Président du Conseil régional.

Son contenu et ses modalités d'élaboration sont précisés par le décret n° 2011-678 du 16 juin 2011.

Ce schéma vise en se basant sur un diagnostic régional, à définir aux horizons 2020 et 2050 :

- des orientations permettant d'atténuer les effets du changement climatique et de s'y adapter ;
- des orientations permettant, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets pour atteindre les normes de qualité de l'air ;
- par zones géographiques, des objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre en matière de valorisation du potentiel énergétique terrestre, renouvelable et de récupération et en matière de mise en œuvre de techniques performantes d'efficacité énergétique.

Le SRCAE comprend également une annexe intitulée « schéma régional éolien », qui définit les parties du territoire régional favorables au développement de l'énergie éolienne, et où devront être situées les propositions de zone de développement de l'éolien (ZDE).

Après approbation et au bout d'une période de cinq ans, le schéma pourra être révisé, à l'initiative conjointe du Préfet de région et du Président du Conseil régional, en fonction des résultats obtenus dans l'atteinte des objectifs fixés.

### Dans quel cadre s'inscrit le schéma ?

Aux côtés d'un certain nombre de pays, la France s'est engagée ces dernières années dans les domaines du climat, de l'énergie et de l'air.

#### Le protocole de Kyoto

Dans le cadre du protocole de Kyoto, décliné au niveau de l'Union Européenne, la France a pour objectif de stabiliser en 2012 ses émissions de gaz à effet de serre au niveau de celles de 1990.

L'Union Européenne, signataire elle aussi du protocole, s'est engagée à l'horizon 2020, à réaliser le paquet « climat énergie » appelé aussi 3 fois 20, à savoir :

- réduire de 20 % la consommation énergétique primaire par rapport à un scénario tendanciel de référence ;
- réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à celles de 1990 ;
- porter à 20 % la part de production d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale totale.

Ces engagements ont été déclinés de manière différenciée dans les différents États membres. Pour la France, cette déclinaison est la suivante :

- réduire de 14 % les émissions de gaz à effet de serre non couvertes par le Plan National d'Affectation des Quotas par rapport à leur niveau de 2005.
- porter à 23 % la part de production d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale totale.
- réduire de 20 % la consommation énergétique primaire par rapport à un scénario tendanciel de référence.

### Les engagements de la France en matière d'énergie

Pour traduire ces différents engagements internationaux, la France les a retranscrits dans plusieurs textes ces dernières années, en particulier dans la « loi de programme fixant les orientations de sa politique énergétique » dite loi POPE en 2005 et dans le Grenelle de l'environnement.

On y trouve également d'autres objectifs, d'ici 2020 :

- baisse de 38 % de la consommation énergétique finale des bâtiments existants,
- baisse de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports,
- réduction de l'intensité énergétique finale de 2 % par an à partir de 2015 puis de 2,5 % à partir de 2030.

Afin d'aller plus loin dans les réductions d'émission de gaz à effet de serre prévues par le protocole de Kyoto, la France a inscrit dans le Grenelle de l'environnement l'objectif d'une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 à l'échelle nationale, ce que l'on nomme le « facteur 4 ».

### L'amélioration de la qualité de l'air

Le contexte réglementaire applicable est fortement marqué par les directives européennes en matière de qualité de l'air, de réduction globale des émissions de certains polluants ou de limitation de certaines sources particulières.

La réglementation française au travers du code de l'environnement reprend ces éléments en introduisant des dispositions relatives à la surveillance de la qualité de l'air et aux valeurs limites, à l'information du public, aux mesures d'urgence en cas de pics de pollution, à la mise en place de plans de protection de l'atmosphère et de plans de déplacements urbains...

La France s'est en plus fixée un objectif de réduction des émissions de particules PM<sub>2,5</sub> de 30 % d'ici 2015.

### L'adaptation aux changements climatiques

En cohérence avec le livre blanc pour l'adaptation au changement climatique publié par l'Union Européenne, la France a élaboré un plan national d'adaptation en juillet 2011 listant plus de 200 recommandations.

Ce plan est adopté pour une période de 5 ans.

### Quel contexte régional face à ces problématiques ?

Dans une Alsace dense mais soucieuse de son environnement, les enjeux aussi divers que la préservation de la biodiversité, la pollution de l'air, ou, à une autre échelle, la modification du climat, doivent être pris en compte, dans la perspective de bâtir un mode de vie écologiquement viable.

### La population et l'organisation du territoire

La population alsacienne se concentre principalement dans les agglomérations urbaines de Strasbourg, Mulhouse et Colmar, qui ont connu un accroissement important depuis la dernière guerre. Cette densité de population et l'étalement urbain qui en découle, induisent un besoin en mobilité toujours plus intense aux différentes échelles de la région. Cette tendance est renforcée par une offre importante de modes de déplacement et par une modification des bassins d'emplois.

### Une mutation de l'économie

L'Alsace est la troisième région industrielle de France, en terme d'effectif rapporté à la population. Si la région a longtemps été considérée comme prospère et sans difficulté majeure, la conjoncture économique défavorable a largement impacté l'Alsace depuis une dizaine d'années.

L'Alsace est par ailleurs, une importante région logistique sur un carrefour international de premier ordre où convergent des corridors routiers, ferroviaires, fluviaux et aériens.

Le secteur agricole n'est pas à négliger, même s'il emploie moins de 3 % des actifs. Les surfaces agricoles représentent en effet près de 40 % de l'espace régional.

Comme d'autres régions métropolitaines, la région a vu une tertiarisation de son activité qui renforce l'attractivité des grands pôles urbains, au dépend des autres zones du territoire.

### Des enjeux sanitaires

La géographie régionale est marquée par un climat défavorable à la dispersion de polluants comme les particules et les oxydes d'azote. Elle est aussi propice à la survenue estivale de pics d'ozone exposant une partie importante de la population alsacienne, en fonction des années, à des dépassements des normes applicables en matière de pollution atmosphérique.



### Des zones de précarité énergétique

La région voit se conjuguer un climat continental induisant des hivers rigoureux et un étalement urbain fort avec toutefois des zones peu desservies par les transports en commun. La conjonction de ces deux facteurs dans certaines zones du territoire exposent fortement un certain nombre de ménages à une précarité énergétique du fait de la hausse inéluctable du prix de l'énergie.

### Des thématiques au centre des préoccupations régionales

La dimension énergétique a été prise en compte depuis plusieurs années dans les politiques régionales.

Ainsi, depuis 2000, le Contrat de Projet État-Région (CPER) traite des sujets entre autre énergétiques. La Région s'est attachée avec l'ADEME et l'État à coordonner les politiques territoriales et à améliorer l'échange d'informations et d'expériences en matière de maîtrise de l'énergie et de production d'énergies renouvelables au travers du groupe de travail Énergie Alsace renommé par la suite Conférence Régionale de l'Énergie en Alsace (CREA). Le contrat de projet État-Région suivant 2007-2013 a vu cette thématique renforcée par l'introduction d'une clause énergétique spécifique, précurseur de la mise en place de la réglementation thermique pour les bâtiments et par un chapitre consacré à cette thématique.

En parallèle, la Région Alsace a introduit dès 2009, la thématique des gaz à effet de serre dans le Plan Régional pour la Qualité de l'Air.

Depuis 2010, la labellisation du Pôle de Compétitivité Alsace Energivie dont l'objectif est de favoriser l'innovation pour développer le bâtiment à énergie positive, s'inscrit également dans la dynamique du Schéma.

### Articulation entre le SRCAE et les autres planifications

Stratégies nationales	Stratégies régionales	Stratégies infra-régionales
Plan national d'adaptation au changement climatique	Plan d'action stratégique de l'État en région (PASER)	Plans Climat Énergie territoriaux (PCET)
Plan climat national	Plan régional santé environnement (PRSE2)	Schéma de cohérence territoriale (SCOT)
Plan particules	Schéma régional de cohérence écologique (SRCE)	Plans de déplacements urbains (PDU)
Plan bâtiment Grenelle	Plan régional pour une agriculture durable (PRAD)	Programmes locaux de l'habitat (PLH)
Programmes pluriannuels d'investissements de production de chaleur et d'électricité (PPI)	Schéma régional de raccordement au réseau électrique des énergies renouvelables	Plans de protection de l'atmosphère (PPA)
		Agendas 21

### Quelles réponses apportées par le schéma ?

Comment l'Alsace peut-elle participer à l'atteinte des objectifs nationaux et européens évoqués précédemment? C'est la question à laquelle le schéma régional doit répondre en analysant les spécificités du territoire alsacien face aux problématiques citées.

Bien que les enjeux du schéma soient nombreux et divers, la lutte contre la précarité énergétique, la réduction des émissions directes de gaz à effet de serre et la lutte contre la pollution atmosphérique, sont bien des préoccupations convergentes à l'échelle du territoire alsacien.

### L'articulation avec d'autres planifications existantes

Le SRCAE s'inscrit dans une dynamique qui a vu la mise en place de plusieurs autres outils de planification concourant totalement ou partiellement à la lutte contre le réchauffement climatique ou à la réduction de la pollution atmosphérique. Ces outils structurés aux échelles nationale, régionale et infrarégionale, sont rappelés ci-dessous.

Le SRCAE doit être élaboré en tenant compte de tous les outils préexistants et sera au service des démarches en cours.

### La coordination avec les démarches territoriales

Le schéma est un document stratégique. Son rôle est de proposer des orientations ou des recommandations applicables à l'échelle du territoire alsacien.

Il n'a donc pas vocation à fixer des mesures ou des actions qui relèvent des collectivités ou de l'État via notamment les Plans Climat Énergie Territoriaux (PCET), les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) et les Plans de Déplacements Urbains (PDU) ou leurs politiques sectorielles.

Par ailleurs, les orientations du SRCAE seront prises en compte dans d'autres démarches majeures pour les territoires, comme les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT), les Programmes locaux de l'Habitat (PLH) et les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).

Le schéma ci-dessous reprend les points clés de l'articulation du SRCAE avec ces documents :

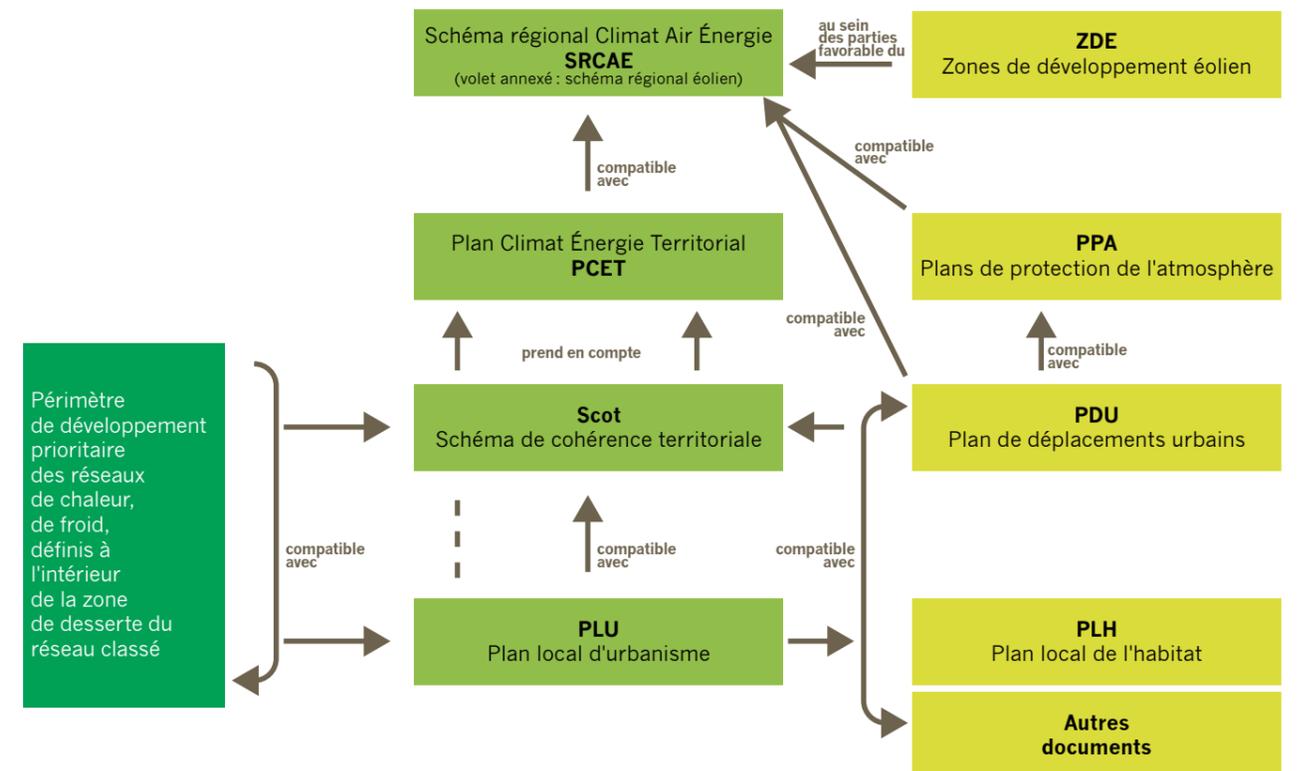


Illustration 1: Articulation du SRCAE avec les documents de planification infra-régionale. Source: CERTU septembre 2010



## Quelle démarche suivie en Alsace ?

La mise en place de la gouvernance du schéma s'est appuyée sur l'existence de la Conférence Régionale Énergie Atmosphère Alsace (CREA). La démarche s'est voulue ouverte à des acteurs de tous horizons : services de l'État, collectivités, associations, représentants du monde économique et des salariés.

Lancée officiellement le 12 juillet 2010, l'élaboration du schéma co-pilotée par le Préfet de Région et le Président du Conseil Régional, a concerné près de 300 acteurs. Trois comités de pilotage et environ 40 réunions techniques ont été organisés au travers de quatre ateliers dont les thèmes portent sur :

- le potentiel en énergies renouvelables dont un sous-groupe spécifique à l'éolien,
- la maîtrise de l'énergie,
- la qualité de l'air,
- l'adaptation au changement climatique.

Pour faciliter la circulation de l'information, un espace « extranet » dédié a été mis en place. Il a permis aux différents acteurs d'être informés régulièrement de l'état d'avancement de la démarche et de pouvoir avoir accès aux documents intermédiaires produits.

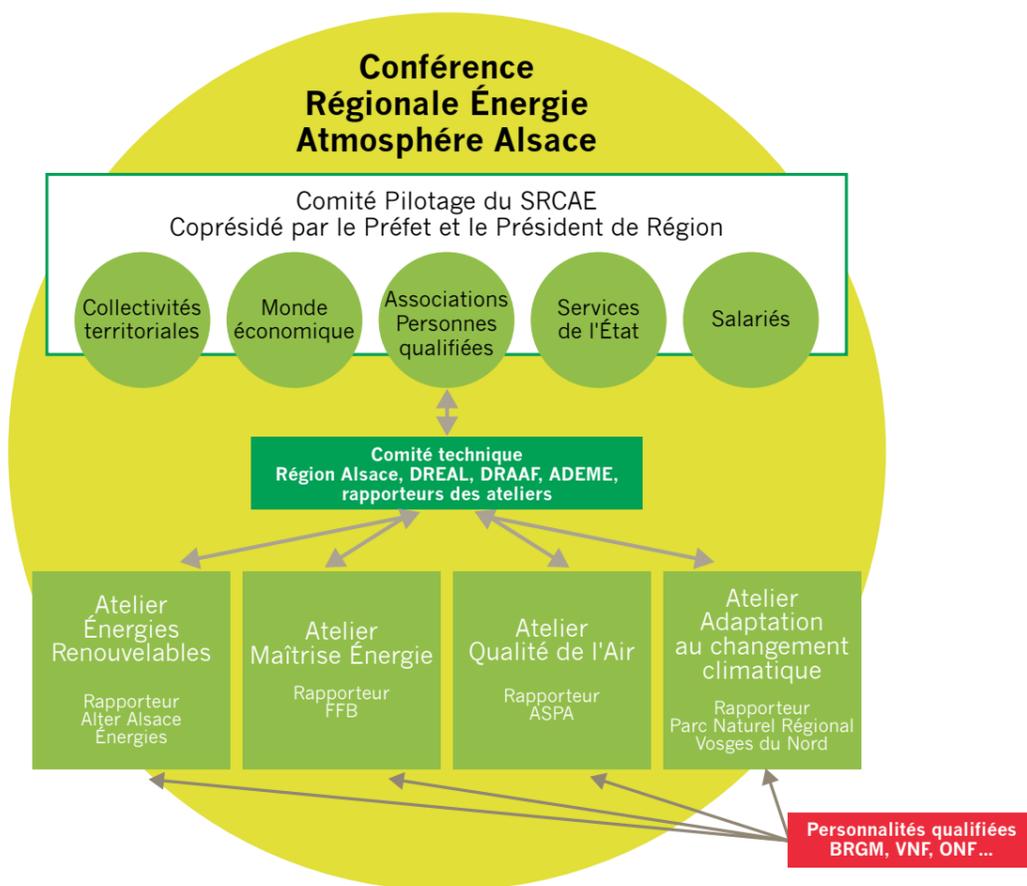


Illustration II : Gouvernance du Schéma régional Climat Air Énergie

## Les résultats obtenus

Les travaux réalisés dans les ateliers ont contribué à établir l'état des lieux dans les thématiques concernées, principalement à partir des données et des études disponibles. Des contributions complémentaires ont été cependant nécessaires pour parfaire le diagnostic. Toutes ces contributions ont été regroupées dans des « cahiers techniques » disponibles sur les sites [www.energivie.info](http://www.energivie.info) et [www.alsace.developpement-durable.gouv.fr](http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr).

Un important travail de validation des données acquises a été également nécessaire. En effet, il a été noté à plusieurs reprises l'existence de plusieurs bases de données sur des sujets communs, fondées sur des statistiques ou des facteurs d'émission différents.

Le diagnostic a été réalisé à partir de différentes sources de données suivant les thématiques (base 2007 pour la qualité de l'air, 2009 pour l'énergie...). L'ensemble des travaux ont été arrêtés fin septembre 2011 avec les données disponibles à cette période. Il faut noter que du fait de la crise économique, les années 2008 et 2009 sont moins représentatives de la situation régionale.

Enfin, les ateliers ont participé à la définition des orientations du schéma, à partir desquelles la construction des hypothèses d'évolution des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre aux horizons 2020 et 2050 a été réalisée en se basant sur une étude datant de 2008. Une mise à jour a été réalisée en 2012 et contribue à enrichir les orientations proposées. Elle permet de conforter les choix portés pour l'atteinte du Facteur 4 à l'horizon 2050 par rapport à 2003. Elle insiste sur la nécessité de renforcer certaines actions comme :

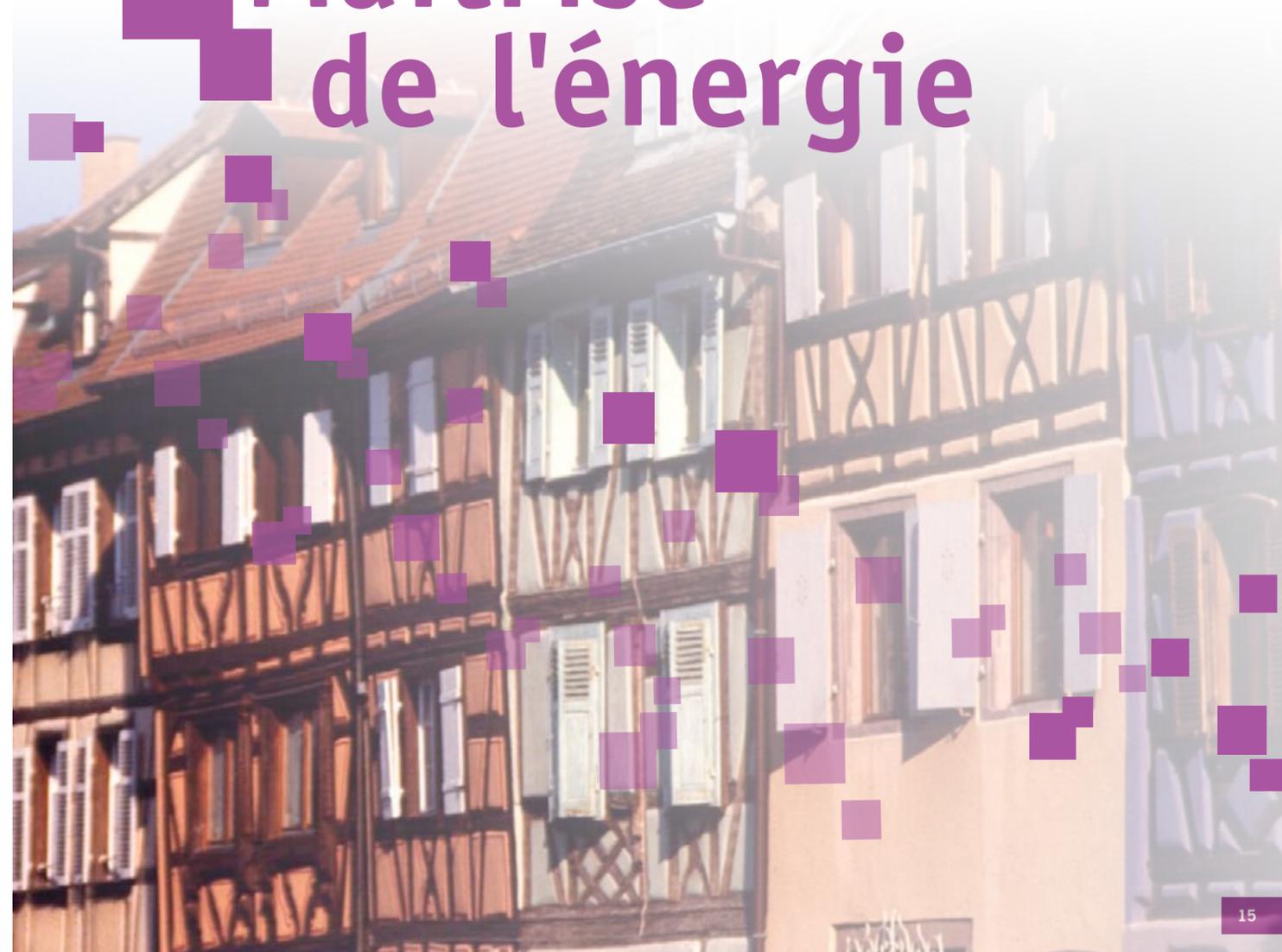
- le travail sur les réseaux énergétiques,
- la mobilisation des énergies renouvelables,
- l'accompagnement du citoyen dans son changement de comportement. L'évolution du prix de l'énergie et les sauts technologiques impacteront notablement mais de façon difficilement prévisible le niveau d'atteinte de ces objectifs.

Le schéma définit ainsi une feuille de route pour l'Alsace en évaluant les efforts à réaliser pour participer à l'atteinte des objectifs et impulser les orientations nécessaires pour y arriver.

Le schéma alsacien a été voulu comme un véritable outil de travail au service de tous les acteurs concernés. En tant que cadre stratégique de l'action future en matière d'énergie, d'air et de climat, il doit être connu et reconnu comme la référence en la matière et devra être suivi et actualisé régulièrement.



# Maîtrise de l'énergie





# Inventaire des émissions directes de gaz à effet de serre (GES)

## Méthodologie

Un inventaire des émissions est la description qualitative et quantitative des rejets de certaines substances dans l'atmosphère, issus de sources naturelles et/ou anthropiques.

Une émission est déterminée comme une quantité de polluant rejeté à l'atmosphère pendant un temps et pour une quantité d'activité donnée. Ces émissions sont calculées pour chaque source d'activité polluante inventoriée sur le territoire régional, qu'elle soit fixe (émetteurs localisés tels les industries, le secteur résidentiel, etc.) ou mobile (émetteurs non localisés tels les transports routiers, ferroviaires, etc.).

Le bilan présenté par la suite se base sur l'inventaire des émissions alsaciennes de l'année 2009. L'ensemble des données collectées pour la réalisation de cet inventaire a été réalisé à l'échelle communale. Les résultats présentés dans ce chapitre sont une agglomération de ces données pour l'ensemble de la région. Le rapport de l'ASPA présenté en cahier technique donne un bilan complet de ces données.

Les données présentées dans cet inventaire sont uniquement les émissions directes du territoire. Les émissions générées par la fabrication et le transport des produits consommés sur le territoire alsacien ne sont pas comptabilisées (émissions indirectes). Différentes études chiffrent l'écart entre les émissions directes et les émissions liées à la demande intérieure à environ 40 % en plus.

L'inventaire est basé sur le format « SECTEN » (SECTeur économiques et Énergie) qui a été développé par le CITEPA afin de disposer de séries mettant en évidence les contributions des acteurs économiques et des énergies fossiles ou de la biomasse. Il comporte une ventilation suivant six secteurs qui sont par la suite déclinés en sous-secteurs :

- Transformation d'énergie
- Résidentiel/Tertiaire
- Industrie manufacturière (dont secteur du traitement des déchets)
- Transport routier
- Autres transports (dont transports aériens<sup>(1)</sup>)
- Agriculture/Sylviculture

Il porte, pour sa partie relative aux émissions de gaz à effet de serre, sur six gaz à effet de serre reconnus comme contribuant au changement climatique par la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques :

- le dioxyde de carbone: CO<sub>2</sub>
- le méthane: CH<sub>4</sub>
- le protoxyde d'azote: N<sub>2</sub>O
- l'hexafluorure de soufre: SF<sub>6</sub>
- les hydrofluorocarbures: HFC
- les perfluorocarbures: PFC

**Pouvoir de Réchauffement Global:** Par la suite, les émissions globales de gaz à effet de serre sont exprimées à l'aide du Pouvoir de Réchauffement Global (PRG). Cet indicateur de réchauffement climatique sur 100 ans vise à regrouper sous une seule valeur, l'effet additionné des substances étudiées qui contribuent à l'accroissement de l'effet de serre. Le PRG permet de comparer le pouvoir de réchauffement climatique d'une émission de gaz à effet de serre « équivalent-CO<sub>2</sub> » (eq-CO<sub>2</sub>). Par exemple, le PRG du N<sub>2</sub>O est de 310: cela signifie qu'une tonne de N<sub>2</sub>O émise à l'atmosphère a le même pouvoir de réchauffement climatique que 310 tonnes de CO<sub>2</sub>. On comptabilisera donc pour une tonne de N<sub>2</sub>O émise, 310 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>.

Cette définition du PRG est basée sur celle définie par le GIEC<sup>(2)</sup>, utilisant les coefficients établis lors de la Conférence des Parties de 1995, et appliqués dans le cadre du protocole de Kyoto.

## 1. Émissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et PRG associé

En 2009, le Pouvoir de Réchauffement Global associé aux émissions totales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O en Alsace, s'élevait à 14 308 kilotonnes-équivalent-CO<sub>2</sub> (kteq-CO<sub>2</sub>), représentant 7,7 teq-CO<sub>2</sub>/habitant.

En France métropolitaine, les émissions de ces trois gaz à effet de serre donnent un PRG total de 480 285 kteq-CO<sub>2</sub>, pour 7,7 teq-CO<sub>2</sub> émises par habitant.

Le Tableau 1 illustre les émissions des trois principaux gaz à effet de serre en Alsace. On peut en déduire que les émissions directes alsaciennes de CO<sub>2</sub> contribuent à hauteur de 75 % au PRG de la région en 2009, avec environ 10 700 kteq-CO<sub>2</sub> émises. Vient ensuite le N<sub>2</sub>O pour 20 % du PRG, devant le CH<sub>4</sub> (5 %).

Gaz à effet de serre	PRG	Émission du composé en kilotonnes	Émission du composé en kteq-CO <sub>2</sub>	Pourcentage
CO <sub>2</sub>	1	10 737	10 737	75 %
CH <sub>4</sub>	21	33	692	5 %
N <sub>2</sub> O	310	9	2 879	20 %
Total			14 308 kteq-CO <sub>2</sub>	100 %

Tableau 1 : Émissions des 3 principaux gaz à effet de serre et PRG associés en Alsace en 2009. Source ASPA

À noter que si le CO<sub>2</sub> est également le premier gaz à effet de serre au niveau national avec près de 76 % du PRG global, la part que représente le N<sub>2</sub>O dans le PRG national est moindre puisqu'elle s'établit à 13 %. Le méthane contribue quant à lui à 11 % des émissions globales françaises.

### 1.1. Pouvoir de réchauffement global et répartition sectorielle

Le tableau suivant présente pour l'année 2009, la répartition du pouvoir de réchauffement global (en kilo tonnes équivalent CO<sub>2</sub>), par secteurs d'activité :

Secteur	PRG en kteq-CO <sub>2</sub>	Pourcentage
Agriculture/sylviculture	1 236	8,6 %
Industrie	5 304	37,1 %
Dont quotas CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	2 565	17,9 %
Transformation énergie	897	6,3 %
Résidentiel/Tertiaire	3 216	22,5 %
Transport routier	3 482	24,2 %
Autres transports	173	1,2 %
<b>Total</b>	<b>14 308 kteq-CO<sub>2</sub></b>	<b>100 %</b>

Tableau 2 : Émissions de gaz à effet de serre par secteurs d'activité sur la région Alsace en 2009. Source ASPA

La particularité d'une présence forte du N<sub>2</sub>O en Alsace, se retrouve également dans le profil sectoriel des émissions de gaz à effet de serre. Alors qu'au niveau national l'industrie se place en seconde position des sources d'émissions, elle représente en Alsace (Tableau 2) le premier émetteur de gaz à effet de serre (37 %) devant les transports routiers (24 %) et le secteur résidentiel (22,5 %). Ces trois secteurs contribuent à près de 84 % des émissions de gaz à effet de serre en Alsace (illustration I). Cette situation alsacienne est due à la présence dans le Haut-Rhin de sites industriels fortement émetteurs de N<sub>2</sub>O, spécialisés dans la production de nylon et d'engrais. Cette importance de l'industrie se retrouvera à travers la répartition sectorielle des émissions de N<sub>2</sub>O.

<sup>(1)</sup> Les émissions liées au secteur aérien correspondent à celles émises lors du cycle décollage-atterrissage en dessous du seuil de 1 000 m conformément à la méthodologie européenne. Les émissions au-delà de ce plafond ainsi que celles liées au trafic aérien survolant la région ne sont pas prises en compte localement.

<sup>(2)</sup> Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

<sup>(2)</sup> Les quotas CO<sub>2</sub> sont évoqués dans la partie maîtrise de l'énergie

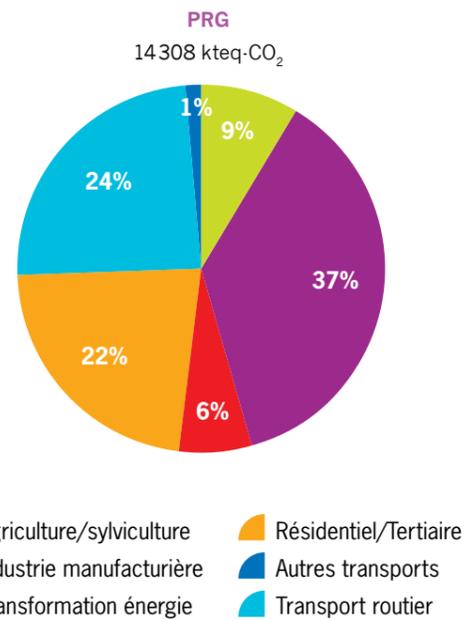


illustration I: Répartition sectorielle des émissions de gaz à effet de serre en Alsace en 2009. Source ASPA

## 1.2. Émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Les émissions de CO<sub>2</sub> se retrouvent dans les mêmes secteurs que les émissions totales de gaz à effet de serre, reflétant la contribution prédominante du CO<sub>2</sub> dans le PRG (industrie, transport routier et résidentiel pour 84 % des émissions). Toutefois la part de l'industrie (29 %), moins importante que dans le PRG, est équivalente à celle des transports routiers (32 %). Le résidentiel/tertiaire est le troisième secteur émetteur de CO<sub>2</sub> avec 29 % des émissions. Viennent ensuite la transformation d'énergie devant l'agriculture et les autres transports.

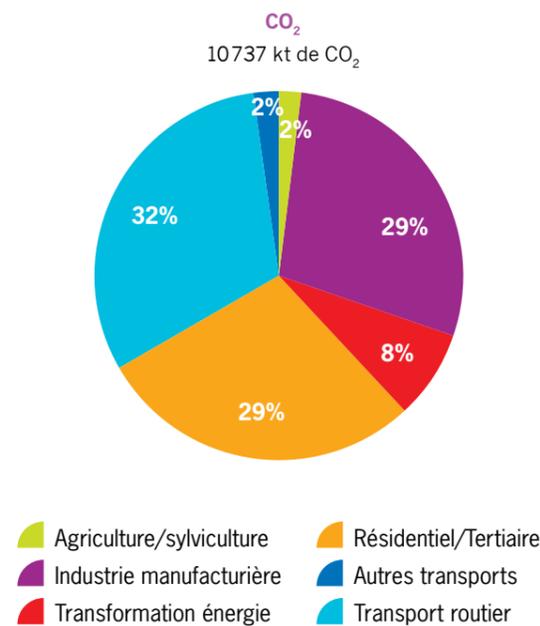


Illustration II: Répartition sectorielle des émissions de CO<sub>2</sub> sur la région Alsace en 2009. Source ASPA

## 1.3. Émissions de méthane (CH<sub>4</sub>)

Les émissions de méthane ont des sources sensiblement différentes. L'agriculture (élevage) et l'industrie sont à l'origine de 76 % des émissions. Contribuent plus faiblement la transformation d'énergie et le résidentiel/tertiaire.

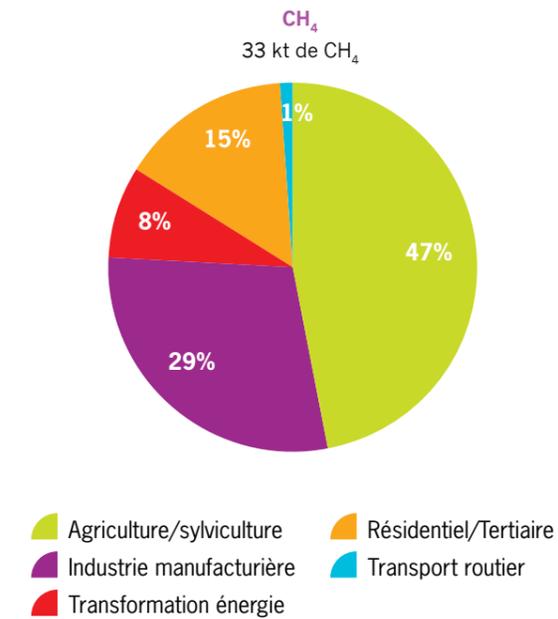


Illustration III: Répartition sectorielle des émissions de CH<sub>4</sub> sur la région Alsace en 2009. Source ASPA

## 1.4. Émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

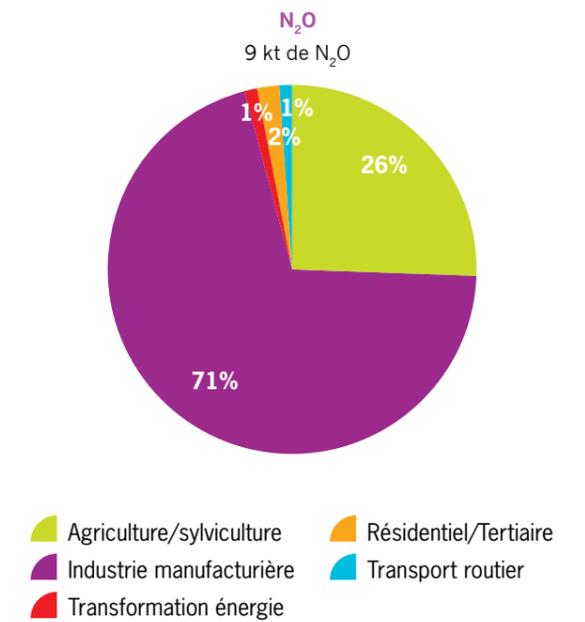


Illustration IV: Répartition sectorielle des émissions de N<sub>2</sub>O sur la région Alsace en 2009. Source ASPA

Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) est principalement émis par deux secteurs en Alsace: le secteur industriel (71 %) et l'agriculture (26 %). Les autres secteurs représentent une part anecdotique (moins de 5 %). Les émissions de protoxyde d'azote par l'industrie sont principalement associées à la production de nylon et d'engrais dans le Haut-Rhin.

**Particularité régionale du protoxyde d'azote:** Les émissions de N<sub>2</sub>O en Alsace s'élevaient à près de 60000 tonnes en 1990. Plus de 95 % de ces émissions étaient dues au secteur industriel de la chimie du Haut-Rhin. Ces émissions représentaient, en 1990, près de 19000 kteq-CO<sub>2</sub> soit plus de 60 % du PRG total de la région Alsace du moment.

En 2009, suite à d'importants efforts de réduction des émissions menés par les industriels concernés, les émissions de N<sub>2</sub>O, ne s'établissaient plus qu'à 2000 kteq-CO<sub>2</sub> soit moins de 14 % du PRG total de la région cette même année.

Des projets de réduction des émissions sont actuellement poursuivis pouvant conduire à court terme, à un gain supplémentaire d'environ 1000 kteq CO<sub>2</sub>.



## 2. Composés fluorés

Les émissions de composés fluorés SF<sub>6</sub>, HFC, PFC ont fait l'objet d'inventaires spécifiques pour les années de référence 2003, 2007, 2008 et 2009 à l'échelle de la région. Intégrés dans le calcul du Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) de la région, ils y participent à hauteur de 2 % pour 2003, 3 % en 2007-2008 et presque 4 % en 2009.

Parmi ces trois composés fluorés, les HFC représentent la majorité des émissions devant le SF<sub>6</sub>. Aucune source de PFC n'a été inventoriée. Les émissions de SF<sub>6</sub> en Alsace proviennent exclusivement du secteur de la transformation d'énergie, les sources d'émissions de HFC sont plus hétérogènes: les équipements de réfrigération (réfrigérations commerciale et industrielle, climatisation automobile) et les bombes aérosols principalement.

## 3. Évolution des émissions de gaz à effet de serre depuis 1990 en Alsace

Les émissions de gaz à effet de serre sont inventoriées, avec la même cohérence méthodologique, pour l'année de référence 1990, retenue dans le protocole de Kyoto, et annuellement depuis 2000. L'évolution des émissions en tendance peut donc être exploitée afin de déterminer la situation de l'Alsace au regard des engagements nationaux et internationaux.

En Alsace, les émissions de gaz à effet de serre ont enregistré une forte baisse depuis 1990 (illustration V). La décennie 1990-2000 a en effet, vu une diminution de plus de 40 % de ces rejets.

Depuis 2000, les émissions sont globalement à la baisse avec des fluctuations annuelles liées à l'activité économique ou aux phénomènes climatiques. En 2007, une division par 2 des niveaux d'émission de 1990 est presque atteinte.

Ce constat flatteur pour la région est toutefois à nuancer par le fait que cette diminution des émissions est entièrement due au secteur industriel au travers de la réduction des émissions de N<sub>2</sub>O. Une analyse plus fine montre que cette importante baisse des émissions de N<sub>2</sub>O est accompagnée d'une stagnation des émissions de CO<sub>2</sub> sur la même période et d'une très légère baisse des émissions de CH<sub>4</sub>.

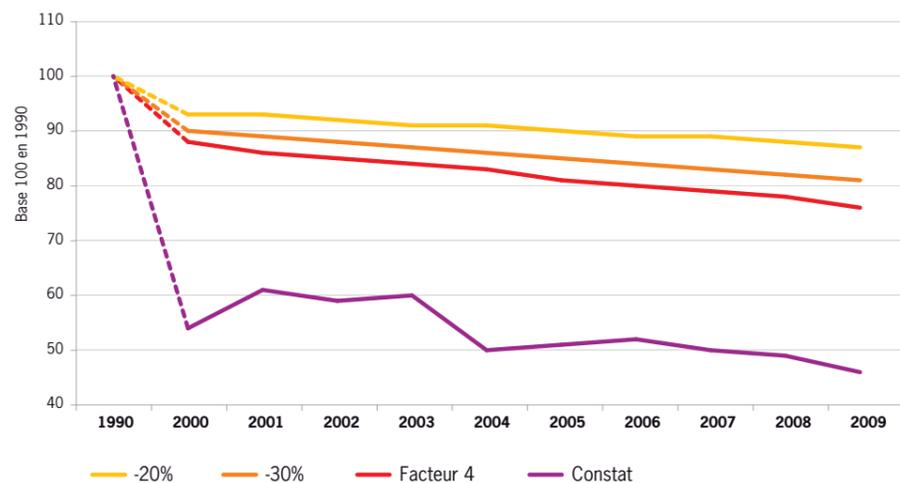


Illustration V: Évolution constatée des émissions de gaz à effet de serre sur la région Alsace, comparée aux objectifs national et européen. Source ASPA

en Mteq CO <sub>2</sub>	1990	2003	2007	2009
<b>Agriculture/sylviculture</b>	1,3	1,2	1,2	1,2
<b>Transformation d'énergie</b>	0,9	1,1	1,1	0,9
<b>Industrie manufacturière</b>	22,9	8,8	6,4	5,3
<b>Autres modes de transports</b>	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Résidentiel/tertiaire</b>	2,9	3,8	3,1	3,2
<b>Transport routier</b>	3,1	3,7	3,6	3,5
<b>Émissions GES totales</b>	<b>31,3</b>	<b>18,8</b>	<b>15,6</b>	<b>14,3</b>

Tableau 4: évolution des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2009

Le graphique suivant, illustre mieux les évolutions comparées de chaque secteur d'activités en terme de PRG sur la période 1990-2009.

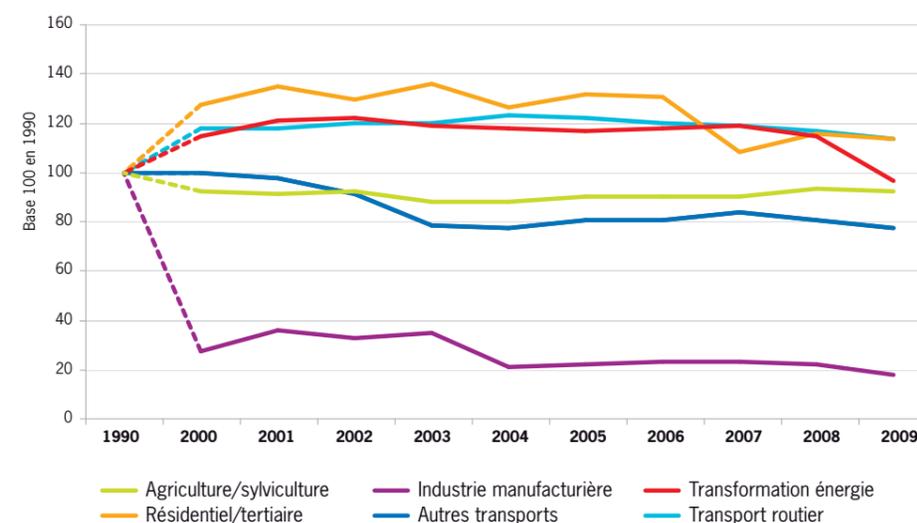


Illustration VI: Évolution des émissions de gaz à effet de serre par secteurs d'activité entre 1990 et 2009. Source ASPA

Si le secteur industriel enregistre une nette diminution de ses émissions, a contrario d'autres secteurs voient leurs émissions en augmentation par rapport à 1990: en particulier les transports routiers et le résidentiel/tertiaire. Les émissions dues à l'agriculture sont relativement stables alors que celles associées aux transports non routiers et à la production/distribution d'énergie sont en légère baisse par rapport à 1990.



#### 4. Particularité: le secteur Utilisation des Terres, Changements d'affectation et Foresterie: UTCF

Ce vocable d'UTCFC couvre la récolte et l'accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichement) et des prairies ainsi que des sols dont la composition en carbone est sensible à la nature des activités auxquelles ils sont dédiés (forêt, prairie, terre cultivée, etc.).

Il est apparu intéressant de dresser le bilan de ce secteur d'activité pour l'Alsace. En effet, le couvert végétal important dans la région et sa préservation participe au cycle du carbone et peut être un élément limitant les émissions de gaz à effet de serre.

Ce bilan est établi en tenant compte de l'absorption de carbone dû à l'accroissement de la forêt et des sources d'émission dues au défrichement. Il montre que plus de carbone est stocké qu'il n'en est émis. Les travaux menés par l'ASPA conduisent à un solde positif d'environ 3000 kteq-CO<sub>2</sub> stockées naturellement annuellement, ce qui représente environ 20 % des émissions anthropiques régionales.

Cependant, l'UTCFC fait l'objet de règles comptables internationales particulières comme dans le cadre du protocole de Kyoto. De ce fait, les quantités de CO<sub>2</sub> déductibles des émissions sont plafonnées pour éviter les effets d'aubaine. En effet, le stockage de CO<sub>2</sub> permet de différer les émissions dans le temps mais seule une gestion durable des forêts permet réellement de pérenniser ce stockage. Ainsi, selon la comptabilité internationale, seules 810 kteq-CO<sub>2</sub> sont au final déductibles (soit environ 0,6 % des émissions anthropiques de la région).

Nonobstant cette manière de calculer, la poursuite du stockage naturel du CO<sub>2</sub> et sa pérennisation dans le temps fait partie de la stratégie de l'Alsace dans la diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Les émissions de gaz à effet de serre de l'Alsace témoignent de la présence d'industries fortement émettrices comme celles de la chimie ou de l'agro-alimentaire.

Les évolutions régionales sont marquées par une forte baisse des émissions de l'industrie entre 1990 et 2000, avec depuis lors une tendance à la stagnation et même des secteurs en hausse régulière comme les transports.

Ramenées à la population, les émissions alsaciennes sont aujourd'hui proche de la moyenne nationale.



# Bilan énergétique régional

## Énergie primaire et énergie finale

L'**énergie primaire** est une forme d'énergie disponible directement dans la nature: bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique... L'énergie primaire n'est cependant pas toujours directement utilisable et fait donc parfois l'objet de transformation pour être mise en œuvre.

Cette série de transformations constitue une chaîne énergétique, par exemple la chaîne pétrolière qui comprend: extraction, transport, raffinage, distribution, utilisation. Chaque phase est caractérisée par un rendement, toujours inférieur à 1 par suite des pertes.

Elle peut aussi être utilisée pour des usages non énergétiques tels que le bitume.

L'**énergie finale** est l'énergie qui est disponible pour l'utilisateur final. La consommation finale énergétique est donc celle qui rend le mieux compte de l'activité d'un territoire. Il est à noter qu'elle ne prend pas en compte la manière dont elle est utilisée ni le rendement des équipements l'utilisant.

Pour passer de l'énergie primaire à l'énergie finale, il faut tenir compte des usages non énergétiques, du **rendement de conversion** lors de la transformation, de la consommation d'énergie au cours de cette transformation ainsi que des pertes de distribution: fuites, évaporation, dissipations, etc. Dans tous les cas, la conversion entraîne une diminution plus ou moins importante de l'énergie disponible.

La transformation d'énergie primaire en électricité, sans tenir compte des pertes de distribution, se fait avec des coefficients de conversion définis par convention internationale qui sont différents entre le nucléaire, les centrales thermiques ou l'électricité hydraulique ou éolienne. Il en est, de même, pour la transformation d'énergie primaire en carburants ou combustibles finaux.

**L'énergie finale représente globalement deux tiers de l'énergie primaire.**

Les objectifs nationaux et internationaux sont, suivant le cas, exprimés en énergie finale ou énergie primaire. Il importe d'avoir en mémoire les deux notions.

## 1. Consommation énergétique alsacienne

### 1.1. Consommation finale par filières énergétiques

L'ensemble des données énergétiques dans ce chapitre seront exprimées en ktep pour une lecture simplifiée. L'annexe 2 explicite les coefficients utilisés.

Le graphique suivant montre l'évolution depuis 1990, de la consommation finale régionale répartie par filières énergétiques.

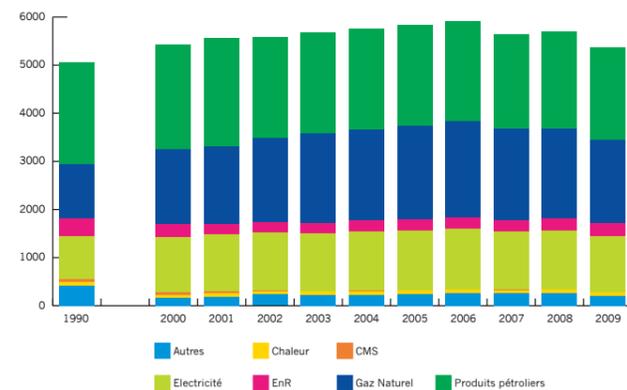


Illustration 1: évolution de la consommation énergétique finale alsacienne entre 1990 et 2009 en fonction des sources d'énergie. Source: CREA ALSACE/ ASPA 11110802-TD

Cette évolution suit une courbe ascendante pour atteindre un maximum en 2006 et se stabiliser par la suite. Depuis une quinzaine d'années, la consommation finale énergétique a ainsi augmenté en Alsace d'environ 17%. Elle est comprise actuellement autour de 5400 ktep par an. Une tendance à la baisse semble amorcée, mais ne modifie pas de façon profonde la répartition des sources d'énergie consommées.

Le tableau suivant reprend ces données sous forme chiffrée. La structuration de l'énergie consommée en Alsace se répartit toujours en trois grandes parts: les produits pétroliers, le gaz et l'électricité. La consommation d'électricité englobe la production nucléaire et hydraulique. Depuis 1990, la part de la consommation de produits pétroliers a diminué au profit du gaz.

En ktep	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Produits pétroliers</b>	2177	2247	2100	2093	2102	2108	2087	1950	2002	1914
<b>Électricité</b>	1163	1189	1200	1197	1230	1234	1254	1222	1230	1171
<b>Gaz</b>	1564	1604	1746	1861	1868	1930	1992	1901	1871	1732
<b>Énergies renouvelables</b>	254	228	221	230	243	248	240	232	254	272
<b>Chaleur issue du chauffage urbain</b>	0	0	0	0	0	0	67	61	66	67
<b>Combustibles minéraux solides<sup>(1)</sup></b>	0	0	11	0	0	0	6	6	3	5
<b>Autres<sup>(2)</sup></b>	156	186	233	221	226	240	266	260	260	202
<b>Total</b>	<b>5426</b>	<b>5557</b>	<b>5582</b>	<b>5679</b>	<b>5746</b>	<b>5839</b>	<b>5913</b>	<b>5633</b>	<b>5687</b>	<b>5394</b>

Tableau 1: consommation d'énergie finale alsacienne entre 1990 et 2009. Source: CREA ALSACE/ ASPA 11110802-TD

<sup>(1)</sup> Les CMS ou combustibles minéraux solides regroupent les consommations en charbon et en coke.

<sup>(2)</sup> Déchets industriels, hydrogène...

### 1.2. Consommation finale par secteurs d'activité

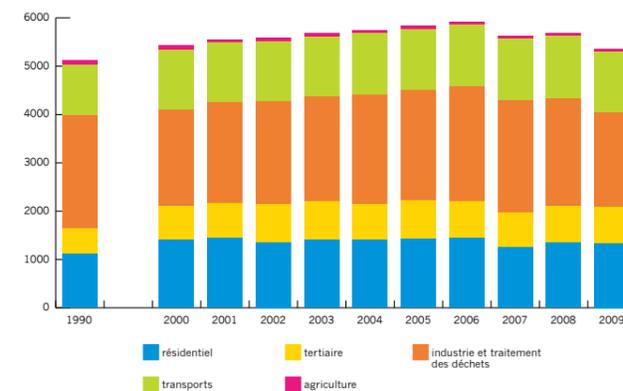


Illustration II: évolution de la consommation d'énergie finale en Alsace suivant les secteurs entre 1990 et 2009. Source: CREA ALSACE/ ASPA 11110802-TD

L'illustration II présente l'évolution de la consommation énergétique en la ventilant par secteurs d'activité. L'année 2005 est marquée par une forte consommation du secteur industriel qui explique le maximum atteint. Depuis, la baisse de l'activité économique est visible sur la consommation énergétique du secteur industriel. A contrario, la consommation des autres secteurs ne s'est que stabilisée.

On peut donc dire que la baisse de la consommation énergétique de la région n'est que le fait de la réduction de la consommation industrielle.



### 1.3. Consommations par secteurs d'activité et par filière énergétique

Le tableau suivant présente pour l'année 2007 la consommation énergétique finale alsacienne ventilée par filières et par secteurs d'activité.

ÉNERGIE FINALE en ktep	Combustibles minéraux solides	Produits pétroliers	Gaz naturel	Électricité	Énergies renouvelables	Chaleur issue du chauffage urbain	Autres	Total
<b>Industrie</b>	4	171	1278	571	45	0	260	<b>2 329</b>
<b>Résidentiel</b>	1	331	369	327	183	35	0	<b>1 247</b>
<b>Tertiaire</b>	1	140	250	303	4	26	0	<b>724</b>
<b>Agriculture</b>	0	45	4	7	0	0	0	<b>56</b>
<b>Transports</b>	0	1263	0	14	0	0	0	<b>1 277</b>
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>1 950</b>	<b>1 901</b>	<b>1 222</b>	<b>232</b>	<b>61</b>	<b>260</b>	<b>5 633</b>

Tableau 2: Répartition de la consommation finale alsacienne en 2007 en ktep.  
Source: CREA ALSACE/ASP A 11110802-TD

La consommation des produits pétroliers relève pour les 2/3 des transports. La consommation résiduelle en charbon, coke et déchets industriels ressort majoritairement de l'industrie alors que le résidentiel consomme la plupart des énergies renouvelables. La consommation électrique se répartit sur deux domaines majoritaires: l'industrie d'une part et le tertiaire/résidentiel à fraction égale d'autre part.

ÉNERGIE PRIMAIRE en ktep	Combustibles minéraux solides	Produits pétroliers	Gaz naturel	Électricité	Énergies renouvelables	Chaleur issue du chauffage urbain	Autres	Total
<b>Industrie</b>	4	171	1 301	1 473	45	0	260	<b>3 254</b>
<b>Énergie</b>	0	207	58	25	123	0	0	<b>412</b>
<b>Résidentiel</b>	1	331	369	845	183	35	0	<b>1 764</b>
<b>Tertiaire</b>	1	140	250	783	4	26	0	<b>1 204</b>
<b>Agriculture</b>	0	45	4	17	0	0	0	<b>67</b>
<b>Transports</b>	0	1 263	0	36	0	0	0	<b>1 299</b>
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2 157</b>	<b>1 982</b>	<b>3 179</b>	<b>355</b>	<b>61</b>	<b>260</b>	<b>8 000</b>

Tableau 3: Répartition de la consommation primaire alsacienne en 2007 en ktep, source: CREA ALSACE/ASP A 11110802-TD

<sup>(3)</sup> Le secteur de l'énergie regroupe ici les consommations liées au raffinage du pétrole, à l'extraction de combustibles, à la distribution de combustibles, à la transformation d'énergie et au chauffage urbain.

Le tableau 3 présente la répartition de la consommation en énergie primaire. La répartition des consommations entre les différents secteurs ne se voit pas profondément modifiée. Toutefois, a été introduit le secteur lié à l'énergie<sup>(3)</sup> dans la sectorisation. De ce fait, la part de la consommation régionale liée à la production et aux pertes énergétiques devient lisible. Toutefois, il faut noter

que 1/3 des énergies renouvelables est utilisé pour la production d'énergie (essentiellement en chauffage urbain).

D'après l'illustration III, la consommation d'énergie se concentre sur les zones à forte densité de population et à activités industrielles. On observe d'autre part que certains territoires présentent des profils très singuliers. Ainsi le territoire couvert par le SCOT de la bande Rhénane du Nord et celui couvert

par le SCOT de la région Mulhousienne se distinguent par une forte prédominance de la consommation industrielle alors que la consommation énergétique du SCOT de la région de Strasbourg est caractérisée par l'importance des transports et du résidentiel/tertiaire.

Service  
Énergie,  
Climat,  
Logement,  
Aménagement

### Consommation énergétique en Alsace par SCOT en 2009

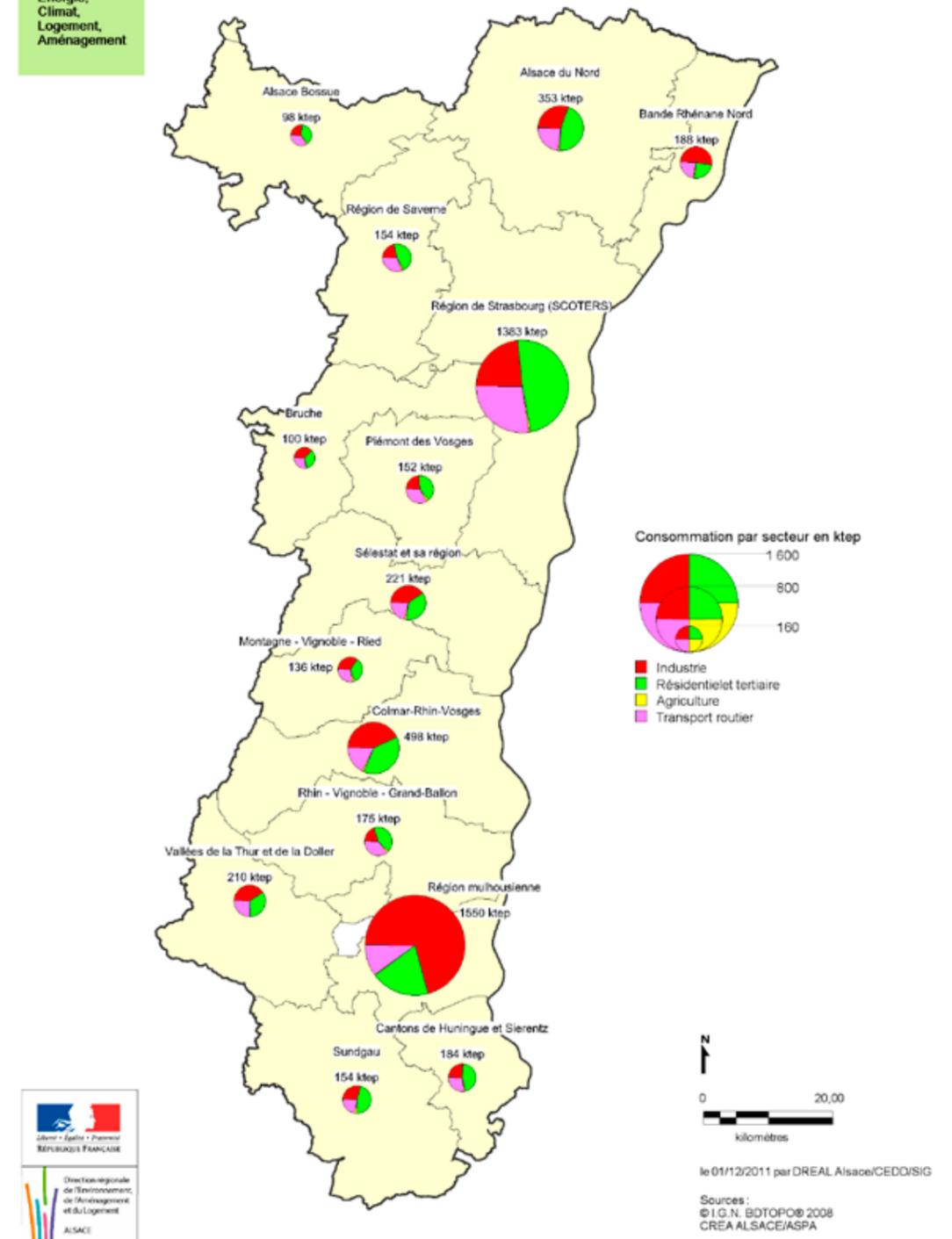


Illustration III: consommation énergétique finale par SCOT en 2009 et répartition de cette consommation suivant les secteurs



#### 1.4 Focus sur la maîtrise de la consommation d'électricité

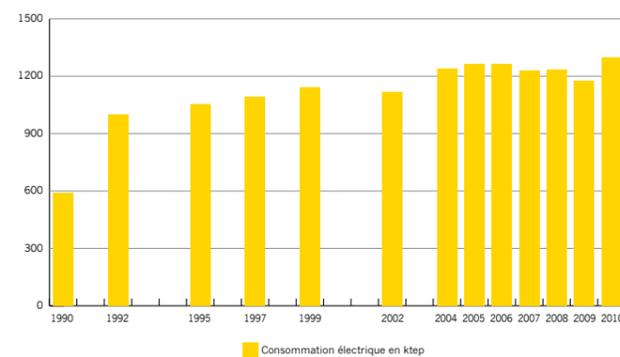


Illustration IV: Consommation finale alsacienne en électricité 1990-2010. Source: Soes et RTE

En 2010, l'Alsace a consommé 1300 ktep d'électricité, soit une augmentation de plus de 5 % par rapport aux années précédentes (illustration IV). Cette augmentation est due principalement aux longues périodes de froid qui ont touchées l'Alsace en début et en fin d'année 2010 mais on ne peut exclure l'impact d'une légère reprise économique. Cette consommation d'électricité parfois localisée a par ailleurs d'autres conséquences comme le transport et la gestion des besoins et des pointes.

##### 1.4.1. La gestion des besoins et des pointes

Dans son bilan annuel, la production alsacienne d'électricité est excédentaire par rapport aux besoins locaux (illustration V). Cependant, en période hivernale, lorsque le Rhin est à son débit le plus bas, l'Alsace est contrainte d'importer de l'électricité pour subvenir à ses besoins du moment. Au contraire, en été, l'Alsace exporte de l'électricité.

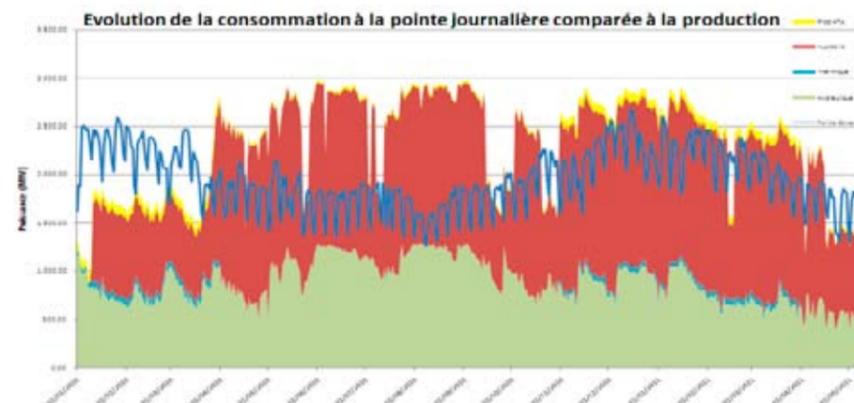


Illustration V: évolution de la consommation à la pointe journalière comparée à la production pour l'Alsace en 2010. Source: RTE

En hiver, il suffit que la température baisse d'un seul degré pour que la consommation nationale instantanée augmente de 2300 MW. Cela représente l'équivalent de deux fois la consommation d'une grande ville comme Marseille. Lors de périodes de froid, la consommation en France atteint chaque jour un pic maximum aux alentours de 19h00. En été, et surtout par forte chaleur, le pic se produit aux alentours de 13h00, car la demande d'énergie électrique est alors la plus élevée de la journée (climatisations, ventilateurs etc.).

Cette gestion des pointes de consommation est donc également une problématique à résoudre, qui nécessite parfois un transit d'électricité venant de l'extérieur de l'Alsace.

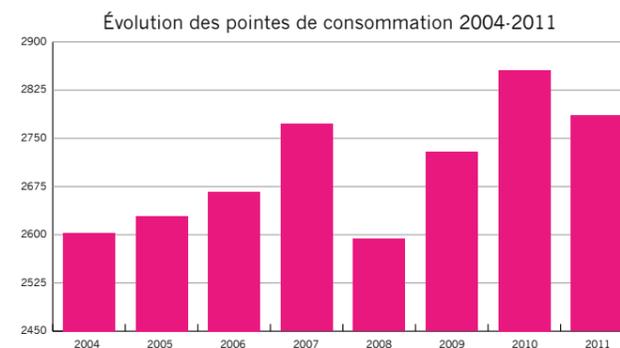


Illustration VI: évolution de la consommation instantanée électrique lors des épisodes de pointes en Alsace entre 2004 et 2011. Source: RTE

On peut constater que sur la période 2004 – 2010, la consommation alsacienne a augmenté de 5 % et la pointe de 7 % (illustration VI). En Alsace, le pic de la pointe de la consommation a été atteint le 15 décembre 2010 à 19 heures avec 2856 MW.

##### 1.4.2. Les pertes électriques sur le réseau

L'exploitation du réseau de transport d'électricité génère des pertes électriques sur chaque équipement par lequel transite de l'énergie.

##### Définition des pertes et éléments chiffrés

Par définition, les pertes d'énergie se calculent par différence entre les quantités injectées et les quantités soutirées d'électricité dans le réseau. Elles comprennent conventionnellement:

- les pertes techniques de tous les éléments consommateurs d'énergie qui composent les réseaux de transport et de distribution, soit principalement les pertes par effet Joule mais aussi les pertes par effet couronne, ainsi que les pertes des transformateurs et des auxiliaires des postes (illustration VII).
- les pertes non techniques (environ un tiers) dues aux fraudes, erreurs, limites technologiques de comptage...

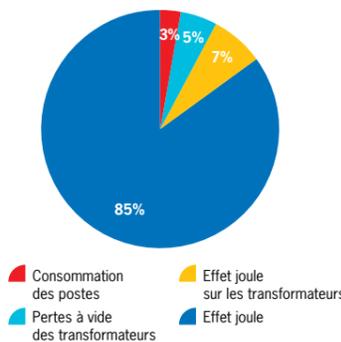


Illustration VII: répartition des pertes électriques. Source: RTE

Le volume des pertes fait des réseaux eux-mêmes les plus importants consommateurs d'électricité en France. Les pertes sur le réseau de RTE, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, représentent environ 11,5 TWh par an (989 ktep). Rapporté au volume total d'énergie injectée sur ce réseau, le taux de pertes du **réseau de transport français** est proche de 2,5 %.

Les pertes techniques et dites « non techniques » sur les **réseaux de distribution** gérés par ERDF sont estimées respectivement à près de 3,5 % et 2,5 % de l'énergie injectée, soit un total d'environ 21 TWh (1806 ktep) par an.

Les autres gestionnaires de réseaux de distribution présents sur le territoire français, dits distributeurs non nationalisés (DNN) alimentent près de 6 % des utilisateurs des réseaux de distribution en France et subissent sur leurs réseaux un peu plus de 1 TWh (86 ktep) de pertes d'énergie par an.



## Profil annuel

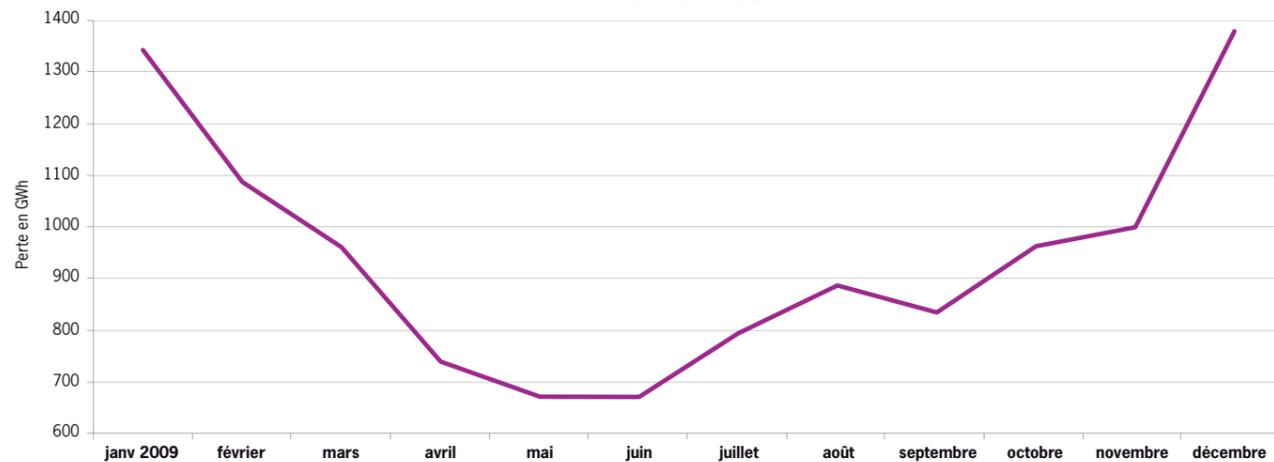


Illustration VIII: profil annuel et national des pertes sur le réseau. Source: RTE

L'illustration VIII met en évidence que les pertes ont lieu logiquement au moment des transports les plus forts.

### Pertes sur le réseau alsacien

Le tableau 4 récapitule les pertes estimées sur le réseau alsacien. On arrive à des chiffres moyens (2,3 %) légèrement inférieurs aux chiffres nationaux qui peuvent s'expliquer en partie par l'existence d'un réseau relativement dense limitant les parcours.

		2009				2010			
		RTE + distribution	RTE	RTE-EST	Alsace	RTE + distribution	RTE	RTE-EST	Alsace
Pertes annuelles	TWh	34	11	2	<b>0,32 (*)</b>	37	12	2	<b>0,33 (*)</b>
	ktep	2890	980	138	<b>28 (*)</b>	3 199	1 032	159	<b>28 (*)</b>
Pertes moyennes	MW	<b>3836</b>	<b>1301</b>	<b>182</b>	<b>36 (*)</b>	<b>4 247</b>	<b>1 370</b>	<b>211</b>	<b>38 (*)</b>
Consommation	TWh	484	484	56	<b>14</b>	512	512	60	<b>15</b>
	ktep	41 624	41 624	4825	<b>1 221</b>	44 032	44 032	5 117	<b>1 264</b>
Taux de pertes	%	6,90	2,40	2,80	<b>2,2 (*)</b>	7,30	2,30	3,10	<b>2,3 (*)</b>

Tableau 4: pertes électriques suivant le type de réseau. Source: RTE  
(\*) pertes sur le réseau HTB4

### 1.5. Comparaison nationale

L'évolution de la consommation énergétique finale alsacienne comparée entre 1999 et 2008 montre une évolution à la baisse plus sensible que la moyenne nationale en absolue et par habitant (tableau 5).

	Alsace		Ensemble des régions hors IDF		Ensemble des régions	
	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)
Consommation finale (Mtep)	5,3	-3	135,2	1	160,5	1
Consommation régionale par habitant (tep/hab)	2,9	-8	2,7	-5	2,6	-5
Consommation rapportée au PIB régional (tep/M€ 2000)	119	-14	118	-14	99	-15

Tableau 5: consommation d'énergie finale et évolution comparée entre 1999 et 2008 de l'Alsace et de la France

Toutefois, l'évolution de l'intensité énergétique<sup>(5)</sup> de la région reste dans la norme nationale et la consommation par habitant supérieure à la moyenne nationale.

Par ailleurs, cette évolution favorable de l'intensité énergétique est à tempérer car sur la période 1990-2008, l'Alsace a vu sa consommation d'énergie finale totale croître de façon plus marquée que sur l'ensemble des régions françaises.

## 2. Le secteur résidentiel

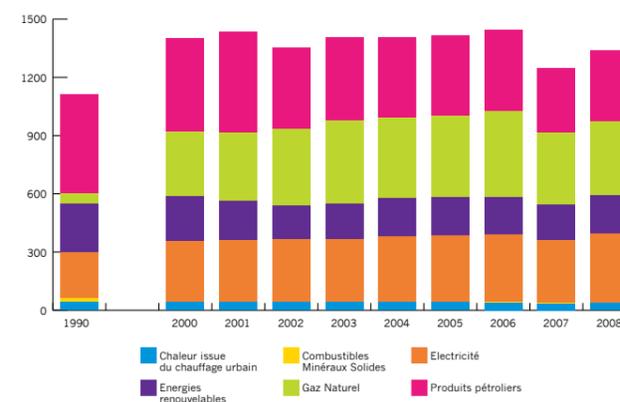


Illustration IX: évolution de la consommation énergétique finale du résidentiel entre 1990 et 2009 en fonction des sources d'énergie. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

Comme pour l'ensemble de la métropole, on peut observer un maintien de la consommation électrique, une croissance stabilisée de la consommation en gaz et un recul des produits pétroliers. Les énergies renouvelables dont le bois énergie ont cédé le pas depuis les années 1990 jusqu'à 2002 et semblent depuis redevenir une source d'énergie recherchée.

<sup>(5)</sup> consommation énergétique rapportée au PIB régional

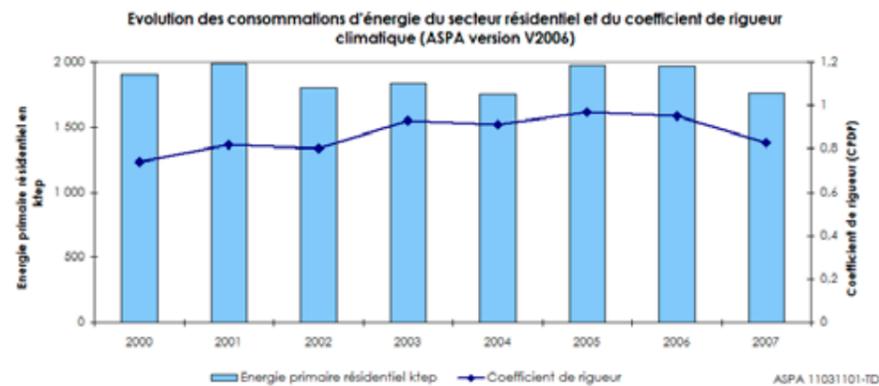


Illustration X: évolution de la consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel rapportée au coefficient de rigueur climatique - 2000-2007

La consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel marque une certaine stabilisation entre 2000 et 2006. La baisse constatée notamment sur 2007 est à mettre en regard de la rigueur climatique et ne peut être attribuée totalement à un effort de maîtrise d'énergie (illustration X) selon le fichier "détail logement" de l'INSEE (2007).

## 2.1. Structuration du parc bâti

### Avertissement méthodologique

Le diagnostic du parc bâti ci-dessous provient des données du fichier « Détail logement » de l'Insee de l'année 2007, qui prend en compte les seuls logements principaux. Il est cependant intéressant de constater que d'autres chiffres peuvent coexister sur le parc de logements en Alsace.

La base Filocom, issue des données de l'administration fiscale et exploitée par la DREAL, révèle ainsi un nombre de logements s'élevant à 881 899, avec une part de logements collectifs plus importante (491 746 logements) que celle des logements individuels (390 153 logements).

Cette proportion est au contraire légèrement inversée au profit des logements individuels dans le fichier « Détail logement » de l'Insee. Ayant servi de base aux travaux de l'Inventaire ASPA 2009, ce dernier a été ici privilégié pour conserver la cohérence dans l'approche statistique d'ensemble (au niveau macro pour le gisement régional et micro pour la déclinaison en sous-gisements).

### 2.1.1. Caractéristiques physiques du parc

Le nombre de logements tous parcs confondus en Alsace s'élève à 752 166, partagés entre 368 052 logements collectifs et 384 114 logements individuels.

Sur ces 752 166 logements, 104 333 sont des logements locatifs sociaux (19 % du parc total) et 234 883 sont des copropriétés (de 2 à plus de 100 logements, soit 30 % du parc total).

Ces deux catégories sont appréhendées en tant que gisements, de par leur importance quantitative et leur caractère identifiable. Les problématiques qui leur sont propres (précarité énergétique et/ou modalités collégiales de prise de décision, intervention des pouvoirs publics ou non, âge du bâti, etc.) amènent aussi à focaliser l'analyse sur elles.

Les copropriétés représentent près de 30 % du parc bâti alsacien, avec 235 000 logements. Elles se caractérisent par leur concentration urbaine, particulièrement forte dans la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) avec 110 392 logements (soit 75 % des copropriétés du Bas-Rhin et 43 % des logements de la CUS), dans la Communauté d'Agglomération de Mulhouse (M2A) avec 42 546 logements (soit 50 % des copropriétés du Haut-Rhin et 35 % des logements de la M2A) et dans la Communauté d'Agglomération de Colmar (CAC) avec 36 000 logements (soit 37 % des logements de la CAC). Si ce parc s'avère pour plus de sa moitié être daté d'après la première Réglementation Thermique (RT 1974), près du quart appartient à la classe de bâti la plus énergivore (1949-1974). Cette dernière représente 60 000 logements en Alsace, dont 30 000 à Strasbourg et 16 000 à Mulhouse.

Les logements sociaux représentent 19 % de l'ensemble du parc bâti, dont 50 352 d'avant la première Réglementation Thermique (RT 1974), (31 555 dans le Bas-Rhin, 18 797 dans le Haut-Rhin).

La catégorie par âge de construction du bâti ante 1974 (près de 60 % du parc), voire 1947-1974 (29 % du parc), constitue également un gisement en soi, de par ses caractéristiques techniques énergivores datant d'avant la première réglementation thermique et de par sa localisation.

Le parc ante-1974 CUS, M2A et CAC représente environ 223 883 logements, soit près de 30 % de l'ensemble du parc alsacien.

## 2.2. Consommation finale énergétique et émissions de GES du parc bâti

### Avertissement méthodologique

L'ASPA utilise les données régionales de l'Observatoire de l'énergie, de l'ADEME, de l'INSEE et de Météo-France. Cela lui permet d'avoir une approche communale par combustible, par facteurs d'émissions de GES pour le combustible pris en compte et le polluant considéré, par données démographiques et climatologiques. Cette méthode permet d'obtenir des moyennes par surface, de consommation énergétique et d'émissions de GES (cf. note ASPA disponible dans les cahiers techniques).

Les facteurs de consommation et d'émissions CO<sub>2</sub> utilisés par l'ASPA correspondent à l'approche nationale (CITEPA) et concernent les 5 usages réglementaires du bâti. Cette approche diffère de celle en cours pour la réalisation des Diagnostics de Performance Énergétique, qui ne se basent que sur 3 usages de consommation du bâti (chauffage+ECS+climatisation). Les résultats sont ainsi jugés plus proches de la consommation réelle, en prenant en compte aussi l'éclairage et l'électricité spécifique.

De même, les émissions indiquées par l'ASPA sont exprimées en kg équivalent CO<sub>2</sub> (kgeqCO<sub>2</sub>) car elles comprennent également les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O alors que le Diagnostic de Performance Énergétique ne considère que les émissions de CO<sub>2</sub>. Elles incluent également le contenu CO<sub>2</sub> de l'électricité et des réseaux de chaleur, mais pas les émissions liées à la combustion de biomasse.

Les hypothèses sur les consommations et les émissions de GES moyennes émises sont établies à partir des données statistiques de l'Inventaire ASPA.

Le tableau 6 présente les taux moyens calculés de consommation finale énergétique et les émissions de GES.

Logement individuel		
Surface moyenne en m <sup>2</sup>	Consommation énergétique moyenne kWh/m <sup>2</sup> /an	Émissions moyennes kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
114	239	38
Logement collectif		
Surface moyenne en m <sup>2</sup>	Consommation énergétique moyenne kWh/m <sup>2</sup> /an	Émissions moyennes kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
68	212	36

Tableau 6: Consommation énergétique finale des postes chauffage + ECS + climatisation + cuisson + électricité spécifique des bâtiments résidentiels en Alsace et émissions de GES avec les facteurs d'émissions de la méthode Inventaire Aspa 2009 Source: ASPA 11102402-ID

L'étiquette énergie réglementaire est quant à elle exprimée en énergie primaire, sur une échelle allant de A à G. Les valeurs de consommation énergétique moyenne finale présentées ci-dessus et converties en énergie primaire indiquent une moyenne pour les deux types de logements (individuel et collectif) de 327 kWh/m<sup>2</sup>/an correspondant à la classe E de l'étiquette énergie, soit un résultat passable.

Les hypothèses de consommations des gisements seront ci-après affichées en énergie finale et converties en milliers de tonnes équivalent pétrole (ktep).

### 2.2.1. Caractéristiques énergétiques du parc

Avec ses 752 166 logements, le parc bâti atteint une consommation globale de 1,3 Mtep, représentant ainsi 25 % de la consommation finale d'énergie en Alsace (Illustration II page 26).

Son émission moyenne de GES atteint 2,5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Ses principaux gisements sont concentrés sur les grandes agglomérations.

#### Parc locatif social: un enjeu de précarité énergétique

La consommation de ce gisement représente 0,1 Mtep selon la surface moyenne et son émission moyenne de GES atteint 0,3 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Ce gisement s'élève ainsi à environ 10 % de la consommation totale du parc bâti alsacien et à 10 % de l'ensemble de ses émissions de GES.



### Zoom sur le parc locatif social concerné par le Grenelle

L'étude énergétique du parc HLM alsacien "stratégie de réhabilitation énergétique et préconisations d'actions" rendue pour le compte de l'Association Régionale des organismes HLM d'Alsace (AREAL) début 2012 a permis de mettre en exergue 27 756 logements sociaux concernés par les objectifs Grenelle et à ramener en classe C, soit 27,1 % du parc alsacien. Ces logements sont situés à 54,2 % sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg et à 4,4 % dans le reste du Bas-Rhin, ainsi qu'à 26,1 % sur le territoire de Mulhouse Alsace Agglomération et à 26,1 % dans le reste du Haut-Rhin. Source: Etude AREAL réalisée par les bureaux La Calade et Artelia, février 2012

### Copropriétés : un enjeu urbain majeur

Les copropriétés représentent un gisement d'environ 0,29 Mtep (0,19 Mtep pour la CUS, 0,06 sur la M2A et 0,04 sur la CAC) et leurs émissions de GES atteignent 0,6 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an (0,4 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an sur la CUS, 0,12 pour la M2A, 0,10 pour la CAC).

Ce gisement s'élève ainsi à environ 22 % de la consommation totale du parc bâti alsacien (dont les 2/3 pour la CUS et 20 % pour la M2A) et à 23 % de l'ensemble de ses émissions de GES.

### Logements privés : un parc bâti d'avant 1974 énergivore

La moitié des logements privés d'avant 1974 est située sur les 3 principales agglomérations, soit environ 223 000 logements et 30 % de l'ensemble du parc bâti en Alsace, qui représentent 0,41 Mtep et environ 0,8 million de tonnes de GES.

Au total, ce gisement s'élève ainsi à environ 30 % de la consommation et à 33 % des émissions de GES de l'ensemble du parc bâti alsacien.

Parc résidentiel en Alsace	Nombre de logements en milliers	Consommation énergétique en ktep 2009	Émissions en Mtonnes CO <sub>2</sub> 2009
Ensemble du parc bâti	752	1 334	2,5
CUS M2A CAC avant 1974	223	413	0,8
Copropriétés	235	289	0,6
Parc locatif social	104	128	0,3

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des hypothèses émises sur le parc bâti et ses gisements

### L'usage du chauffage en Alsace :

Pour le parc bâti résidentiel, le poste chauffage reste le principal consommateur (plus des 2/3 de la consommation énergétique).

Il constitue à ce titre un gisement énergétique, tout en restant associé dans le mode d'intervention aux postes « eau chaude, isolation, ventilation et éclairage ».

L'illustration 10 montre le nombre d'unités de chauffage par type.

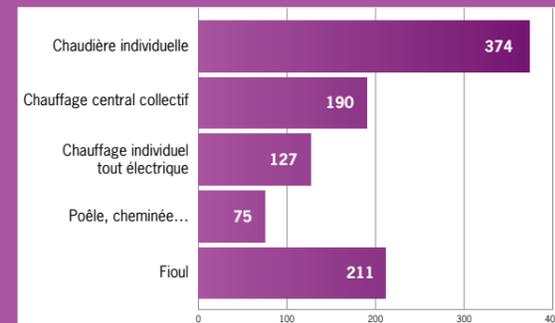


Illustration XI : Chauffage en Alsace par nombre et type, en milliers d'unités de chauffage. Source INSEE 2007

Les chaudières individuelles et particulièrement le chauffage individuel tout électrique représentent des gisements conséquents de consommation.

Il est à noter qu'environ 50 000 chauffages individuels tout électrique sont dénombrés sur le territoire de la CUS, soit 51 % des logements.

### Les notions de précarité et de vulnérabilité énergétiques :

« Est en situation de précarité énergétique [...] une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat » (Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010, dite Grenelle 2, article 11).

Une personne est en situation de précarité énergétique lorsque plus de 10 % de son budget est consacré à la seule facture énergétique.

À défaut de connaissances statistiques régionales, il est estimé qu'à l'instar des autres régions françaises, la précarité énergétique semble plutôt concerner les propriétaires occupants modestes d'une maison individuelle rurale. Ces derniers sont aussi potentiellement les plus énergétiquement vulnérables à une hausse prévisible des charges énergétiques et du coût de la mobilité.

Une première approche<sup>6</sup> développée en Alsace spatialise ainsi la vulnérabilité énergétique le long des Vosges, dans les régions de Haguenau et de Wissembourg, en Alsace bossue et dans la vallée de la Thur.

Si l'on ne peut ici utiliser ces notions pour qualifier quantitativement un gisement d'économies d'énergies, la lutte contre la précarité énergétique oblige toutefois à préciser qualitativement les politiques publiques et à lier les objectifs énergétiques et sociaux. Ainsi, l'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH) intervient déjà sur ce thème en collaboration avec des collectivités territoriales alsaciennes.

Pour conclure, on peut constater que les gisements identifiables les plus significatifs en Alsace sont constitués par le bâti ante-1974 sur les territoires de la CUS, de la M2A et de la CAC, les copropriétés et le parc locatif social (tableau 7).

<sup>6</sup> Source : « La vulnérabilité énergétique des territoires à travers le budget énergétique des ménages pour les énergies du logement et les trajets domicile-travail en voiture », Anthony Caussin, Rapport de stage chez Alter Alsace Énergies, 2011

## 3. Le secteur tertiaire

### 3.1. Structuration du parc tertiaire d'activités

Le parc tertiaire se caractérise par une grande hétérogénéité d'activités, qui complexifie toute mesure des gisements représentés.

#### Avertissement méthodologique

Les données ci-après proposées sont issues de l'inventaire ASPA 2009, utilisant la méthode et la nomenclature des secteurs d'activité proposées par le CEREN (Centre d'Études et de Recherche sur l'Énergie), avec un calcul par facteurs de consommation et d'émission par unité d'activités tertiaires (des employés, des lits pour les activités de santé, des élèves pour les activités d'enseignement). Par exemple, l'unité « nombre de salariés par branche d'activité par commune », croisé avec les facteurs de consommation et d'émission correspondants, permet de dresser des hypothèses sur le gisement représenté par le secteur tertiaire concerné.

Dans l'inventaire de l'ASPA, les émissions liées à la combustion de biomasse sont ici exclues, tandis que celles liées à la consommation d'électricité et de chaleur provenant du chauffage urbain sont incluses (émissions indirectes - contenus CO<sub>2</sub> de l'électricité et des réseaux de chaleur).

La nomenclature CEREN se décompose en huit sous-secteurs :

- les bureaux ;
- les cafés-hôtels-restaurants ou CAHORE ;
- les commerces, regroupant les grandes, moyennes et petites surfaces ;
- les établissements d'enseignement regroupant les niveaux maternelle, primaire, secondaire et universitaire ;
- les établissements relatifs à l'habitat communautaire, regroupant les foyers pour enfants, maisons de retraite, casernes, foyers, cité universitaire ;
- les établissements de santé, regroupant hôpitaux et cliniques, dispensaires, établissements médicalisés pour adultes ou enfants handicapés ;
- les établissements de sports et de loisirs ainsi que les équipements collectifs divers ;
- les établissements de transport regroupant les gares, ports et aéroports, ainsi que les compagnies de taxi.



### 3.2. Consommation énergétique et émissions de GES du parc tertiaire d'activités

En croissance tendancielle, le secteur tertiaire représente 13 % de la consommation d'énergie finale en Alsace.

L'inventaire de l'ASPA effectué en 2009 évalue selon la nomenclature CEREN (tous les postes d'activités) la consommation d'énergie finale du tertiaire d'activité à 749 ktep en Alsace (dont 254 ktep sur la CUS, 116 sur la M2A et 71 sur la CAC). Cette consommation d'énergie finale a été évaluée à 724 ktep en 2007 et à 766 ktep en 2008 en Alsace.

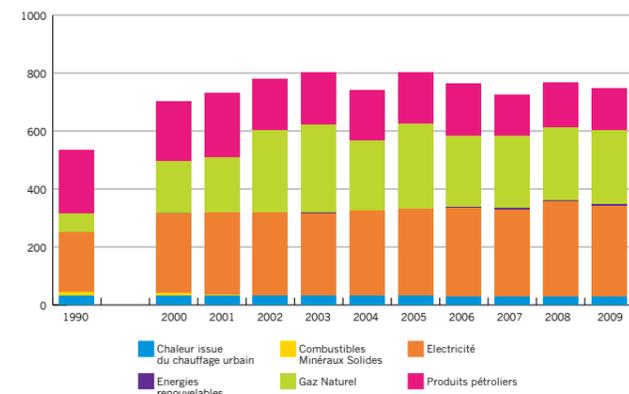


Illustration XII: évolution de la consommation énergétique finale du tertiaire entre 1990 et 2009 en fonction des sources d'énergie. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

Son émission de GES représente 1,38 million de tonnes de CO<sub>2</sub> pour 2009 en Alsace (0,82 pour le Bas-Rhin et 0,56 pour le Haut-Rhin, 0,48 pour la CUS, 0,21 pour la M2A et 0,01 pour la CAC).

Celle-ci était de 1,33 million de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2007 et de 1,40 pour 2008.

Ces légères fluctuations ne permettent pas de constater de baisse conséquente et structurelle de la consommation et des émissions de ce parc depuis l'inventaire ASPA 2006-2007.

On peut par ailleurs remarquer que la part des produits pétroliers se maintient et que la demande en électricité continue de croître (72 % en 30 ans et de 12 % sur les dix dernières années), portée par les usages d'électricité spécifique (cf. illustration XII).

### 3.3. Consommation du parc tertiaire d'activités en fonction des usages

Sur l'illustration XIII, la baisse de la consommation destinée au chauffage doit être appréhendée au regard de l'indice de rigueur climatique des années considérées (cf. illustration X). En effet, 2007 peut être considérée localement comme une année « chaude ».

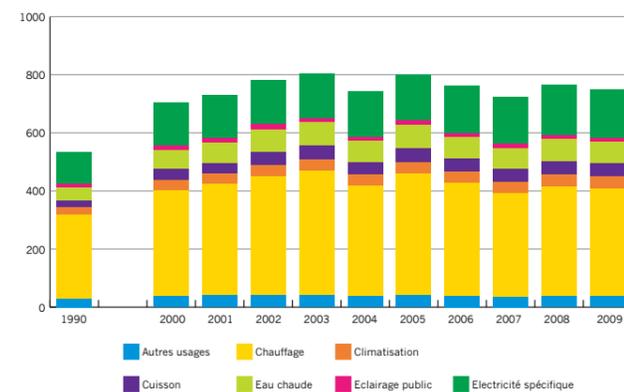


Illustration XIII: évolution de la consommation énergétique finale du tertiaire entre 1990 et 2009 en fonction des usages. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

### 3.4. Les principaux gisements du secteur tertiaire d'activités

Les trois principaux gisements du parc tertiaire d'activités sont les commerces (28 % de consommation énergétique finale), les bureaux (22 % de la consommation énergétique finale) et les cafés-hôtels-restaurants (12 % de la consommation énergétique finale).

Ces 3 postes d'activités représentent une consommation de 458 ktep en Alsace en 2009 (tableau 8) (282 ktep dans le Bas-Rhin, 175 ktep dans le Haut-Rhin – dont 162 ktep pour la CUS, 67 ktep pour la M2A et 38 ktep pour la CAC).

Leurs émissions de GES conjuguées s'élèvent en 2009 en Alsace à 0,76 million de tonnes de CO<sub>2</sub> (0,48 pour le Bas-Rhin, 0,29 pour le Haut-Rhin, 0,28 pour la CUS, 0,1 pour la M2A et 0,05 pour la CAC).

Tertiaire d'activités	Nombre d'unités d'activités en milliers **	Consommation énergétique finale en ktep	Émissions en Mteq CO <sub>2</sub>
Toutes activités CEREN*	721	749	1,38
Bureaux – Cahore Commerce	276	458	0,76

\*Nomenclature CEREN: Bureaux, Cahore (café, hôtels, restaurants), commerces, enseignement, habitat communautaire, santé, sports/loisirs/culture, transport, éclairage public

\*\* Issues des chiffres UNEDIC, les unités de consommation/émissions sont ici des salariés, des lits (activité santé) et des élèves (activité enseignement).

Tableau 8: Tableau récapitulatif des données et des hypothèses sur le parc bâti du tertiaire d'activités. Source: Inventaire ASPA 2009 en Alsace

## 4. Le transport

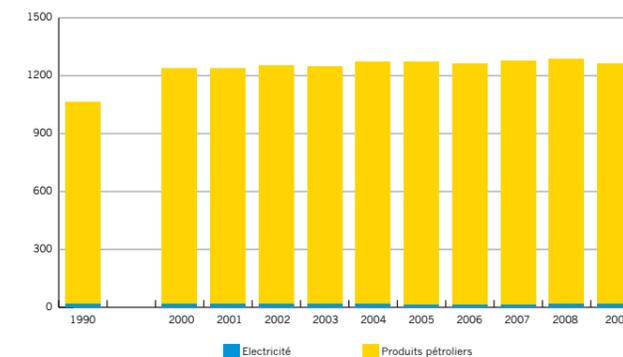


Illustration XIV: évolution de la consommation d'énergie finale des transports par source d'énergie entre 1990 et 2009. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

L'illustration XIV ne montre pas d'évolution notable de la consommation énergétique du secteur des transports. Toutefois depuis 2005, les enquêtes ménages/déplacements nationale et régionale montrent une stagnation des km parcourus et une diminution globale de la mobilité tout mode confondu. Ce changement amorcé ne se ressent pas encore dans les statistiques de consommation d'énergie.

	Alsace		Ensemble des régions hors IDF		Ensemble des régions	
	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)
consommation finale (Mtep)	1,3	4	39,5	4	50,3	3
consommation régionale par habitant (tep/hab)	0,7	-2	0,8	-2	0,8	-3

Tableau 9: situation en 2008 et évolution comparée de la consommation finale régionale et nationale du transport entre 1999 et 2009 en %. Source: SOeS

En 2008, l'Alsace est une région moins consommatrice que les autres régions pour le transport que ce soit par habitant ou pour l'intensité énergétique. Toutefois, l'écart entre l'Alsace et les autres régions semble se combler.

Depuis 2000, la part des transports dans la consommation énergétique régionale n'a quasiment pas changé et représente 22 % de la consommation<sup>(7)</sup> (1277 ktep en 2007) malgré une légère diminution (-2 % sur la même période). À noter qu'entre 2006 et 2007, le secteur des transports est le seul dont les consommations énergétiques augmentent. Il reste un consommateur quasi exclusif de produits pétroliers. (pour plus de détail sur ce diagnostic, voir le rapport complet de l'ASPA présent dans les cahiers techniques).

<sup>(7)</sup> Cette contribution est à comparer à la part du secteur des transports dans les émissions de polluants: 25 % pour le CO<sub>2</sub>, 55 % pour les NOx, 38 % pour le CO et 23 et 28 % respectivement pour les émissions de PM10 et PM2,5.



La consommation énergétique est très largement dominée par le transport routier (93 % de la consommation soit 1 205 ktep). Les véhicules diesels sont prédominants dans le parc routier alsacien: 57 % des véhicules particuliers, 92 % des véhicules utilitaires légers et 100 % des poids lourds ont une motorisation diesel. En conséquence, la consommation énergétique imputable à ce carburant représente 650 ktep soit 76 % de la consommation globale du transport routier. Il faut noter également que l'utilisation de véhicules GPL est marginale dans la région (<1%).

La consommation énergétique du transport ferroviaire et du tram est de 46 ktep pour l'année 2007 soit environ 0,5 % du total alsacien. Les trains électriques voyageurs et frets représentent environ 68 % de cette consommation énergétique alors que la contribution des trains diesels est de 18 %. Les tramways strasbourgeois et mulhousien contribuent pour 14 % à cette consommation.

## 5. L'industrie

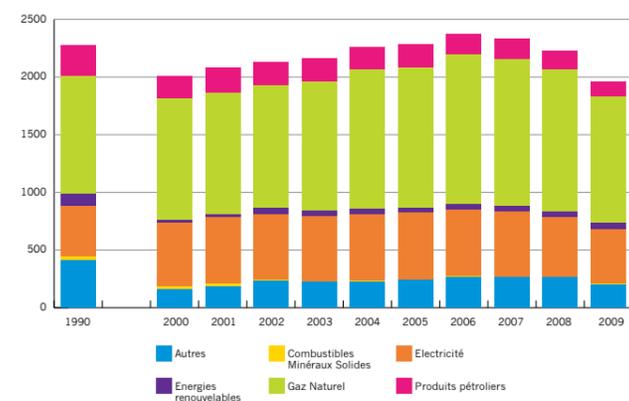


Illustration XV: évolution de la consommation énergétique finale de l'industrie entre 1990 et 2009 en fonction des sources d'énergie. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

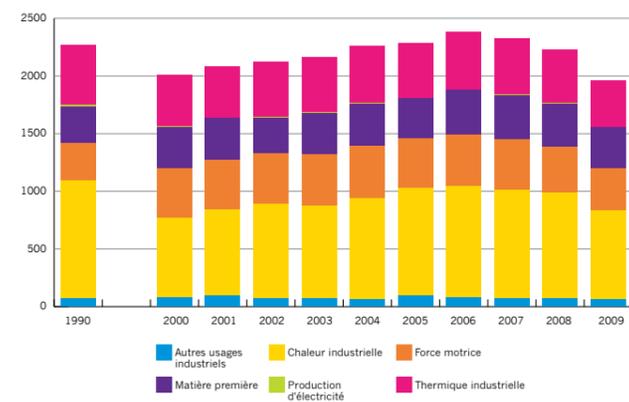


Illustration XVI: évolution de la consommation énergétique finale de l'industrie entre 1990 et 2009 en fonction des usages. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

Alors que 2007 correspond à une année d'activité économique d'avant la crise, on observe une stabilisation des consommations énergétiques de l'industrie. Ces consommations pour les années suivantes sont moindres du fait d'une baisse d'activité. Les sources d'énergie ont évolué au cours des 10 dernières années. Ainsi, les combustibles minéraux solides ont été largement remplacés par le gaz naturel et pour une petite part, par les énergies renouvelables. La consommation en électricité semble amorcer une baisse. Elle peut s'expliquer par des actions de maîtrise efficaces, en partie par des efforts sur la force motrice, par un effet de la crise économique...

Quelques progrès ont été réalisés en thermique industrielle et chaleur industrielle notamment du fait des quotas d'émissions de gaz à effet de serre sur les 15 dernières années. Cependant, la répartition des usages n'a pas fondamentalement évolué.

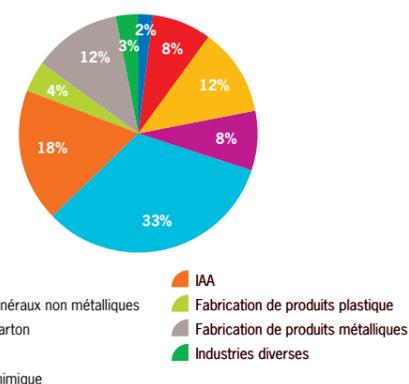


Illustration XVII: répartition des consommations d'énergie primaire suivant les secteurs en 2007. Source: ASPA 11010401-ID

La consommation alsacienne d'énergie primaire est dominée par 3 secteurs (industries chimiques, industries agroalimentaires et industries du papier-carton). On retrouve dans ces trois secteurs de grosses installations mais dont le centre décisionnaire n'est pas forcément alsacien. En parallèle, dans l'agroalimentaire et les fabrications de produits métalliques, les PME sont fortement représentées et constituent un potentiel d'efficacité énergétique très éparpillé.

	Alsace		Ensemble des régions hors IDF		Ensemble des régions	
	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)	2008	Évolution (%)
consommation finale (Mtep)	1,9	-12	38,9	-5	40,9	-5
consommation d'énergie rapportée au PIB régional (tep/M€ 2000)	42	-22	34	-20	25	-19

Tableau 10: situation en 2008 et évolution comparée de la consommation finale régionale et nationale de l'industrie entre 1999 et 2008 en %. Source: SOeS

Sur les dix dernières années, l'Alsace se singularise par une réduction importante de la consommation du secteur et d'une amélioration de l'intensité énergétique plus marquée que la moyenne nationale. L'intensité énergétique plus élevée en Alsace que dans le reste des régions se justifie par une structure de l'économie alsacienne encore largement industrielle contrairement à la plupart des autres régions. Au niveau national et régional, sur les vingt dernières années, le secteur de l'industrie a produit des efforts notables sur son efficacité énergétique.



## 6. L'agriculture

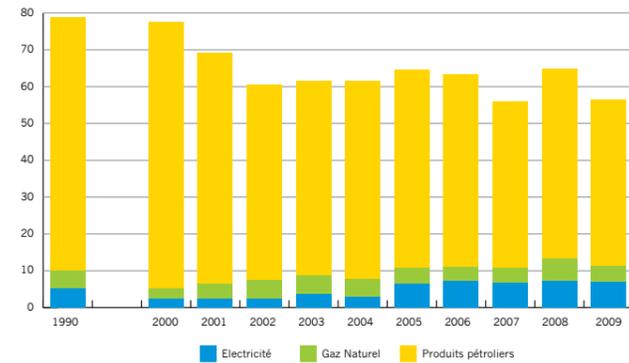


Illustration XVIII: évolution de la consommation énergétique finale de l'agriculture entre 1990 et 2009 en fonction des sources. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

La consommation du secteur agricole se stabilise depuis l'année 2002 autour des 60 ktep avec des fluctuations en partie imputables au climat. Toutefois, la répartition des sources d'énergie a évolué notablement au cours de la dernière décennie. La part des produits pétroliers s'est réduite de près de 40 % et celle de l'électricité a cru de 70 %.

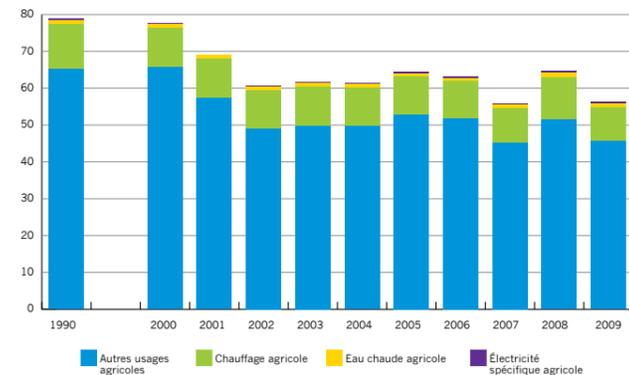


Illustration XIX: évolution de la consommation énergétique finale de l'agriculture entre 1990 et 2009 en fonction des usages. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

La répartition en fonction des usages de la consommation du secteur n'a pas connu d'évolution majeure. L'apparition d'électricité spécifique restant marginale par rapport à la consommation globale est toutefois à signaler.

## 7. Les réseaux de chaleur

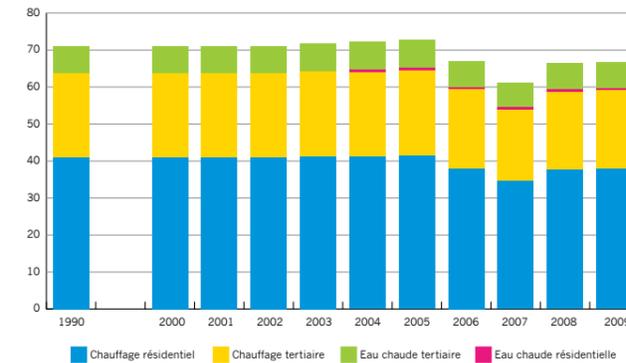


Illustration XX: consommation d'énergie finale dans les réseaux de chaleur urbains entre 1990 et 2009. Source: CREA ALSACE/ASPA 11110802-TD

La région Alsace dispose actuellement de 15 réseaux de chaleur importants ayant délivré 67 ktep en 2009 (enquête SNCU 2009) sur 642 points de livraison. L'annuaire VIASEVA<sup>(9)</sup> recense 11 réseaux desservant plus de 500 équivalent logements<sup>(10)</sup>; plus de 57000 équivalents logements seraient raccordés à un réseau de chaleur en Alsace.

Si ces réseaux de chaleur sont encore majoritairement alimentés par des produits pétroliers ou du gaz naturel, le fonds chaleur de l'ADEME a permis l'accélération d'investissements pour un recours aux énergies renouvelables (géothermie pour des réseaux de petite ou moyenne puissance, biomasse).

Ces réseaux pour la plupart anciens rencontrent des difficultés pour leur équilibre économique. Les projets de rénovation urbaine diminuent le nombre de logements raccordés eux-mêmes moins demandeurs d'énergie du fait de la rénovation thermique. Cette situation apparaît sur l'illustration XX depuis 2006.

<sup>(9)</sup> [www.viaseva.org](http://www.viaseva.org)

<sup>(10)</sup> Voir définition en annexe II



## Évaluation du potentiel d'économie d'énergie, d'amélioration de l'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande énergétique

Les potentiels d'économies d'énergie se concentrent sur deux typologies :

- les économies techniquement mobilisables ; ce sont des économies réalisables sur la base de travaux,
- les économies fonctionnellement mobilisables ; ce sont les économies réalisables sur la base d'équipements ou de bâtiments inchangés, notamment par des modifications des usages.

Pour ces dernières économies, l'accompagnement aux changements de comportement (gestion des veilles, amélioration des réglages...) est donc particulièrement pertinent.

### 1. Résidentiel

En 2050, le parc bâti résidentiel construit avant 2008 constituera environ les deux tiers des logements<sup>(1)</sup>. Pour le dernier tiers, construit après 2008 et bénéficiant des réglementations thermiques 2005, 2012 (bâtiment basse consommation) et 2020 (bâtiment à énergie positive), l'efficacité énergétique s'avère déjà imposée par les normes de construction. À ce titre, ce parc n'est pas considéré comme un gisement d'intervention volontaire.

Les économies potentielles pour l'atteinte des objectifs énergétiques dans le résidentiel passent donc d'abord par la rénovation de masse de ce parc existant qui, en moyenne, se situe au début de la classe E de l'étiquette énergétique (exprimée en énergie primaire).

Dans l'hypothèse d'un Facteur 4 concernant uniquement le résidentiel, l'objectif des économies techniquement mobilisables est peu ou prou représenté par l'atteinte de la basse consommation (standard BBC-Effinergie en Alsace à 65 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le bâtiment neuf et à 104 kWh/m<sup>2</sup>/an pour la rénovation).

Pour rappel, les gisements appréhendés sont les suivants :

- le poste chauffage, qui reste le principal consommateur (plus des 2/3 de la consommation énergétique). Il constitue à ce titre un gisement énergétique, tout en restant associé dans le mode d'intervention aux postes « eau chaude, isolation, ventilation et éclairage ».
- la classe de bâti de la période de reconstruction 1948-1974, qui reste très énergivore. Au travers d'une analyse par âge du bâti et par localisation, on peut remarquer que le bâti ante-1974 sur les seuls territoires de la CUS, de la M2A et de la CAC représente environ le tiers de la consommation énergétique et des émissions de GES du parc bâti alsacien.
- les gisements des logements sociaux et copropriétés, avec un potentiel d'économie d'énergies représenté par l'atteinte du niveau BBC représentant quant à lui un peu moins du tiers de la consommation énergétique et des émissions de GES actuellement par le parc bâti alsacien. À l'instar du bâti ante-1974, ces deux gisements sont très largement concentrés sur les territoires communautaires des trois principales agglomérations.

L'objectif de l'atteinte du Facteur 4 "volontariste" supposerait la rénovation d'ici 2050 d'environ 19000 logements/an au standard BBC (de l'étiquette énergétique E à B, sur une échelle allant de A à G).

Cette économie potentielle obtenue par une rénovation de masse coûteuse doit être complétée par celle fonctionnellement mobilisable résultant d'un changement comportemental, afin d'éviter tout effet-rebond. La sobriété énergétique reste donc le pendant nécessaire à toute amélioration de la performance énergétique du bâti.

Par une approche différente d'évaluation des potentiels d'économie, le scénario Grenelle pour le résidentiel lie l'objectif de réduction à une baisse de 38 % de la consommation énergétique.

Cela supposerait, à partir des hypothèses en énergie finale de 2011, les baisses suivantes :

Parc résidentiel en Alsace	Consommation énergétique en ktep en 2011	Consommation énergétique en ktep à 2020 (-38 %)	Gisements en ktep (différence 2011-2020)
<b>Ensemble du parc bâti</b>	1 334	827	507
<b>CUS M2A CAC avant 1974</b>	413	255	157
<b>Copropriétés</b>	289	179	110
<b>Parc locatif social</b>	128	79	49

Tableau 1 : Réduction de 38 % de la consommation énergétique finale du parc bâti en Alsace

### Les certificats d'économies d'énergies :

Les certificats d'économie d'énergie procèdent d'une obligation introduite par le code de l'Énergie (L.221-1 à L.221-11). Les fournisseurs d'énergie ont l'obligation de faire réaliser des économies d'énergie, et de promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès de leurs clients. Ce dispositif permet de travailler sur les gisements d'économie d'énergie existants, mais diffus, notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire.

Les certificats ont été créés en 2006 et fonctionnent par périodes de trois ans. La première période a toutefois duré de 2006 à 2010. La seconde période devrait se terminer en 2013.

L'Alsace a regroupé sur la première période 30 acteurs dont 13 fournisseurs d'énergie. Les actions déposées durant cette période représentent une économie d'énergie annuelle d'un peu moins de 13 ktep. La grande majorité (88 %) des opérations réalisées dans ce cadre a concerné le résidentiel puis le tertiaire ; l'industrie, les réseaux ou le transport n'ont bénéficié que de très peu d'initiatives. Concernant les usages, 8 actions sur 10 ont été réalisées dans la thermique du bâtiment (changement de chaudières, de radiateurs, régulation de chauffage...). La mise en place d'isolation performante est encore trop peu représentée (16 % des actions).

Pour la seconde période, le dispositif a pris une dimension plus importante du fait d'une augmentation du périmètre des obligés (incluant les vendeurs de carburants automobiles) et d'une multiplication par environ 6 de l'objectif national d'économie. Cette deuxième période voit également apparaître une prise en compte d'axes spécifiques comme la précarité énergétique.

**Actuellement, ce dispositif peut être considéré comme une piste d'ingénierie financière restant très modeste à l'égard des enjeux financiers, mais qui permet progressivement une sensibilisation de l'ensemble des acteurs.**

<sup>(1)</sup> Le bâti résidentiel d'avant 2008 représentera au niveau national 62 % de la surface du parc en 2050, selon l'estimation proposée dans l'étude « Évaluation des mesures du Grenelle de l'environnement sur le parc de logements », Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et Commissariat Général au Développement Durable, novembre 2011, p. 12.



### Le dispositif en place sur la précarité énergétique :

Dans le cadre du Programme « Habiter mieux » de l'Agence Nationale de l'Habitat, le territoire alsacien est entièrement couvert par des Contrats Locaux d'Engagement signés avec les collectivités délégataires des aides à la pierre. Ce dispositif permet à l'ANAH, aux collectivités et à d'autres partenaires de financer des travaux de rénovation énergétique dans les logements occupés par des propriétaires ayant des revenus modestes.

## 2. Tertiaire :

L'essentiel des économies potentielles dans le tertiaire relève du chauffage (41 % des consommations). Toutefois, les consommations dédiées aux postes climatisation/ventilation et aux usages spécifiques présentent également des capacités d'économies.

### 2.1. Bâtiment :

À l'instar du bâti résidentiel, le parc du tertiaire d'activités doit faire l'objet d'économies techniquement et fonctionnellement mobilisables.

L'enjeu de maîtrise de l'énergie dans le bâti se situe ici dans la rénovation de masse du parc existant, mais aussi dans les usages propres aux activités tertiaires (équipements, comportements).

Sur ce dernier point, certaines pistes du secteur industriel peuvent être suivies, avec des possibilités :

- d'améliorations à court terme (énergie thermique et électrique), comme la maintenance, l'amélioration des réglages, de l'isolation et des réseaux de froid
- d'améliorations à long terme, apportées par les modifications de matériels et le changement de technologie

Pour rappel, les gisements appréhendés sont les suivants :

- les commerces et les bureaux, représentant 50 % de la consommation énergétique finale,
- les cafés-hôtels restaurants

Le diagnostic de ce parc à l'échelle d'activités tertiaires-cibles (grandes surfaces, café-hôtel-restaurant) reste à améliorer, afin d'orienter et de préciser les interventions sur ces gisements.

<sup>(2)</sup> Les fluides frigorigènes sont les HFC, l'ammoniac... Les HFC ont un pouvoir de réchauffement global compris entre 140 et 11 700.

<sup>(3)</sup> L'économie de fonctionnalité consiste à faire payer un service ou l'usage d'un bien plutôt que le bien lui-même (cf. table ronde du Grenelle de l'Environnement).

Il s'agit notamment d'en préciser sa structuration et sa localisation, d'en mesurer la surface moyenne des gisements et leurs consommations et émissions moyennes par m<sup>2</sup>, afin d'évaluer leur seuil de réduction nécessaire sur l'étiquette énergétique pour l'atteinte des objectifs Grenelle et Facteur 4. Il s'agit aussi de déterminer le coût moyen d'une rénovation/m<sup>2</sup> pour l'atteinte de ce seuil.

Des éléments et une méthodologie doivent être apportés pour pallier cette méconnaissance.

### 2.2. Procédés et utilitaires

Au regard de son importance parmi les consommations non liées directement au bâtiment, l'électricité spécifique constitue un domaine où un potentiel de réduction de consommation peut être significatif. Sous ce vocable, deux axes majeurs ont été identifiés.

Le froid commercial est à la croisée de deux des enjeux du schéma régional : la maîtrise de l'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre<sup>(2)</sup>. L'amélioration des installations de production de froid commercial dans tout type de commerce pourrait apporter un gain de 8,6 ktep par an.

Cette amélioration passe par une maintenance renforcée (dégivrage, réduction des fuites), une adaptation des matériels (réglages, raccourcissement des circuits, ajouts de rideaux...). La maintenance améliorée, le raccourcissement des circuits et le renouvellement des matériels usagés auront en parallèle un impact sur la réduction des fuites de fluide frigorigène. La maîtrise de la demande énergétique n'a par contre que peu d'impact en terme d'émissions de GES directs, l'énergie consommée étant majoritairement électrique.

L'éclairage des locaux, l'optimisation de sa gestion ainsi que la gestion du parc informatique (veille, matériels économes...) sont une seconde voie. Le gain associé est évalué à 2,8 ktep/an. Les réductions d'émissions de gaz à effet de serre associés sont assez réduites. La mobilisation de cette ressource pourrait pour une meilleure efficacité s'accompagner d'initiatives telle qu'une économie de fonctionnalité<sup>(3)</sup>.

La grande partie des consommations liées à l'électricité spécifique constitue aussi un large potentiel pour les changements de comportement (usage de la bureautique, des veilles, modification de la conception et de l'usage des éclairages et de la réfrigération dans les commerces...)

Le troisième potentiel identifié se situe dans l'éclairage public et l'optimisation de sa gestion. Le gain associé s'élève à 0,1 ktep/an et ne génère, là aussi, que peu de réduction d'émissions de GES directs.

## 3. Industrie :

### Les quotas européens d'émissions de gaz à effet de serre

Le système communautaire d'échanges de quotas d'émissions de gaz à effet de serre s'appuie sur une directive européenne (2003/87CE modifiée). Il a été mis en place en 2005 en France, la deuxième phase prendra fin en 2013.

Le dispositif vise la production d'énergie (chaufferies, raffinerie), la chimie, le secteur du papier, du verre, les cimenteries... par la définition de quotas d'émissions de CO<sub>2</sub> pour chaque installation.

En Alsace, 40 installations sont concernées, soit 4,4 % des installations soumises en France. Elles se sont vues attribuer 2,3 % des quotas français.

En 2000, 17 % des émissions de gaz à effet de serre étaient susceptibles d'être impactés par le dispositif.

En Alsace, le gain en émissions a été de l'ordre de 10 % entre 2006 et 2010. Mais cette diminution est surtout liée au contexte économique des années 2009 et 2010.

Pour la troisième période, les conditions d'octroi des quotas seront plus contraignantes, en particulier sur la base des techniques les plus performantes. Un élargissement du périmètre des activités soumises est envisagé.

### 3.1. Procédés et utilitaires

Pour le secteur industriel, deux types de potentiels de réduction des consommations d'énergie ont été identifiés :

- les améliorations à temps de retour sur investissement rapide (moins de 3 ans). Ces améliorations se chiffrent surtout en gain d'énergie thermique. Elles relèvent d'amélioration d'isolations, de modifications sur le fonctionnement, de meilleurs réglages ou maintenance, de contrôles à mettre en place...
- les améliorations à temps de retour élevé (plus de 10 ans). Ces améliorations ont un impact sur les consommations électrique et thermique. Elles passent, la plupart du temps, par des changements de technologies : modifications notables des installations ou mises en place de nouveaux matériels.

L'amélioration des utilitaires (production de froid, de chaleur, d'air comprimé...) est un gisement de réduction de consommations d'énergie commun à l'ensemble des industries alsaciennes quelque soit leur taille. Ce potentiel est le seul d'importance où la mise en œuvre et l'effet peuvent être rapides.

Il est chiffré à 160 ktep par an sur les actions à retour sur investissements court. Cette amélioration concerne l'ensemble des sources d'énergies.

Pour les effets à plus long terme, deux pistes ont été identifiées :

- les remplacements de moteurs électriques (ventilation, pompage...) et la mise en place de variateurs de vitesse ; cette amélioration concerne uniquement l'énergie électrique. Le gain est chiffré à environ 300 ktep/an
- le remplacement par des matériels plus performants dans la production d'utilités ou le process ; ces améliorations se font sur l'ensemble des énergies et peuvent être valorisées dans le système des quotas CO<sub>2</sub>. Ce potentiel est estimé à 160 ktep/an.

Concernant plus spécifiquement les réductions d'émissions de gaz à effet de serre hors énergétique, deux potentiels sont à explorer :

- les réductions de fuites sur les installations de froid industriel ; sont concernées les émissions de gaz fluorés HFC. La réduction des taux de fuites des installations industrielles pourrait réduire de 30 % les émissions, soit 27 teqCO<sub>2</sub>.
- La diminution des émissions de N<sub>2</sub>O issus des process industriels. Depuis 1990, ces émissions ont considérablement diminuées<sup>(4)</sup>.

Les 2 dernières années ont connu un ralentissement notable des investissements en faveur de l'environnement : en 2009, l'intensité en carbone (ratio des émissions à la production) des PME a cru de 7 % (pour 2,2 % pour l'ensemble des industries). Il importe donc de relancer l'intérêt des entreprises sur ce domaine.

<sup>(4)</sup> Voir chapitre « émissions de GES » page 20



Les investissements des entreprises dans le domaine de la réduction de la consommation énergétique peuvent être incités suivant deux modes :

- une prise de conscience de la consommation énergétique ou du niveau d'émissions de gaz à effet de serre de l'entreprise
- des outils financiers facilitant la réalisation de travaux.

Pour accompagner la prise de conscience et la quantification des gains possibles, différents leviers sont mobilisables. Les entreprises ont à leur disposition diverses méthodes pour appréhender leur consommation énergétique. Des programmes existent (diagnostics énergétiques ADEME, comparateurs de moteurs...), mais aussi, différentes normes ont été créées dans ce but<sup>(5)</sup>. En parallèle, des exigences réglementaires existent pour certaines entreprises : le bilan d'émissions de gaz à effet de serre pour les entreprises de plus de 500 personnes, les bilans pour les installations soumises à la directive IPPC<sup>(6)</sup>.

Si les aides directes aux entreprises pour la réalisation de tels travaux sont actuellement réduites, il existe toutefois deux mécanismes financiers pouvant être mobilisés suivant les cas : les certificats d'économies d'énergie, les quotas d'émissions de gaz à effet de serre.

Un point de vigilance est à noter pour les plus petites entreprises. En effet, les actions à entreprendre ne sont pas soumises à des contraintes réglementaires ou financières et ne sont pas ou peu éligibles à des systèmes d'accompagnement.

### 3.2. Conception de produits

Outre la méthode de production abordée dans le chapitre précédent, la réduction de la consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre de l'industrie peut être traitée lors de la conception même du produit. Chercher à réduire la quantité de matière et d'énergie nécessaire est une autre façon de concevoir permettant en parallèle des gains financiers.

L'écoconception, la recherche d'une réparation ou d'un réemploi plus aisé sont des pistes d'actions à poursuivre même si le gain énergétique ou en GES n'est pas chiffrable à l'heure actuelle.

Un certain nombre de produits sont d'ores et déjà concernés par cette approche<sup>(7)</sup>. Le développement de ces démarches pourrait être encouragé.

## 4. Réseaux

### 4.1. Réseaux électriques

Plusieurs actions pour maîtriser le volume des pertes électriques peuvent être mises en œuvre par les gestionnaires de réseau. On peut citer par exemple :

- l'optimisation du plan de tension à des niveaux élevés ;
- l'adaptation de la topologie du réseau afin de limiter le transit sur les liaisons les plus génératrices de pertes ;
- l'optimisation du placement des consignations d'ouvrages afin de permettre la réalisation des travaux sur les lignes.

L'ensemble de ces actions a ainsi évité 125 GWh de pertes en 2009 en France.

Une réflexion menée ces dernières années par RTE, a permis d'identifier plusieurs autres pistes de réduction des pertes électriques. On peut citer par exemple :

- le remplacement de tronçons de conducteurs responsables des pertes les plus importantes ;
- le remplacement de transformateurs les moins performants ;
- les modifications techniques de lignes aériennes double terre (deux lignes électriques supportées par un même pylône) contribuant à une réduction du volume des pertes.

Malgré ces améliorations techniques, une augmentation significative du niveau des pertes pourrait survenir dans les prochaines années sur le réseau public de transport.

En effet, en cas d'augmentation de la consommation d'électricité, le transport se fera s'il n'y a pas construction de lignes nouvelles, sur les lignes existantes, augmentant mécaniquement les pertes.

<sup>(5)</sup> Norme ISO 50001 sur le système de management de l'énergie, norme ISO 26000 sur la responsabilité sociétale de l'entreprise...

<sup>(6)</sup> Directive 2008/1/CE relative à la prévention et à la réduction intégrée de la pollution.

<sup>(7)</sup> Directive 2005/32/CE établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception

<sup>(8)</sup> Voir définition en annexe II

### 4.2. Réseaux de chaleur

En Alsace, coexistent deux types de réseaux de chaleur :

- les petits réseaux sont, en général, récents et alimentés par de la biomasse. Ces réseaux fonctionnent en eau chaude, ce qui limite les pertes sous réserve que la densité de raccordement soit suffisante.
- Les réseaux de taille plus importante, plus anciens, consomment majoritairement du fioul ou du gaz mais peuvent être raccordés à des usines d'incinération d'ordures ménagères. Ces réseaux amorcent une mutation dans leur source énergétique vers de la biomasse. Ils délivrent une puissance importante et de ce fait sont en eau surchauffée.

La connaissance des réseaux de petite taille est limitée et ne permet pas de déterminer des axes de travail.

Les réseaux de puissance de plus de 3,5 MW voient leur contexte évoluer de façon notable ces dernières années ce qui peut avoir des répercussions sur leurs pertes thermiques. Leur densité thermique<sup>(8)</sup> a fortement évolué du fait des projets de rénovation urbaine. Ceci impacte de fait la rentabilité économique de réseaux et donc les investissements possibles.

Les pertes de réseaux sont estimées en France à 8 %. Certains réseaux alsaciens affichent un niveau de pertes plus bas.

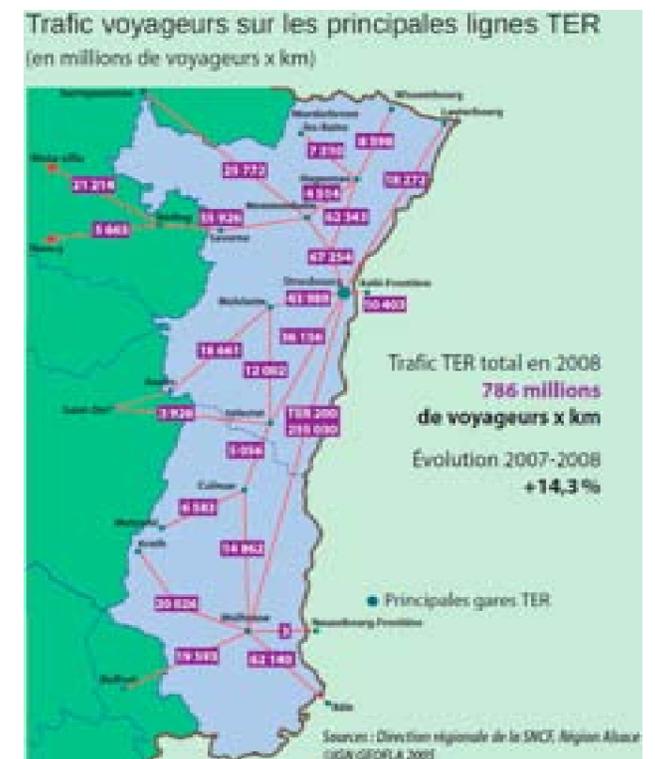
Un certain nombre d'axes de travail pour maîtriser les pertes peuvent être envisagés. On peut citer :

- l'entretien du calorifugeage
- le renouvellement des échangeurs en place.

Le chauffage urbain est par ailleurs souvent associé à un chauffage plus important des logements. Les actions techniques sur le réseau pourraient donc être confortées par de la sensibilisation à un comportement plus sobre et à la mise en place de compteurs individuels lorsque cela n'est pas encore fait.

## 5. Transports

### 5.1. Le TER alsacien



Le réseau TER Alsace est constitué de 13 lignes ferroviaires internes, 6 lignes transfrontalières (vers Bâle, Müllheim/Freiburg, Offenburg, Woerth/Karlsruhe, Neustadt/Mannheim et Saarbrücken), 7 lignes routières et 162 gares et haltes. Le réseau est globalement structuré autour de l'axe Nord-Sud, Strasbourg-Mulhouse-Bâle, sur lequel circulent des TER atteignant la vitesse de 200 km/h (dits "TER 200"), ainsi qu'en étoile autour des principales agglomérations.

La Région commande chaque année plus de 10 millions de kilomètres de train pour un total de 670 trains par jour en semaine. 45 % du matériel TER alsacien est électrique. On comptabilise quotidiennement environ 65000 voyageurs sur les lignes du TER Alsace, soit 82 voyageurs par train (moyenne française à 76). Grâce à l'amélioration des temps de correspondance, et au développement des dessertes, ce dernier a quasiment doublé en l'espace de cinq ans et concerne aujourd'hui près de 10 % des voyageurs régionaux. (source : Site internet Région Alsace, rail et ville avril 2011).



## 5.2. Le réseau routier structurant et son utilisation



Le réseau routier alsacien est organisé autour de trois grands axes permettant l'irrigation et la traversée du territoire :

- L'Axe Nord-Sud : l'A35 relie les trois grandes agglomérations alsaciennes. Plus de 40 000 véhicules empruntent cet axe chaque jour.
- L'A4 assure la liaison avec Metz-Nancy puis Paris et supporte chaque jour un trafic de plus de 20 000 véhicules.
- L'A36 assure la traversée Est-Ouest du territoire alsacien. Elle supporte un trafic proche de 30 000 véhicules par jour.

Mulhouse et Strasbourg présentent les plus grandes concentrations de trafic routier journalier avec 160 000 véhicules/jour sur le réseau strasbourgeois et 90 000 à Mulhouse.

Le taux moyen de remplissage des voitures particulières en Alsace est de 1,3 voyageurs par véhicule ; ce qui souligne la prédominance de l'autosolisme.

L'essentiel du trafic routier de marchandises circulant en Alsace est interne à la région. En 2009, seul 20 % environ des tonnages transportés était en transit, dont la moitié à destination d'autres régions françaises. Les 80 % restant sont répartis à part égale

entre le trafic interne à l'Alsace et l'échange (importation et exportation).

## 5.3. Répartition modale des déplacements

### 5.3.1. Transport de voyageurs

L'enquête ménage déplacement menée dans le Bas-Rhin en 2009 dresse la répartition des déplacements entre les différents modes de transport. Le Bas-Rhin, département de France le plus utilisateur du vélo avec 6 % de part de marché, reste cependant dépendant de la voiture avec 60 % de part modale. Si l'on raisonne en terme de kilomètres parcourus, le constat se dégrade avec 81 % des kilomètres effectués en voiture.

Il n'est à l'heure actuelle pas possible d'atteindre le même niveau de détail sur le Haut-Rhin. Cependant, le même constat est à faire sur la prédominance de la voiture.

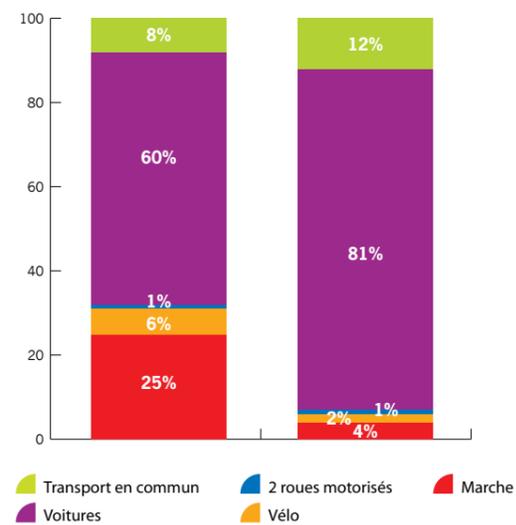


Illustration 1 : répartition modale des déplacements dans le Bas Rhin. Source : Adeus : EMD Strasbourg 2009

### 5.3.2. Transport de marchandises

Est présentée ici la répartition modale du transport de marchandises interne à la région ou ayant l'Alsace comme point de départ ou de destination (à l'exclusion du transport international). Depuis 2007, les données relatives au transport ferroviaire de marchandises ne sont plus disponibles. Pour cette raison, sont présentées ci-dessous la répartition modale du transport de marchandises entre routier, fluvial et ferroviaire en 2006 et la répartition entre routier et fluvial en 2009 (hors fret ferroviaire) en nombre de tonnes transportées.

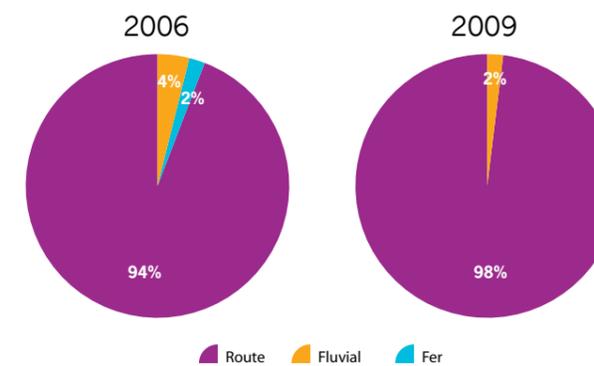


Illustration 2 : répartition modale : fret 2006 – 2009. Source : MEDDTL, CGDD, SOeS-Base SITRAM

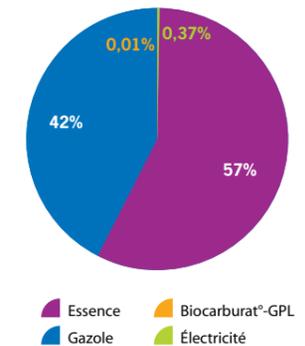
La domination du mode routier est encore plus marquante pour le transport national de marchandises que pour le transport de voyageurs. Hors fret ferroviaire, la part de marché de la route en pourcentage des tonnes de marchandises nationales transportées atteint 98 % en 2009.

## 5.4. Parc roulant voitures et poids lourds en Alsace

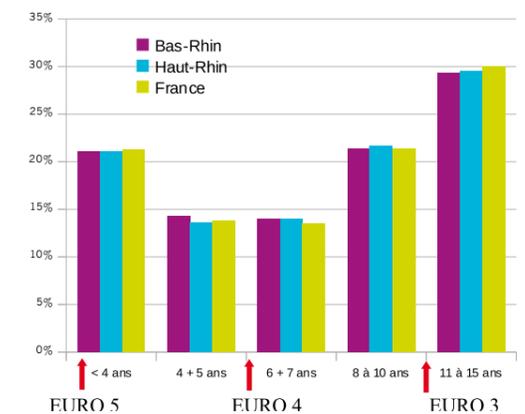
### 5.4.1. Parc « Voitures Particulières » alsacien

(source : MEDDTL-SOeS/1er janvier 2010)

La composition du parc de voitures particulières en Alsace ne présente pas de particularité par rapport à la moyenne française.



Les véhicules récents et les très anciens (plus de 11 ans) sont les plus représentés avec 30 % du parc antérieur à la mise en place de la norme EURO 3 d'un côté et plus de 20 % datant de moins de 4 ans au 1<sup>er</sup> janvier 2010.



Le parc alsacien est majoritairement composé de motorisation diesel (57 %). La part des véhicules à motorisation alternative au pétrole est encore extrêmement faible (0,37 % bicarburant GPL, 0,01 % électrique).



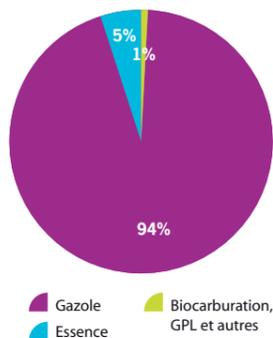
#### 5.4.2. Parc « Poids Lourds » au 1<sup>er</sup> janvier 2010

(source: MEDDTL/S0eS)

Le Parc de véhicules routiers alsacien dédié au transport de marchandises est majoritairement constitué de camionnettes destinées au transport interne, à l'irrigation des centres et à l'activité des entreprises et artisans locaux.

	Camions, Camionnettes			Tracteurs routiers	Véhicules automoteurs spécialisés	Total
	Camionnettes	Camions	Total			
<b>Bas-Rhin</b>	74887	5321	80208	3306	4245	87759
<b>Haut-Rhin</b>	49905	3168	53073	2694	3187	58954
<b>Alsace</b>	124792	8489	133281	6000	7432	146713

Concernant le type de carburant, la quasi-totalité des camions, tracteurs routiers et véhicules automoteurs sont à motorisation diesel. Les camionnettes le sont majoritairement mais on notera toutefois 5 % de camionnettes essence.



#### 5.5. Les Transports collectifs urbains en Alsace

Les réseaux de transports en commun des deux plus grandes villes alsaciennes (Strasbourg, Mulhouse), sont structurés autour de leurs lignes de tramway qui assurent respectivement 63 % et 55 % des déplacements des usagers.

	Données 2009	Nombre de lignes	Longueur des lignes en km	Parc de véhicules	Km parcourus en milliers	Voyages/habitant	voyages tram/total voyages
<b>Haguenau**</b>	Bus	11	114	18	732	32	///
<b>Strasbourg</b>	Bus	34	321	256	17270	205	63 %
	Tramway	5	54	94			
<b>Obernai**</b>	Bus	1	10	4	149	6,3	///
<b>Sélestat</b>	Bus	5	15	8	485	6,7	///
<b>Colmar</b>	Bus	16	194	41	1880	65,4	///
<b>Mulhouse</b>	Bus	22	202	125	5510	103	55 %
	Tramway	2	12	22			
<b>Saint-Louis</b>	Bus	12	105	27	955	30	///

\*\* chiffres 2008

#### 5.5.1 Parc autobus & autocar au 1<sup>er</sup> janvier 2010

(source: MEDDTL/S0eS)

La taille des véhicules utilisés pour le transport collectif routier est majoritairement représentée par les 30-59 places en milieu urbain. Pour le transport interurbain, le nombre de véhicules de 30-59 places et de plus de 60 places est sensiblement identique.

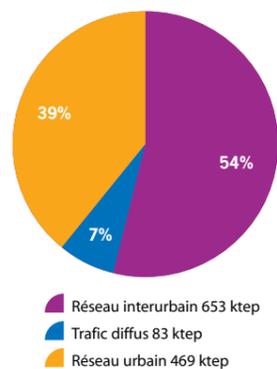
Le type de motorisation des autobus utilisés par les réseaux de TC urbains des trois grandes agglomérations alsaciennes diffèrent sensiblement. La CTS (Strasbourg) exploite environ autant de véhicules diesel que de véhicules au gaz naturel de ville. Elle possède également un véhicule hybride électrique/diesel. Soléa (Mulhouse) n'exploite que des véhicules diesel. Enfin, la quasi-totalité de la flotte de Trace (Colmar) roule au GNV.

Places	Autobus			Autocars			Total
	10-29	30-59	60	10-29	30-59	60	
<b>Bas-Rhin</b>	73	295	5	164	456	502	1495
<b>Haut-Rhin</b>	66	104	5	77	270	332	854
<b>Alsace</b>	139	399	10	241	726	834	2349

	Diesel			GNV		Hybride		Total
	standard	articulé	Petit gabarit	standard	articulé	standard	articulé	
<b>CTS (31/12/2008)</b>	76	67		96	13		1	253
<b>Soléa (01/10/2010)</b>	43	88						131
<b>Trace</b>	5	1	3	30	1			40



39 % des consommations de transports en commun ont lieu sur le réseau urbain. De ce fait, il existe un fort potentiel de report vers les modes moins consommateurs



Plusieurs pistes d'actions pour limiter la consommation du secteur du transport peuvent être envisagées :

- des actions sur le matériel roulant pour une meilleure efficacité énergétique,
- un développement du report modal de la route vers les transports collectifs, les modes doux
- un développement des réseaux de transports collectifs urbains, le TER...
- une facilitation de l'inter-modalité : systèmes d'informations, billettique...
- une rationalisation de l'usage de la route (conduite éco-responsable).

## 6. Agriculture

Comme pour les entreprises, la maîtrise de la consommation de l'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'agriculture supposent l'action sur trois leviers :

- le matériel,
- les modifications de procédés,
- une transformation de l'offre.

Même si l'agriculture ne pèse pas de façon importante sur la consommation énergétique de l'Alsace, son impact en terme d'émissions de gaz à effet de serre est notable et justifie l'appréhension de certaines actions.

L'amélioration du matériel relève de deux types d'actions. Les premières actions possibles sans investissement massif et donc rapidement mobilisable sont une amélioration des réglages des outils de production. Les moteurs des tracteurs sont concernés. Les secondes actions sont à plus long terme puisqu'elles relèvent d'une modernisation des outils de production par une meilleure isolation des serres et des bâtiments d'élevages (entre 20 et 40 % d'économies d'énergies) ou par des mises en place de récupération d'énergie dans des salles de traite.

La modification des techniques de production pourrait avoir des impacts importants en terme d'émissions de gaz à effet de serre et dans une moindre mesure de consommation d'énergie. Cette modification passera par un développement des pratiques sobres dans les techniques de production (travail du sol, utilisation d'intrants, alimentation des animaux).

Une réflexion sur la transformation de certaines exploitations agricoles alsaciennes pourrait être par ailleurs amorcée. Les circuits courts par exemple permettent en effet de réduire les consommations énergétiques associées à la production agricole.

## 7. Sensibilisation et formation

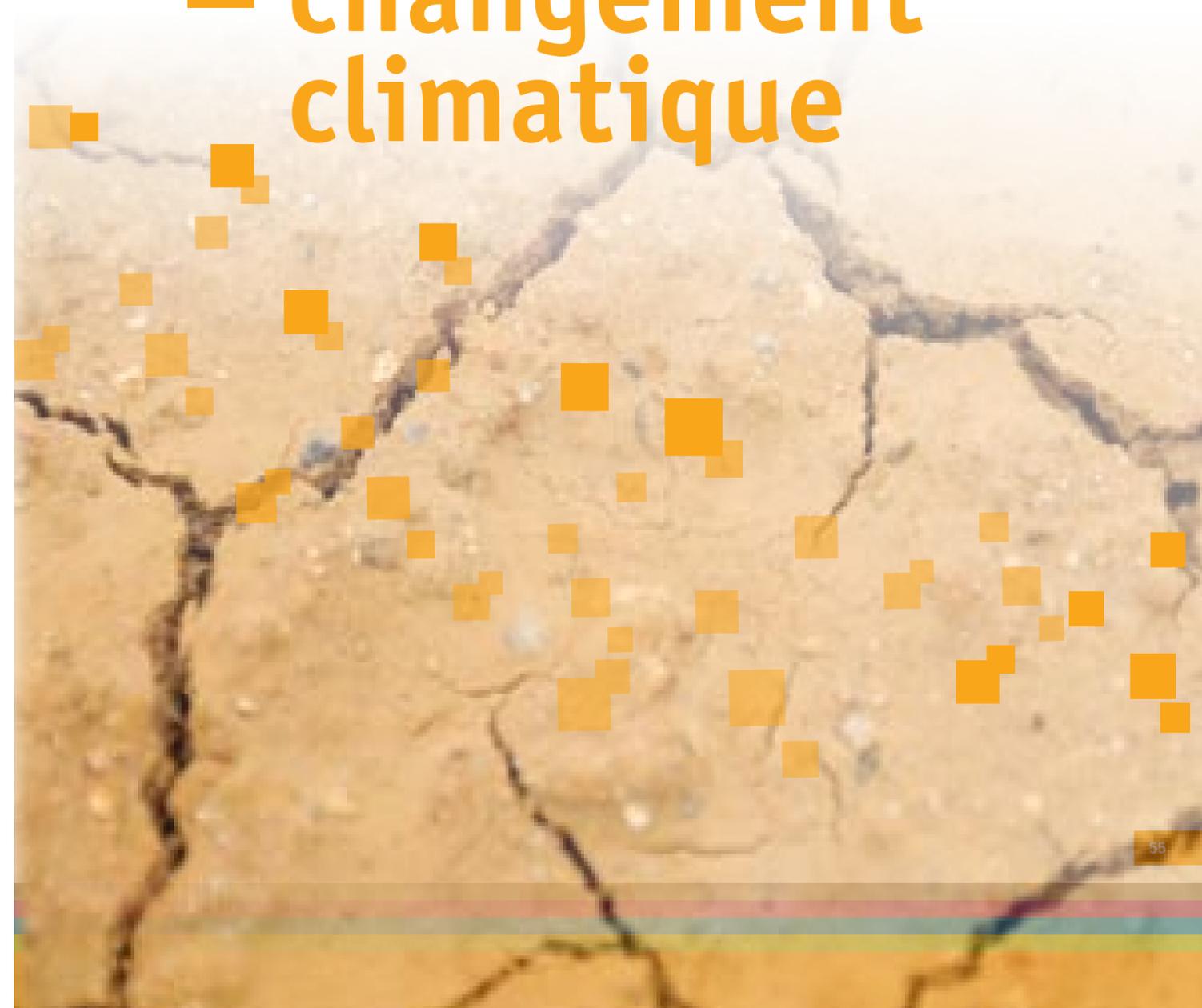
L'ensemble des actions envisagées dans les chapitres précédents ne peuvent être efficaces qu'accompagnées d'un comportement adapté de l'utilisateur. Ainsi, l'apport à la réduction de consommation d'énergie ou d'émissions de gaz à effet de serre de ce chapitre ne peut être aisément quantifié.

Trois axes sont identifiés :

- Favoriser le passage à l'acte. Cet axe ne vise pas seulement le grand public mais concerne l'ensemble des publics alsaciens. De nouveaux critères d'achat (priorité aux circuits courts, matériaux performants énergétiquement, critères d'achats publics) concernent autant l'achat public qu'individuel.
- Accompagner le changement. Dans cet axe, il faut regrouper deux objectifs distincts qui sont la recherche de la meilleure efficacité des matériels performants installés et la recherche de l'adhésion à une nouvelle forme de territoire. Cet axe vise les installateurs au même titre que les utilisateurs.
- Limiter les effets rebonds.



# ■ Adaptation au ■ changement ■ climatique





## Méthodologie

Dans le cadre des travaux du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie, l'adaptation aux changements climatiques a été pour la première fois traitée de manière intégrée à l'échelle de la région. Un état des lieux global des connaissances existantes concernant les enjeux locaux a donc été constitué.

Les travaux se sont appuyés sur le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique en mettant en regard les thématiques abordées au niveau national et les enjeux locaux à des fins de déclinaison territoriale des objectifs d'adaptation déterminés.

La Délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire et à l'Attractivité Régionale (DATAR) ayant commandé auprès de Météo-France une série de modélisations de paramètres météorologiques, ceux-ci ont pu être utilisés pour étayer les constats et les hypothèses prises dans les études locales.

Au final, devant la grande quantité d'informations recueillies et la diversité des formats disponibles, il a été choisi de présenter le résultat des travaux au travers de neuf thèmes: Tourisme, Ressource en Eau, Forêt, Agriculture et Viticulture, Santé, Biodiversité, Risques Naturels, Urbanisme et Gouvernance. Il est à noter que de nombreuses problématiques sont transverses à tous les domaines par nature, certains sujets qui auraient pu figurer dans plusieurs des thèmes retenus, ont dès lors, été développés spécifiquement dans un seul thème pour éviter de trop nombreuses redondances.

Une analyse globale de la vulnérabilité de la région Alsace aux impacts du changement climatique a ainsi été réalisée. Elle précise les territoires sur lesquels les impacts auront les effets les plus importants. La vulnérabilité de l'Alsace aux changements climatiques semble se concentrer aujourd'hui sur deux thématiques principales que sont la protection des activités humaines d'une part et la santé d'autre part.

Il est cependant important de signaler que le travail présenté par la suite résulte d'une compilation de données existantes dont les hypothèses de base n'ont pu être systématiquement vérifiées et dont quelques lacunes n'ont pu être levées (la totalité des analyses thématiques réalisées se trouvent dans les cahiers techniques). Ce travail devra donc être régulièrement mis à jour en tenant compte des constats et hypothèses de simulation des évolutions climatiques ainsi qu'en intégrant l'apport des observatoires en place ou à mettre en place pour surveiller des paramètres les plus pertinents à l'échelle territoriale.

## Généralités sur le changement climatique, observations et projections

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, comme le prouvent les hausses des températures moyennes mondiales de l'air et de l'océan, la fonte largement répandue de la neige et de la glace et la montée du niveau moyen mondial de la mer. Ce constat admis par la communauté scientifique est tiré des conclusions du quatrième rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat). Le rapport, publié en 2007, précise qu'onze des douze dernières années de la période 1995-2006 figurent parmi les douze années les plus chaudes de l'enregistrement des températures de surface mondiales (depuis 1850).

La tendance moyenne sur cent ans (1906-2005) est de l'ordre de 0,74 °C, avec une fourchette comprise entre 0,56 et 0,92 °C.

Le GIEC a été mis en place en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Sa mission est "d'évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés aux changements climatiques d'origines humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ces changements et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation".

Météo-France a directement contribué au quatrième Rapport du GIEC dans des domaines particuliers tels que l'étude de la variabilité du climat (moussons, cycle hydrologique...), les scénarios de changement climatique aux échelles globales et régionales ou encore les impacts du changement climatique sur l'enneigement et l'hydrologie.

La résolution des modèles climatiques globaux est de l'ordre de 200 à 300 km. La grille d'ARPEGE-Climat, le modèle de Météo-France, a la capacité d'être étirée pour augmenter la résolution dans une zone d'intérêt. ARPEGE-Climat offre ainsi une résolution horizontale d'environ 50 km sur la France, et permet de répondre à la forte demande en terme de climat local.

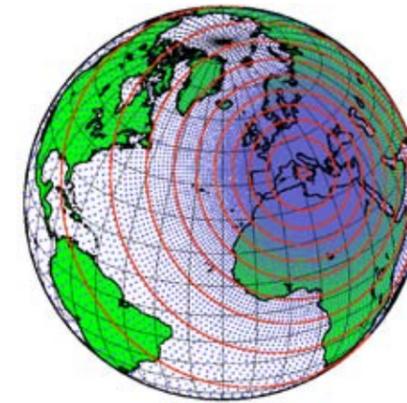


Illustration I: Grille étirée du modèle ARPEGE-Climat offrant une résolution de 50 km sur la France

Dans cette configuration, le modèle est forcé par un jeu de données de la température de surface de la mer, issues de simulations couplées à résolution de 300 km. Ses résultats ont été validés et utilisés dans de nombreuses études.

### 1. L'évolution climatique observée

Les graphes des illustrations II et III montrent l'évolution, au cours du XX<sup>e</sup> siècle, de la température moyenne sur le globe et sur la France et présentent les écarts à la moyenne calculée.

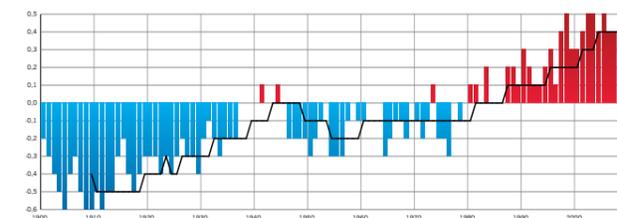


Illustration II: Évolution de la température moyenne mondiale

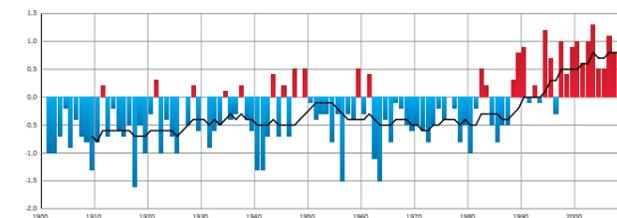


Illustration III: Évolution de la température moyenne en France

L'amplitude des variations de température mesurées durant le XX<sup>e</sup> siècle est plus importante dans l'hémisphère nord (et notamment en France) que sur l'ensemble du globe. Elle s'explique par un réchauffement plus important sur terre que sur mer.

Météo-France a développé des méthodes de constitution de séries de référence permettant de détecter et de caractériser le changement climatique en France à partir de données observées.

L'évolution des températures est calculée sur 70 séries de référence réparties sur le territoire. La France s'est réchauffée d'environ 1 °C au cours du siècle dernier.

L'illustration IV présente les particularités régionales de l'augmentation de la température moyenne et montre un réchauffement plus important dans le sud-ouest de la France.

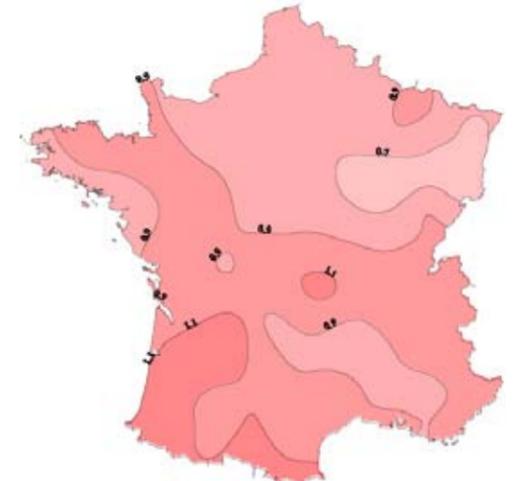


Illustration IV: Évolution de la température moyenne cartographiée sur la France



Si l'on s'intéresse aux températures extrêmes quotidiennes, on observe de façon générale une plus forte augmentation de la température minimale que de la température maximale au cours du XX<sup>e</sup> siècle. L'évolution des deux paramètres est cartographiée dans l'illustration V.

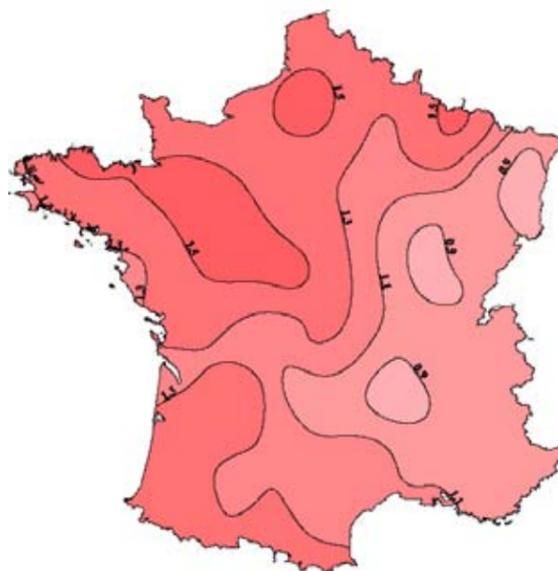
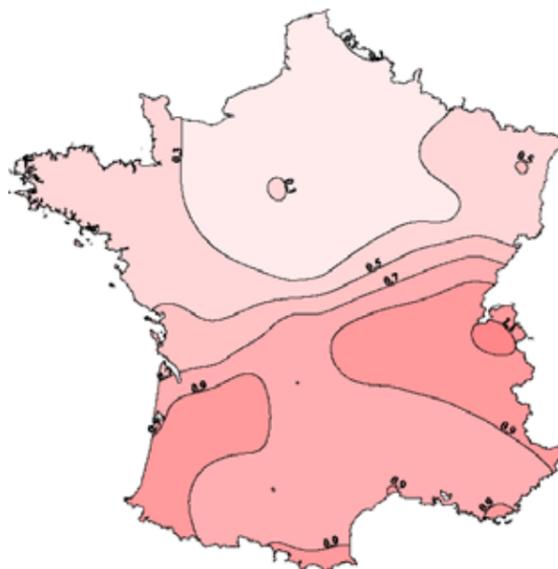


Illustration V: Évolution des températures minimale (en haut) et maximale (en bas) sur la France



Globalement, l'augmentation des températures minimales est plus marquée à l'ouest qu'à l'est, celle des températures maximales est plus forte dans le sud que dans le nord de la France.

Les longues séries observées disponibles sur quelques stations d'Alsace permettent d'appréhender le réchauffement sur la région. L'illustration VI s'intéresse au nombre annuel de jours avec une température maximale supérieure à 25 °C, et l'illustration VII au nombre de jours de gel aux stations de Strasbourg-Entzheim et de Bâle-Mulhouse.

La droite de régression apparaît en pointillés sur les graphes. La courbe en trait plein est une moyenne glissante sur les 30 ans précédant l'année considérée (exemple: la valeur de 2005 représente la moyenne sur 1976-2005).

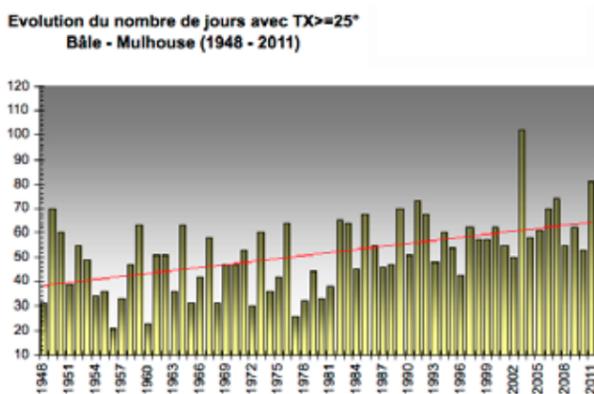
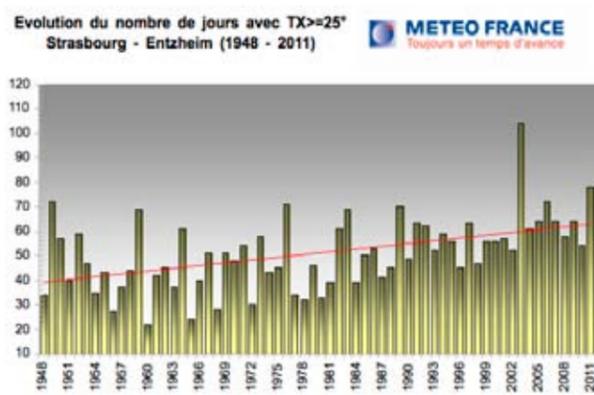


Illustration VI: Évolution du nombre de jours où la température maximale est supérieure à 25 °C aux stations de Strasbourg-Entzheim et de Bâle-Mulhouse

La hausse du nombre de jours annuel où la température dépasse 25 °C est très nette aux deux stations. En 60 ans, cet indicateur a augmenté de 15 à 20 jours.

À l'inverse, le nombre de jours de gel est en net recul que ce soit à Strasbourg-Entzheim ou à Bâle-Mulhouse. Depuis 60 ans, on compte 15 à 20 jours de gel en moins sur une année (illustration VII).

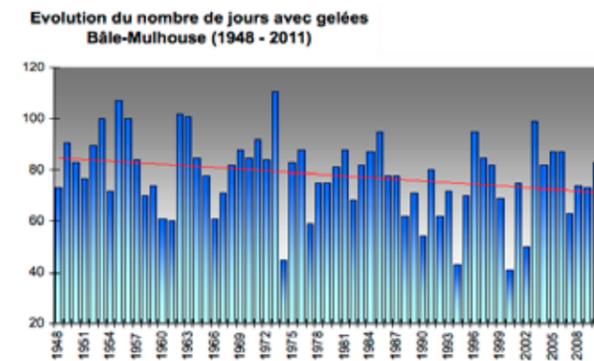
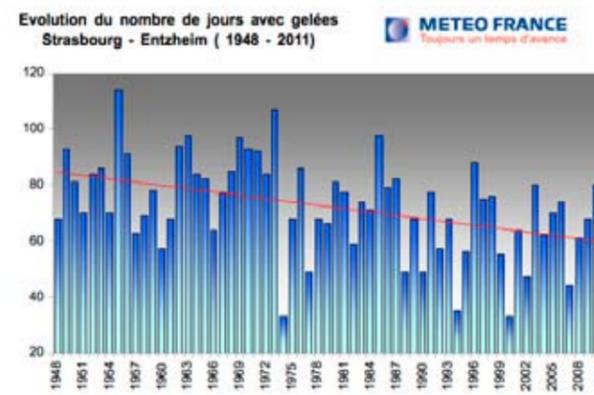


Illustration VII: Évolution du nombre de jours de gel aux stations de Strasbourg-Entzheim et de Bâle-Mulhouse

En termes de précipitations, la tendance sur les 60 dernières années est moins nette. Les graphes de l'illustration 8 présentent l'évolution du cumul de précipitations annuel pour les deux stations alsaciennes. La droite de régression révèle toutefois une légère augmentation du cumul annuel quelle que soit la station.

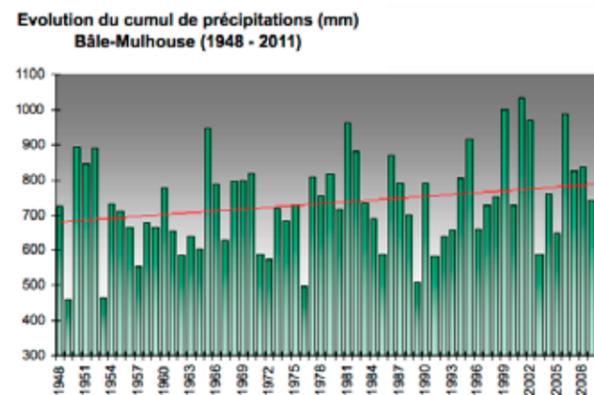
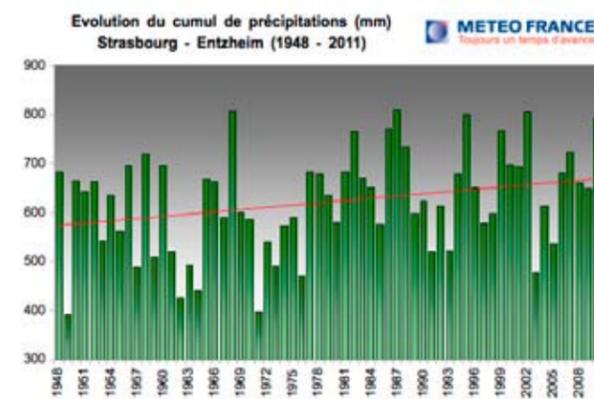
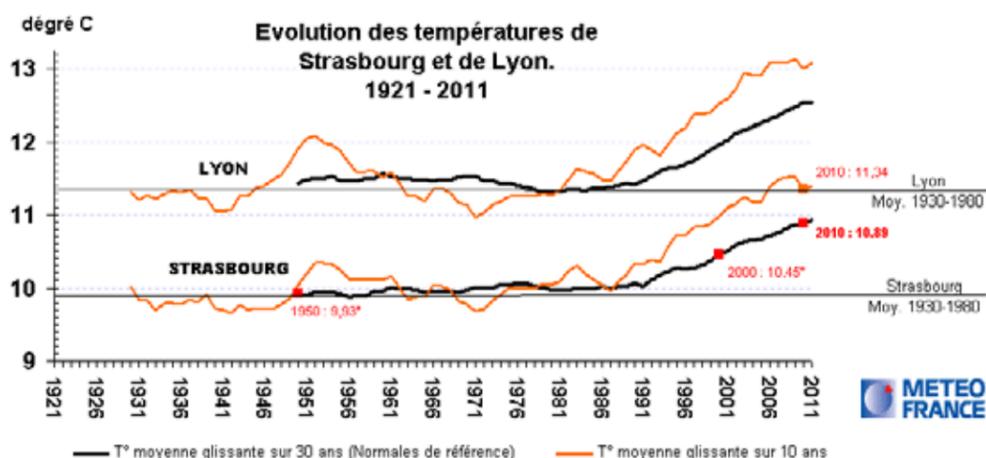


Illustration VIII: Évolution du cumul de précipitations annuel aux stations de Strasbourg-Entzheim et de Bâle-Mulhouse

Comparé à l'amplitude thermique d'une journée (différence entre température maximale et minimale), un degré semble insignifiant. Pour la température moyenne de l'année, un degré représente énormément. La comparaison de l'évolution de ce paramètre à Strasbourg et à Lyon depuis 1921 permet d'en prendre mesure.



Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, la température moyenne sur 10 ans à Strasbourg se situe à un niveau comparable à celle de Lyon au milieu du XX<sup>e</sup> siècle.

Concernant les phénomènes extrêmes (vent, précipitations...), peu d'études sur leur évolution au cours du XX<sup>e</sup> siècle ont été menées au niveau régional.

L'illustration X présente sur la France l'évolution du nombre de tempêtes entre 1950 et 1999. Le graphe montre une légère diminution des tempêtes, cependant cette tendance peu marquée n'est pas significative et s'explique principalement par la variabilité interannuelle. L'illustration XI présente le nombre d'épisodes de pluies diluviennes sur le Sud-Est de la France entre 1958 et 2003. Le graphe ne montre pas d'évolution significative.

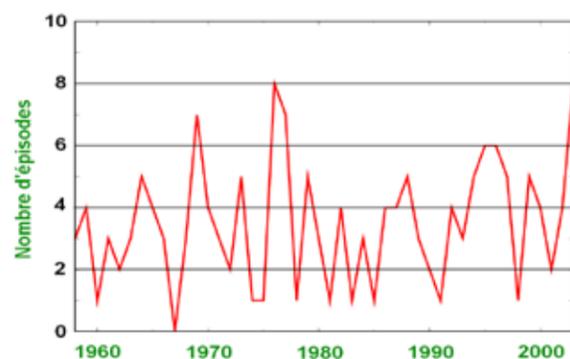


Illustration XI: Évolution du nombre d'épisodes de pluies diluviennes sur le sud-est de la France

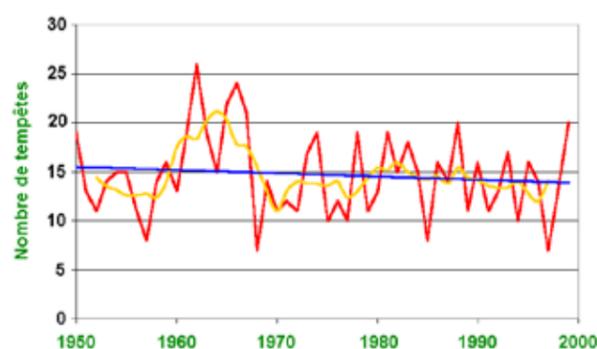


Illustration X: Évolution du nombre de tempêtes en France durant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle

## 2. Les principes généraux de la modélisation du climat

L'idée de base, dans l'étude du climat, est que la température moyenne du globe est fixée par l'équilibre entre l'énergie qu'il reçoit et celle qu'il réémet vers l'espace. Si ce bilan est modifié, c'est-à-dire, si des W/m<sup>2</sup> (watts par mètre carré) en plus ou en moins sont appliqués au système Terre, alors la température du globe s'ajuste pour que la Terre retourne à l'équilibre radiatif. Le rayonnement émis par la Terre, comme par tout corps, est en effet fonction de sa température.

Plusieurs facteurs ont une incidence sur la température à la surface de la Terre. Certains sont d'origine naturelle: les variations orbitales terrestres, les cycles solaires, l'activité volcanique. Elles ne suffisent cependant pas à expliquer le réchauffement observé.

L'effet de serre est la capacité de certains gaz de l'atmosphère (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote, ozone, gaz

fluorés, vapeur d'eau...) à absorber et à émettre du rayonnement dans l'infrarouge. Le rayonnement réémis vers la Terre contribue, d'après les lois de la physique à réchauffer sa surface. Les gaz à effet de serre sont d'origine naturelle et anthropique mais leurs concentrations dans l'atmosphère ont fortement augmenté sous l'action de l'homme depuis le début de l'ère industrielle.

Les scientifiques simulent le comportement du système terrestre à l'aide de modèles climatiques fonctionnant sur d'énormes calculateurs. C'est le seul moyen dont ils disposent pour comprendre et reproduire la complexité du système terrestre et les multiples interactions entre ses composantes: l'atmosphère, l'océan, les glaces, les sols et la végétation.

Les illustrations XII, XIII et XIV montrent les simulations de plusieurs modèles prenant en compte respectivement les forçages naturels, les forçages anthropiques, ou leur ensemble.

Quand on simule l'effet des seuls facteurs naturels, on obtient une évolution de la température moyenne du globe (en gris) qui n'explique pas le réchauffement observé (en rouge) (illustration XII).

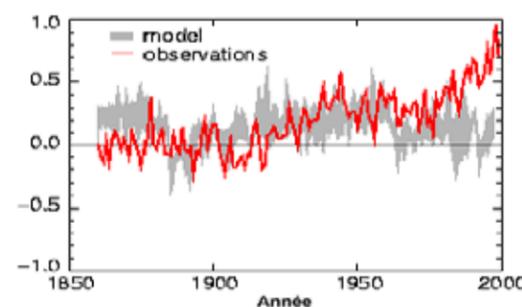


Illustration XII: Évolution de la température moyenne observée (en rouge) et simulée par un ensemble de modèles en prenant uniquement en compte les forçages naturels (en gris)

En revanche, quand on injecte dans la simulation les gaz à effet de serre émis par les activités humaines, la courbe de température reflète le réchauffement récent (illustration XIII).

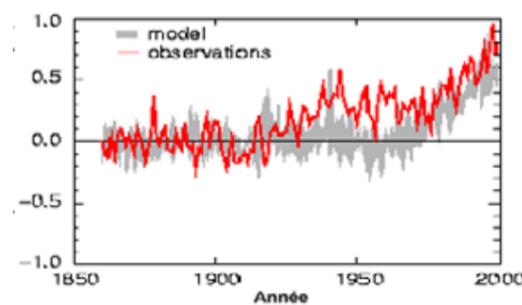


Illustration XIII: Évolution de la température moyenne observée (en rouge) et simulée par un ensemble de modèles en prenant uniquement en compte les forçages d'origine anthropique (en gris)

Enfin, quand la simulation prend en compte l'ensemble des facteurs, naturels et anthropiques, elle parvient à reconstituer très correctement l'évolution observée depuis 1850 (illustration XIV).

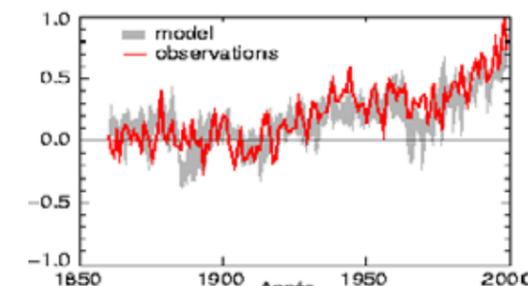


Illustration XIV: Évolution de la température moyenne observée (en rouge) et simulée par un ensemble de modèles en prenant en compte l'ensemble des forçages naturels et anthropiques (en gris)

Pour répondre aux questions posées par le changement climatique et ses impacts, le GIEC utilise les modèles du système climatique et des études économiques et démographiques. Ils composent, non pas des prévisions, irréalisables à l'échelle de plusieurs décennies, mais des scénarios d'évolution du climat, supposés couvrir un large éventail d'évolutions possibles.

Le principe est de faire diverses hypothèses sur le développement économique futur et ses conséquences sur l'environnement. Ces scénarios prennent en compte l'évolution de la population, de l'économie, du développement industriel et agricole afin de fournir des scénarios d'évolution des gaz à effet de serre et des aérosols qui sont introduits comme forçage dans les simulations.

Les scénarios A tablent sur une forte croissance économique, les scénarios B privilégient l'environnement. Les scénarios 1 supposent des échanges mondiaux importants, les scénarios 2 mettent l'accent sur les aspects régionaux (illustration XV).

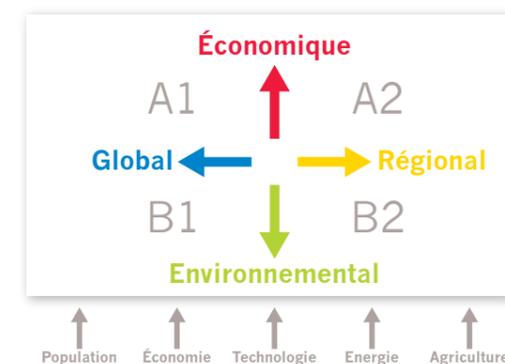


Illustration XV: Présentation schématique des scénarios socio-économiques recommandés par le GIEC



La famille de scénarios A1, qui décrit un monde futur dans lequel la croissance économique sera très rapide, se scinde en trois groupes qui décrivent des directions possibles de l'évolution technologique dans le système énergétique :

- Forte intensité de combustibles fossiles (A1FI)
- Sources d'énergie autres que fossiles (A1T)
- Équilibre entre les sources (A1B) (« équilibre » signifiant que l'on ne s'appuie pas excessivement sur une source d'énergie particulière)

Les scénarios préférentiellement étudiés par Météo-France sont B1, A1B et A2, qualifiés respectivement de scénarios optimistes, médian et pessimiste.

La concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère varie en fonction des scénarios, et de manière plus sensible à partir de 2020-2030. Lorsqu'on simule l'évolution climatique, il est fortement conseillé d'utiliser plusieurs scénarios pour prendre en compte les incertitudes sur l'évolution de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre.

Un exercice de simulation du climat futur, coordonné au niveau international, a été réalisé dans le cadre de la préparation du 4<sup>e</sup> rapport du GIEC. 21 groupes issus de 12 pays et mettant en œuvre 23 modèles différents, ont simulé le climat du XX<sup>e</sup> et du XXI<sup>e</sup> siècle suivant les scénarios recommandés par le GIEC.

Les résultats obtenus pour le paramètre température moyenne sont présentés dans l'illustration XVI.

Outre les scénarios déjà présentés, un scénario de stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre à partir de 2000, a également été considéré. La simulation correspondante apparaît en orange sur le graphe.

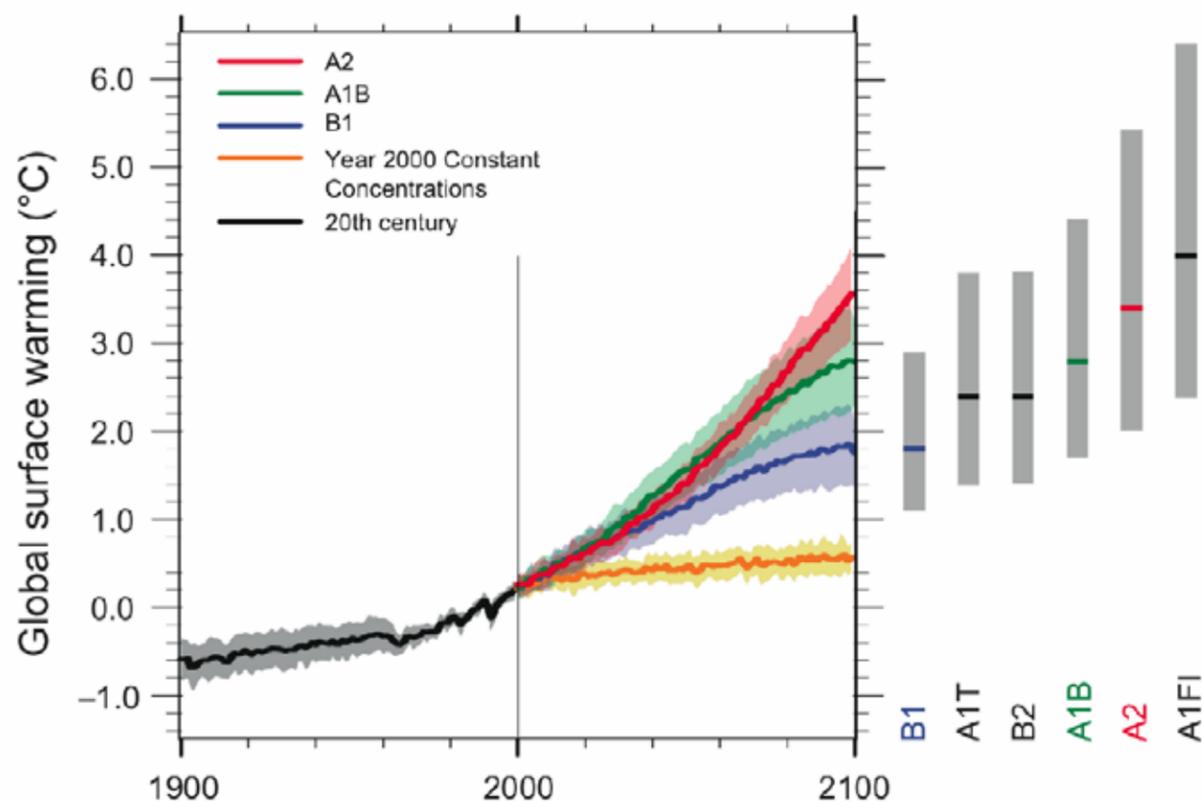


Illustration XVI: Évolution de la température moyenne par rapport à la moyenne calculée sur la période 1980-1999 pour différents scénarios socio-économiques (simulations réalisées par les 23 modèles retenus par le GIEC).

Chaque courbe représente pour le scénario étudié, l'évolution de la température moyenne en comparaison à la période 1980-1999, moyennée sur l'ensemble des 23 modèles globaux. La dispersion des modèles autour de cette moyenne apparaît dans la même teinte.

Le graphique présente ainsi les incertitudes liées aux modèles et aux scénarios d'émissions, toutes deux indispensables à prendre en compte dans l'analyse d'une projection climatique.

Les travaux réalisés en considérant l'ensemble des scénarios socio-économiques recommandés par le GIEC prévoient une augmentation de température moyenne terrestre allant de 1,1 à 6,4 °C d'ici 2100.

Les scénarios de stabilisation indiquent que le système climatique continuerait à se réchauffer de 0,5 à 0,7 °C entre 2100 et 2300, ce qui souligne l'inertie du système.

Les résultats des simulations des modèles climatiques globaux retenus par le GIEC, permettent de dégager quelques tendances climatiques sur l'Europe et la France.

### 3. Le climat futur

En exploitant d'une part les simulations du modèle ARPEGE-Climat à la résolution de 50 km sur la France, et d'autre part la climatologie de la période de référence établie à la résolution de 1 km, il est possible de cartographier un indicateur climatique sur la région Alsace à divers horizons du XXI<sup>e</sup> siècle.

L'étude des horizons 2030, 2050 et 2080 correspond à l'étude des paramètres simulés, moyennés sur des périodes de 30 ans centrées sur les années 2030, 2050 et 2080 (soit 2016-2045, 2036-2065 et 2066-2095). Ces périodes de 30 ans glissantes sont tout à fait adaptées à la description du climat selon les normes de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

Les projections climatiques prévoient en Alsace pour les décennies à venir une hausse des températures moyennes et du nombre de jours où la température dépasse 25 °C, ainsi qu'une diminution du nombre de jours de gel.

L'illustration XVII montre l'indicateur température moyenne sur la période de référence 1971-2000 et aux divers horizons étudiés.

#### Température moyenne période de référence 1971-2000

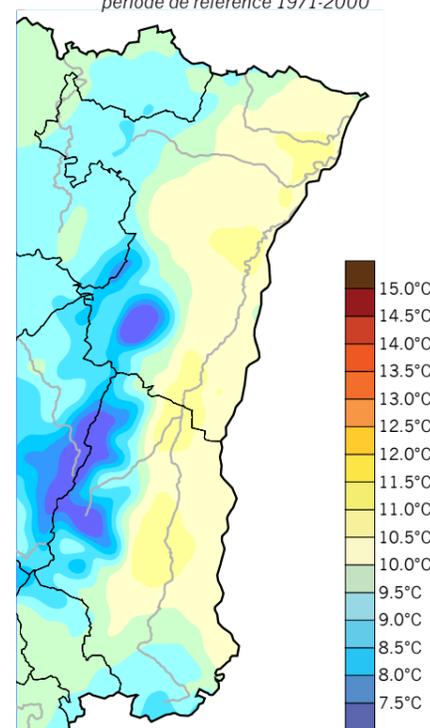
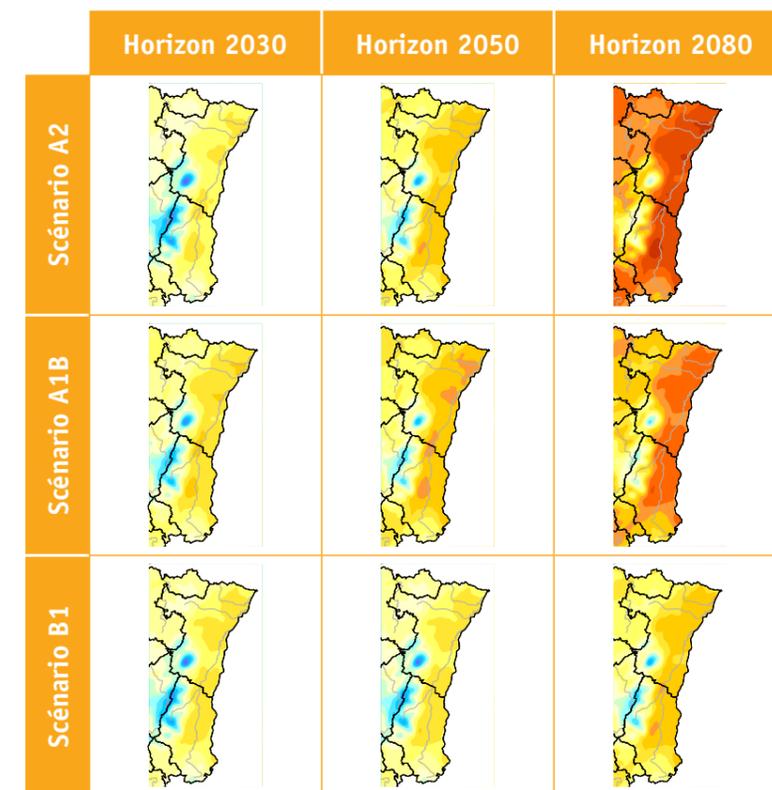


Illustration XVII: Température moyenne sur la période de référence 1971-2000 en Alsace et projections de cet indicateur climatique à différents horizons du XXI<sup>e</sup> siècle pour les scénarios A2, A1B et B1





Les moyennes établies sur la période de référence 1971-2000 donnent une température moyenne annuelle de l'ordre de 10 à 11 °C en plaine d'Alsace. Sur la majeure partie des reliefs, elle varie entre 7 et 9 °C mais est inférieure à 7 °C sur les sommets.

À l'horizon 2030, l'augmentation est de l'ordre de 1 °C par rapport à la période de référence. On note peu de différences suivant le scénario socio-économique étudié.

Son incidence est déjà plus nette sur les projections à l'horizon 2050. La hausse de la température moyenne se situe entre 1 et 2 °C suivant le scénario socio-économique suivi.

À l'horizon 2080, l'augmentation de la température moyenne est encore plus marquée. Dans le scénario B1 dit optimiste, elle est de l'ordre de 1 à 2 °C suivant les régions. Elle oscille entre 2 et 3 °C dans le scénario A1B. Dans le scénario A2 le plus pessimiste, le réchauffement se situe entre 3,5 et 4 °C.

Il reste difficile de se représenter les conséquences d'une augmentation de la température moyenne annuelle de plus de 1 °C sur une région.

Afin d'appréhender les changements qu'une telle hausse peut impliquer à Strasbourg, la température moyenne annuelle de la ville est comparée à celles de plusieurs villes françaises dans le tableau 1. La différence de température moyenne entre Strasbourg et Lyon est actuellement de 1,5 °C. D'après les projections climatiques, les températures de Strasbourg seraient alors en moyenne équivalentes, dès l'horizon 2050, aux températures actuelles de Lyon.

À Montélimar la température moyenne annuelle dépasse celle de Strasbourg de 2,9 °C. Cette valeur est de l'ordre de la hausse de température simulée à l'horizon 2080 pour le scénario intermédiaire A1B.

L'écart de température moyen entre les villes de Marseille et Strasbourg, égal à 4,7 °C, interpelle encore sur les conséquences du changement climatique dans le futur. Dans le scénario A2, à l'horizon 2080, la hausse de températures peut atteindre 4 °C.

	Climat en 2000 (moyenne 1971-2000)	Différence avec Strasbourg
<b>Strasbourg</b>	10,4 °C	---
<b>Dijon</b>	10,7 °C	0,3 °C
<b>Lyon</b>	11,9 °C	1,5 °C
<b>Montélimar</b>	13,3 °C	2,9 °C
<b>Marseille</b>	15,1 °C	4,7 °C

Tableau 1 : Comparaison de la température moyenne annuelle de Strasbourg avec celles d'autres villes françaises

Ainsi, on s'attend à des étés plus chauds et plus secs dans le futur. À cette saison, le réchauffement sera probablement plus fort au sud qu'au nord de la France. En hiver, les projections donnent un réchauffement plus fort au nord-est de la France.

Concernant les précipitations, les tendances sur l'Alsace sont beaucoup moins marquées que pour les températures. Les projections donnent une légère diminution des précipitations annuelles aux différents horizons du XXI<sup>e</sup> siècle.

Les simulations climatiques montrent deux types de réponse en termes de précipitations annuelles sur l'Europe: augmentation au nord et diminution au sud. Il est ainsi probable d'observer, au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, une diminution des précipitations annuelles dans le sud de la France, la tendance est plus incertaine sur le nord.

L'évolution est différente selon la latitude, mais également selon la saison: en été, les précipitations devraient diminuer sur l'ensemble de la France; en hiver, elles devraient augmenter sur une moitié nord de la France, l'incertitude subsiste sur la moitié sud.

Les performances des modèles climatiques ne permettent actuellement pas de donner des résultats suffisamment fiables sur certains phénomènes météorologiques extrêmes (précipitations intenses, vents violents, grêle par exemple...). Ces phénomènes sont en effet associés à des échelles beaucoup plus fines que celle des modèles climatiques. Il est par conséquent difficile de simuler des valeurs extrêmes, pourtant observables localement. Il faut garder à l'esprit que les données associées à un point de grille du modèle climatique sont des moyennes sur l'ensemble de la maille, impliquant un lissage des valeurs extrêmes.

D'après les résultats disponibles actuellement, il est très probable de rencontrer, sur la plupart des régions, des fortes précipitations plus fréquentes au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.

En préparation du prochain rapport du GIEC, les travaux de recherche en cours utilisent des modèles à résolution plus fine. Prenant mieux en compte la variabilité spatiale du climat, ils permettront notamment d'avoir des diagnostics plus précis à des échelles régionales et sur des phénomènes météorologiques extrêmes.



## Tourisme

### 1. État des lieux

La région Alsace se place au 11<sup>e</sup> rang des régions françaises en nombre de nuitées en hôtellerie avec 5,8 millions de nuitées. Le secteur du tourisme génère en Alsace 28000 emplois. Ce secteur représente par ailleurs 1350 km d'itinéraires cyclables, dont une partie concerne des pistes inter-régionales, 17000 km de sentiers balisés pour randonnées pédestres, 11 domaines skiables, 490 km de voies navigables, 2 parcs naturels régionaux, 2 sites thématiques et d'autres lieux de visites.

Ce ne sont pas moins de 67 offices de tourisme qui accueillent les touristes venus des quatre coins du monde découvrir l'Alsace. Néanmoins, d'après les statistiques 60 % des touristes sont Français, largement devant les Allemands. La grande majorité des touristes est attirée principalement par la tradition et les spécialités alsaciennes, par sa culture et le patrimoine historique: la Route des Vins avec les visites des caves viticoles est une des premières destinations régionales emblématiques.

### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

C'est essentiellement dans le secteur du tourisme hivernal que les observations des dernières années permettent d'imaginer les conséquences du changement climatique en Alsace.

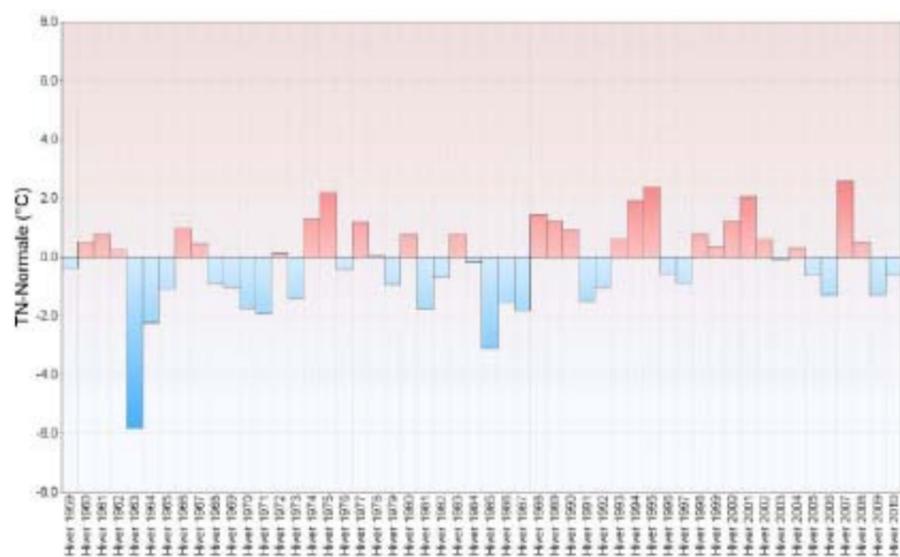


Illustration XVIII: Écart à la moyenne saisonnière (référence 1971-2000) de l'indicateur de température minimale Hiver de 1959 à 2010 (zone climatique: Nord-est/Source Météo-France)

La température moyenne minimale de l'hiver est représentative des possibilités d'enneigements et donc des impacts économiques potentiels pour les stations de sports d'hiver.

L'illustration XVIII ci-dessous, montre bien les différences marquées de cet indicateur lors des derniers hivers: avec en 2007, l'hiver le plus chaud depuis 1959 et en 2009, un hiver parmi les plus froids des vingt dernières années. D'une manière globale, on constate surtout que cette température minimale augmente depuis 1959 et cette augmentation nuit à l'enneigement.

Les données de l'observatoire du tourisme hivernal du Haut-Rhin pour quatre sites de sports d'hiver (Ballon d'Alsace, Markstein, Schnepfenried, Lac Blanc), mettent en évidence cette influence du climat sur le fonctionnement des stations de ski dans les Vosges. L'hiver 2007, le plus chaud des six années étudiées par cet observatoire, a eu un impact considérable sur le nombre de jours d'ouverture et par conséquent sur les chiffres d'affaires de ces stations qui ont reculé de près de 70 % en moyenne par rapport à une saison favorable comme celle de 2009 (Tableau 1: Impact économique d'un hiver "chaud").

Saison	Nombre moyen de jours d'ouverture	Moyenne des chiffres d'affaires Totaux	Nombre total d'emplois directs
2006-2007	46,75	207931 €	68
2008-2009	119,75	869123 €	119
Écarts	-73 jours	-661192 €	-51
Écarts en %	-61 %	-76 %	-43 %

Tableau 1: Impact économique d'un hiver "chaud"

### 3. Perspectives climatiques

Selon le Centre de recherche sur la neige de Météo-France, les Vosges font partie des massifs pour lesquels il existe une inquiétude quant à la possibilité d'avoir une couverture neigeuse suffisante pour la pratique des activités telles que le ski (l'épaisseur minimale exigée est de 20 cm). Avec une hypothèse d'un réchauffement de 2 °C, le nombre de jours avec neige au sol à l'altitude de 1500 m diminue d'un mois environ. Cette même hypothèse entraîne par ailleurs un rehaussement d'environ 300 m de la limite inférieure d'enneigement. Les domaines skiables des Vosges, tous situés entre 550 m et 1350 m, se retrouvent fortement impactés par ses perspectives.

Les modélisations de Météo-France prévoient que le nombre de jours de gel, aujourd'hui compris entre 80 et 100 jours, pourrait diminuer de 20 à 45 %. Cette diminution aura un impact direct sur la possibilité de formation et d'entretien de la neige en station mais aussi sur la possibilité de recourir à la neige de culture dont la fabrication nécessite des températures inférieures à -2 °C ainsi que des apports importants en énergie et en eau. Cette solution pourrait s'avérer d'autant plus inefficace lors des redoux fréquents qui seront à prévoir à l'avenir.

### 4. Impacts régionaux

Si l'ensemble du secteur du tourisme subira des effets, positifs ou non, liés au changement climatique, ce sont les activités de loisirs de baignade et la pratique du ski qui seront les plus touchées et qui devront faire preuve d'imagination pour s'adapter aux nouvelles conditions climatiques.

Les activités liées à la baignade seront impactées par la hausse des températures des plans d'eau entraînant la prolifération des algues, des bactéries et des parasites. Une surveillance et une prévention accrue de ces plans d'eau sera nécessaire.

Le domaine du tourisme hivernal devra en revanche adapter son activité à des conditions d'enneigement de plus en plus difficiles.

Ce secteur est d'autant plus vulnérable qu'un lien fort existe entre le taux d'enneigement et la performance économique des stations de ski (cf. tableau 1):

- Une saison amputée d'un mois d'activité équivaut à une baisse de chiffre d'affaires de l'ordre d'un quart
- Si la saison ne dure plus que deux mois la perte est alors de plus de 50 %

Actuellement, la saison skiable dans les stations des Vosges est en moyenne de trois mois et demi. Une réduction d'un mois de la saison pour certaines stations entraînera de sérieuses répercussions sur sa viabilité économique.

Le secteur du tourisme doit maintenant relever un défi qui est celui d'élargir les activités liées aux sports d'hiver et de développer de nouvelles activités.

### Forces et faiblesses du territoire

- + La hausse des températures est favorable à une augmentation de la fréquentation touristique notamment en ville et dans le massif vosgien en été mais également durant les périodes printanières et automnales
- + Une saison touristique « estivale » plus longue
- + Un territoire aux caractéristiques contrastées permettant un grand potentiel de diversification des activités estivales et hivernales: les stations de sports d'hiver auront la possibilité d'augmenter leurs activités estivales comme la randonnée ou la pratique du VTT
- + La pratique d'activités culturelles bénéficiera également de périodes élargies d'accès à l'ensemble du massif
- Enneigement de plus en plus incertain remettant en cause la pratique du ski et la fréquentation de certains sites
- Prolifération des algues, bactéries et parasites dans les plans d'eau de baignade



## Ressources en eau

### 1. État des lieux

Les ressources en eaux terrestres sont alimentées par les précipitations. Ces précipitations, en plus d'influer directement sur les débits des cours d'eau, constituent une donnée d'entrée principale dans le bilan hydrique. L'analyse de ce bilan permet de déterminer la part des « pluies efficaces » qui alimentent les réserves utiles pour l'alimentation directe des plantes ainsi que les réserves des sous-sols par infiltration et notamment les nappes.

Les masses d'air qui arrivent de l'Atlantique se trouvent confrontées au massif vosgien. En approchant de ce relief, elles se refroidissent et se condensent. Ainsi, ce sont les sommets des Vosges qui reçoivent le maximum de précipitations (1400-1800 mm/an) tandis que la plaine d'Alsace, ainsi protégée, est moins arrosée (500-1000 mm/an).

#### Le Rhin

De régime hydrologique dit nivo-glaciaire, alimenté par la fonte de neige et de glace des massifs alpins, il est caractérisé par une période des hautes eaux centrée sur juin-juillet et une période de basses eaux en janvier-février. Les débits varient au cours de l'année mais restent pondérés par des lacs préalpins et notamment le lac de Constance qui joue un rôle de régulateur naturel.

Au niveau de Strasbourg, le débit moyen annuel est estimé à 1080 m<sup>3</sup>/s, tandis que le débit mensuel d'étiage est estimé à 625 m<sup>3</sup>/s. Le fleuve se caractérise par de forts débits durant d'assez longues périodes mais grâce aux nombreux aménagements réalisés tout le long de son parcours, le caractère menaçant du fleuve a pu être maîtrisé rendant la navigation possible ainsi que l'exploitation de son potentiel de production électrique. Actuellement, les centrales hydrauliques alsaciennes sur le Rhin assurent environ la moitié de la consommation électrique régionale.

Outre la production d'électricité, le bassin du Rhin accueille de nombreuses industries qui utilisent le fleuve pour le transport, les besoins en eau mais également en tant qu'exutoire des rejets dans le respect de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

L'Alsace, région riche en eaux souterraines, est dotée d'un réseau d'eaux de surface important. Ce réseau est étroitement lié à la nappe alluviale de la plaine d'Alsace qui constitue l'un des plus grands réservoirs d'eaux souterraines en Europe. La quantité d'eau stockée sur sa seule partie alsacienne est estimée à environ 35 milliards de m<sup>3</sup>. Elle couvre, sur la région Alsace, une surface d'environ 3200 km<sup>2</sup>.

Sa spécificité tient à son accès à faible profondeur par rapport à la surface du sol : de quelques dizaines de centimètres dans le Ried au niveau de Sélestat jusqu'à une vingtaine de mètres au niveau de Mulhouse dans la forêt de la Hardt. Les variations de niveau de la nappe évoluent dans le temps et dépendent de :

- La pluviométrie
- L'alimentation et le drainage par les rivières
- Les prélèvements effectués

Ces fluctuations à la hausse ou à la baisse ont des conséquences sur l'environnement telles que :

- L'assèchement de certaines zones humides
- La remontée d'eau dans les caves et les parkings souterrains
- L'apparition des nouveaux vecteurs de pollution des eaux à partir du sol ou des eaux de surface

### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

L'observation de l'été 2003 et de la longue période de canicule qui le caractérise, permet d'établir plusieurs constats.

Les relevés de mesures de la température dans le Rhin confirment une augmentation d'environ 3 °C entre 1954 et 2009.

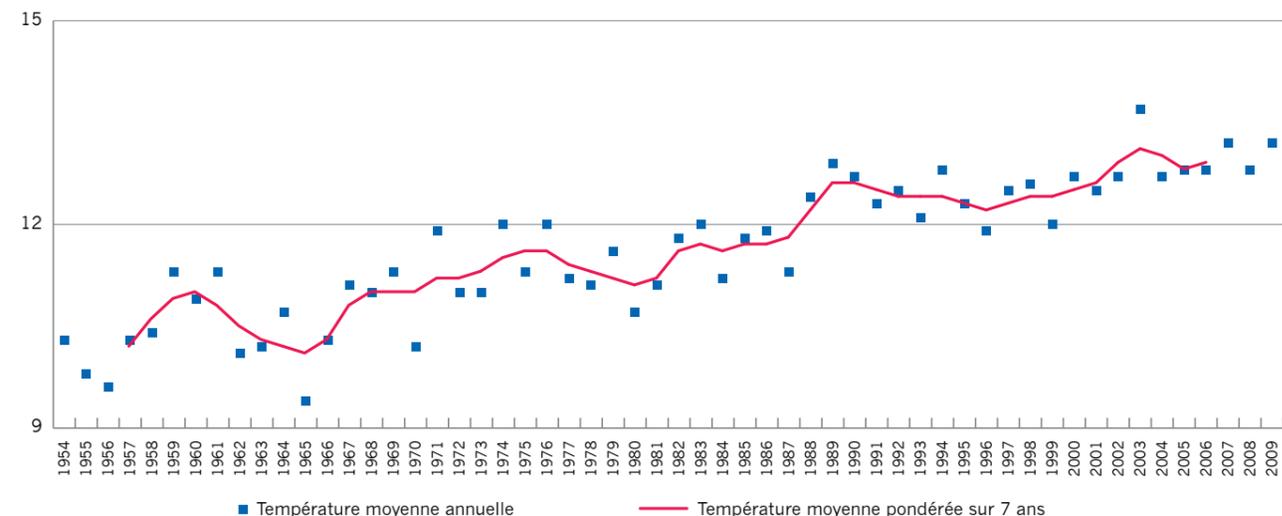


Illustration XIX: Température moyenne annuelle de l'eau du Rhin au niveau de Bâle sur la période 1954-2009 (source: Office Fédéral de l'Environnement)

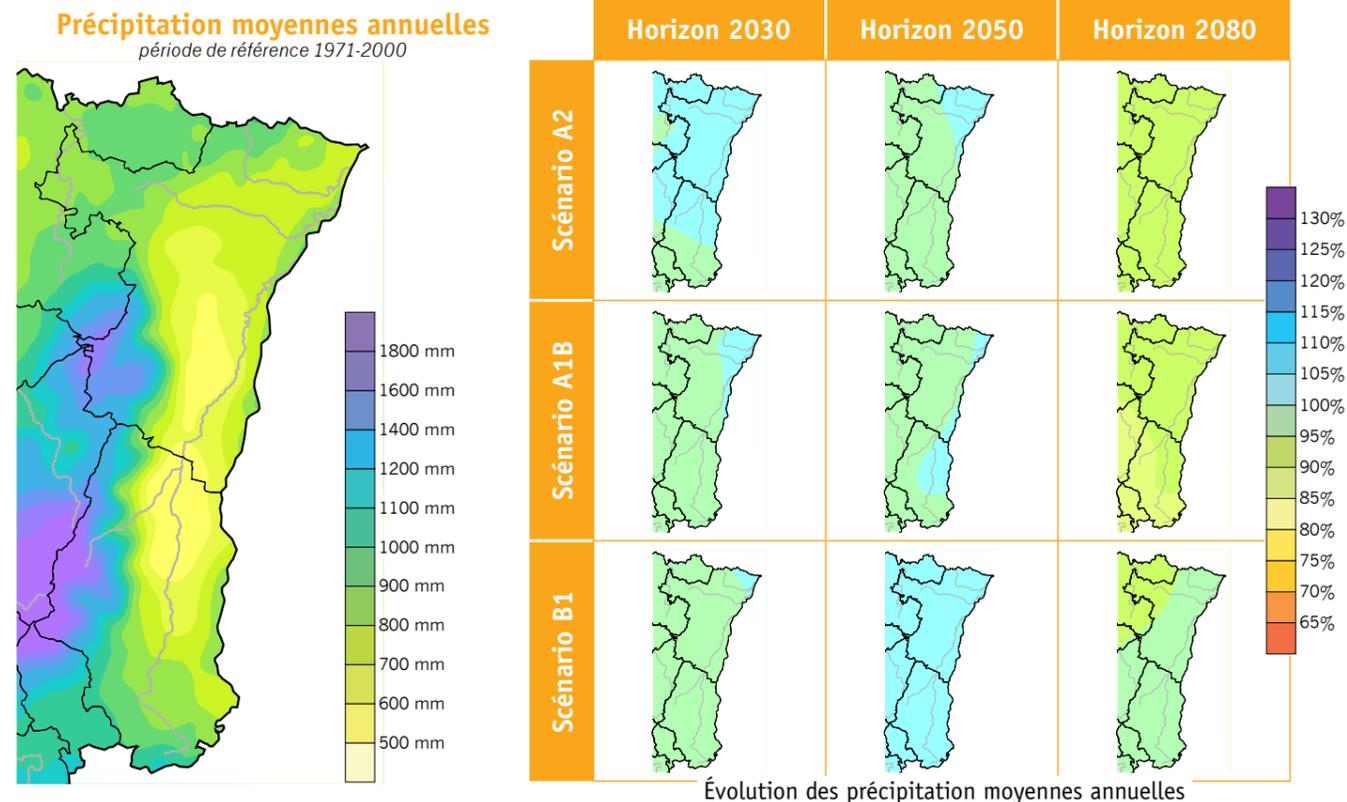
Durant l'été 2003, la température de l'eau du Rhin a atteint des valeurs sans précédent: 28 °C sur les tronçons français et allemand. À cette situation, s'est ajouté le fait que la fonte des neiges a eu lieu plus tôt que la normale au cours du printemps 2003. Sous l'effet de ces deux actions cumulées, le niveau d'eau durant l'été a été très faible favorisant ainsi une élévation de la température du fleuve. De pareilles augmentations entraînent la prolifération des algues et peuvent provoquer l'eutrophisation du cours d'eau. Cette tendance a été observée lors de la canicule de 2003.

L'approvisionnement en eau ne pose globalement pas de problème sur la région Alsace. En revanche, toujours durant l'été 2003, si l'approvisionnement en eau potable a pu être assuré, de sévères restrictions ont été mises en place pour la distribution d'eau à des fins industrielles ainsi qu'un suivi des rejets d'eau de refroidissement (Centrale de Fessenheim notamment).

Le débit très diminué lors de cet épisode (environ 20 % moins important que la moyenne) a aussi été responsable d'une baisse de la production d'électricité d'origine hydraulique. Sur l'année 2003, la production des centrales hydroélectriques basées sur le Rhin s'est élevée à 6 TWh contre 8 une année normale.



### 3. Perspectives climatiques



Les projections de Météo-France concernant les tendances annuelles en terme de cumul de précipitations, montrent une légère augmentation aux horizons 2030 et 2050. Une baisse de 5 à 10 % est ensuite simulée à l'horizon 2080. Les évolutions saisonnières des précipitations prévues par Météo-France semblent plus affectées que le cumul annuel par le changement climatique. Une diminution des précipitations en été à l'horizon 2080 est envisagée alors que les tendances hivernales sont plutôt à l'augmentation quel que soit le scénario retenu. Le centre Alsace serait d'ailleurs touché de manière plus sensible par ces évolutions.

La hausse des précipitations en hiver se traduira notamment par une intensité accrue des épisodes pluvieux qui pourront être fortement localisés.

Néanmoins, compte tenu du caractère imprévisible de ces événements, il est encore difficile, voire impossible de prévoir leur fréquence ainsi que leurs effets sur les débits des cours d'eau.

### 4. Impacts régionaux

L'alimentation des cours d'eau dépend notamment des apports provenant de la fonte des neiges. Le stockage de neige agit comme un effet tampon sur le débit des rivières. Ainsi, le décalage dans le temps de la fonte des neiges aura des conséquences sur les débits en hiver et au printemps. De ce fait, le risque de crues s'accroît en période des hautes eaux surtout sur les petits bassins versants alimentés à la fois par la fonte des neiges et les précipitations. Ces crues plus précoces auront des impacts en termes d'érosion (sol sans couverture végétale) et de dégradation de la qualité des eaux (transferts de polluants vers les eaux de surface).

En Alsace, ce sont essentiellement les affluents de l'Ill qui seront concernés par ces changements. La réduction de la couverture neigeuse sera à l'origine de l'augmentation des débits en hiver et de la diminution des apports d'eau en été accentuant ainsi les périodes extrêmes.

Cette situation aura des répercussions sur les échanges existant entre les cours d'eau et la nappe phréatique. Cette interdépendance accroîtra la pression et le besoin de suivi des eaux de transferts tant pour leur volume que pour leur qualité.

Le Rhin sera lui aussi touché par ce phénomène mais dans une proportion moindre. Le fait qu'il soit canalisé sur la partie alsacienne et qu'il puisse être régulé en amont à partir des lacs alpins entraînera des modifications de son régime bien moins importantes que pour les plus petits cours d'eau. En revanche, ses liens importants avec la nappe et le fait que le volume d'eau soit nettement plus important avec l'augmentation des débits plus tôt dans l'année se combineront avec les précipitations hivernales et pourront être à l'origine de « crues de nappe ».

La navigation fluviale sera impactée par ces changements climatiques. En effet, si les débits du Rhin ne sont pas amenés à varier de manière trop importante sur sa partie canalisée, il en sera différemment en aval de Lauterbourg. Les variations de débits attendues sur cette partie aval, sont beaucoup plus significatives et pourraient avoir des répercussions sur les possibilités de navigabilité durant les périodes de basses eaux entre août et novembre.

Ces constats permettent aussi d'assurer que la production des centrales hydroélectriques sera impactée par l'évolution des débits du Rhin mais pas forcément de manière brutale. L'évolution de ces débits reste plutôt défavorable puisqu'elle tend à faire augmenter les extrêmes tout en conservant une moyenne annuelle stable. Les possibilités de production seront donc plus faibles durant les périodes de basses eaux alors que les périodes de hautes eaux sont déjà exploitées au maximum. L'année 2003 représenterait à ce titre une année moyenne de la fin du siècle.

#### Forces et faiblesses du territoire

- + Malgré une évolution des répartitions des débits, les projections de débit annuel reste stables
  - + Le débit hivernal du Rhin en hausse permettra de produire autant, voire davantage d'énergie hydroélectrique pendant la même période si de nouveaux équipements viennent exploiter cette possibilité
  - + Les épisodes de crue hivernaux et printaniers, s'ils sont anticipés, pourront se faire au profit des zones humides et permettront de restaurer les écosystèmes des espaces inondables
  - + L'augmentation hivernale du débit des cours d'eau sera favorable aux développements des écosystèmes aquatiques
- Une augmentation de la fréquence des crues-éclair surlout sur les petits bassins versants tels que les affluents de l'Ill, accentuée par la fonte plus précoce et plus intense de la neige, aggravera le risque d'inondation dans les zones sensibles
  - L'évolution des débits vers une accentuation des extrêmes entraînera des impacts sur les unités de production hydroélectrique
  - Le trafic fluvial sur le Rhin risque d'être impacté par des problèmes de navigabilité en aval de Lauterbourg dans la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle
  - Si la nappe d'Alsace représente un stock d'eau douce important, les étiages estivaux réguliers projetés pour la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle risquent de créer des conflits d'usage notamment dans les zones situées en bordure de cette nappe



# Agriculture et viticulture

## 1. État des lieux

En Alsace, les exploitations agricoles couvrent 40 % de l'ensemble du territoire régional. Près de 30 % du territoire alsacien est occupé par les grandes cultures, environ 38 % par les forêts et 1.9 % par le vignoble.

Ce secteur d'activité concentre plus de 17000 actifs dont 2315 salariés permanents et plus de 7500 chefs d'exploitation et coexploitants.

Dans le cadre des recherches sur les impacts du changement climatique sur l'agriculture, un important projet national rassemble de nombreuses données: CLIMATOR.

Par ailleurs, des spécialistes en agrométéorologie de Météo-France s'intéressent également à la question de l'impact du climat futur sur la production agricole à travers leurs publications et participations aux différents programmes de recherches.

Il est à noter que les cultures, annuelles ou pérennes, devront s'accommoder des changements climatiques par des moyens différents (introduction des nouvelles variétés, changement des

pratiques culturales...). Les cultures pérennes, étant des écosystèmes d'une longévité importante, disposent en revanche d'une faible capacité d'adaptation au changement de leur environnement habituel qui les rend plus vulnérables.

## 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

La culture du maïs est déjà affectée par l'évolution récente du climat en Alsace. L'illustration XX présente l'évolution du nombre de degré jour disponibles pour le maïs sur les 25 dernières années (les degrés jours caractérisent les écarts de température par rapport à une température de référence et sont utilisés pour prévoir les différents stades de développement des cultures).

Si ce constat est jusqu'ici plutôt favorable au développement de la culture du maïs, il se heurtera en réalité à un phénomène de seuil au-delà duquel l'augmentation de température n'est plus favorable à la culture. En effet, des températures trop importantes peuvent finir par nuire aux rendements.

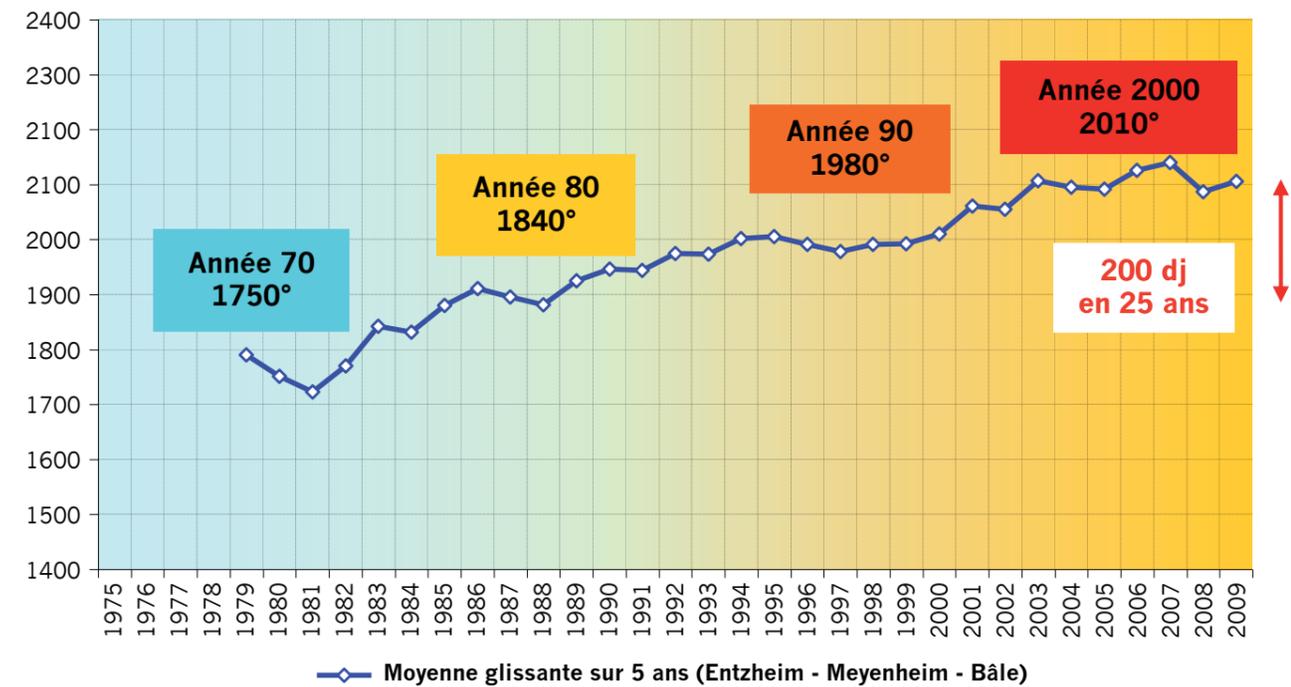


Illustration XX: Évolution du nombre de degré jours disponibles pour le maïs

Concernant les vignes, le XX<sup>e</sup> siècle a vu une avancée conséquente des stades de développement des raisins (illustration XXI).

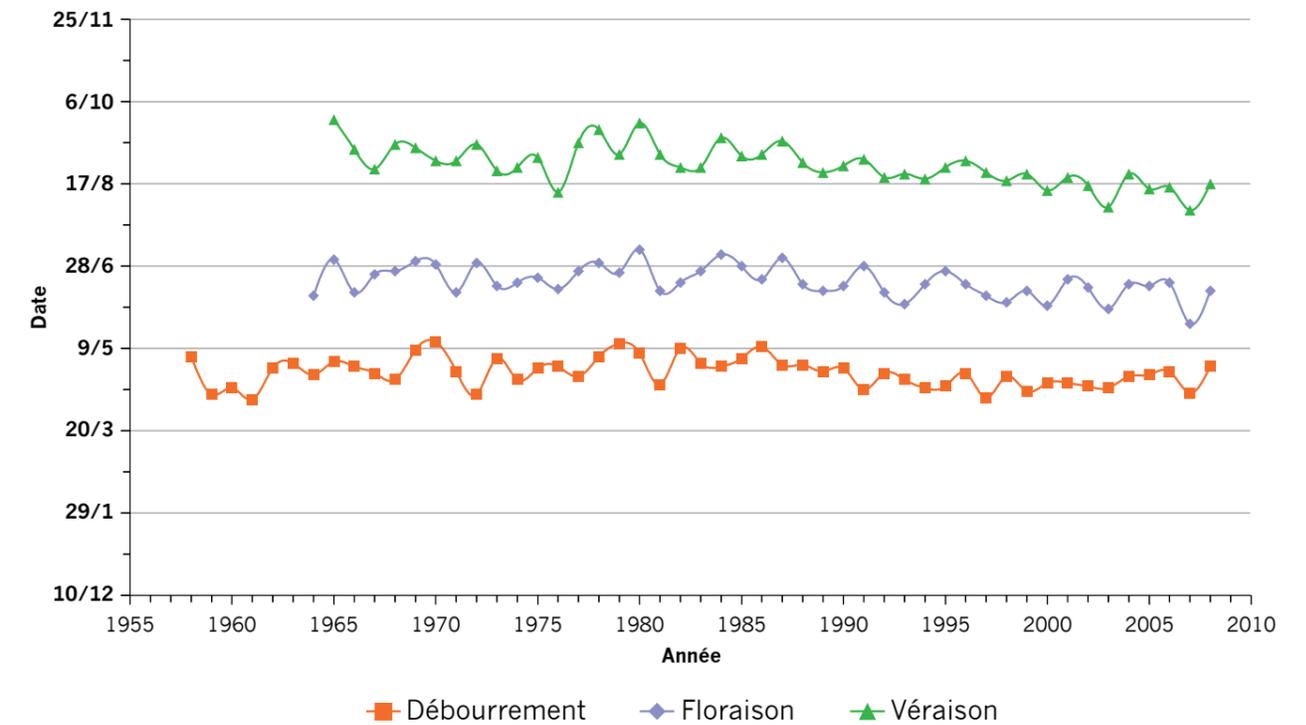


Illustration XXI: Dates et moyenne sur 10 ans des principaux stades de développement de la vigne en Alsace.

L'augmentation des températures pendant la phase de maturation des raisins, de l'ordre de 4 °C en 30 ans, est en grande partie à l'origine de ce décalage dans le temps.

Par ailleurs, avec des conditions favorables au réchauffement, la teneur en degré d'alcool probable au moment de la récolte augmente avec la hausse de la teneur en sucre naturel. C'est ainsi que depuis 30 ans, le degré d'alcool des récoltes ne cesse d'augmenter.



### 3. Perspectives climatiques

Les perspectives climatiques pour la fin du siècle vont accentuer les effets déjà ressentis dans les domaines agricoles et viticoles.

Pour l'Alsace, la hausse des températures moyennes pour le scénario pessimiste serait de l'ordre de 3,5 °C à l'horizon 2080.

Par ailleurs, suivant les scénarios modélisés, les projections aux horizons 2030 et 2050 suggèrent tantôt une situation stable, tantôt une légère hausse du cumul annuel des précipitations. Néanmoins, il faut s'attendre à des évolutions saisonnières plus marquées.

### 4. Impacts régionaux

La hausse des températures aura moins d'influence sur les cultures hivernales comme celle du blé que sur les cultures printanières comme le maïs. Cependant, la diminution du nombre de jours de gel sera bénéfique aux cultures hivernales qui subiront globalement moins d'épisodes de froid.

L'anticipation attendue des dates de semis est de l'ordre de 10 à 20 jours pour le maïs et d'environ 8 jours pour le blé à l'horizon 2050.

Toutefois, cette hausse entraînera un raccourcissement de la phase de « remplissage des grains » et aura donc un impact négatif sur le rendement.

La demande en évapotranspiration des cultures sera elle aussi plus importante du fait de la hausse des températures et ne sera pas compensée par des apports pluviométriques. Si la nappe phréatique permettra d'absorber cette demande accrue dans la majorité des cas, le stress hydrique pourrait tout de même devenir un nouveau facteur de risque pour les cultures.

Parallèlement à cette élévation des températures, les cultures seront aussi influencées par la hausse de la teneur en CO<sub>2</sub> dans l'air. En effet, cette teneur est importante pour déterminer le rendement des cultures. Ainsi le blé aura un meilleur rendement avec l'augmentation de cette teneur, alors que le maïs a déjà dépassé cet optimum et ne verra donc pas d'effet de ce changement.

Le secteur viticole sera essentiellement marqué par une modification de son calendrier avec une poursuite de l'avancement des stades de développement du raisin. Comme le blé, le raisin verra un effet bénéfique de l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Couplé à des taux de sucres naturels plus importants, l'effet sera globalement favorable pour les vins de type « vendanges tardives » et « grains nobles ».

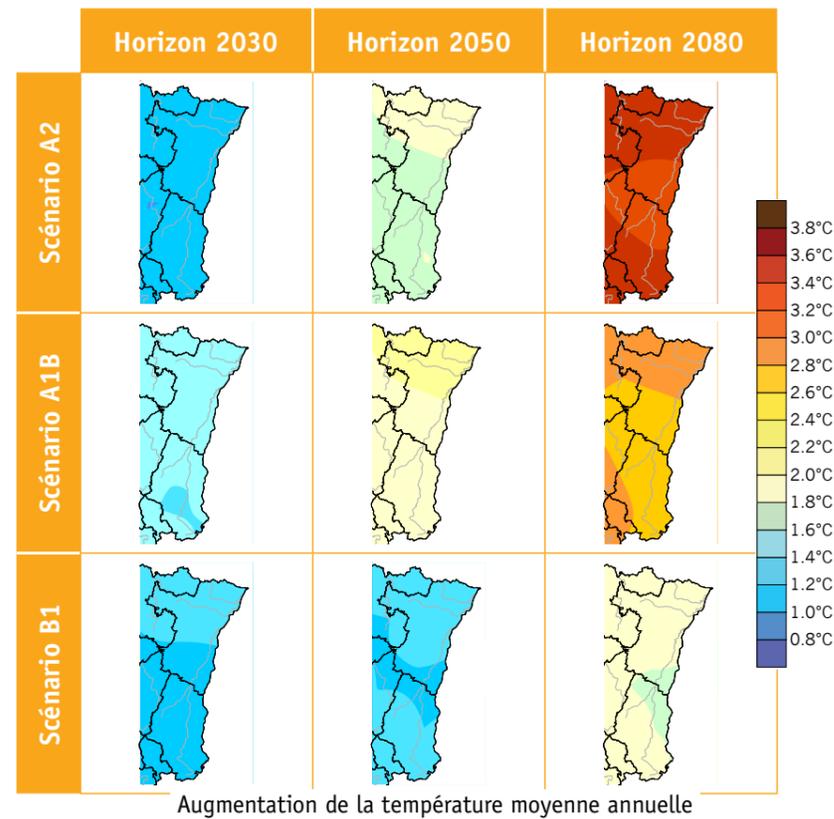
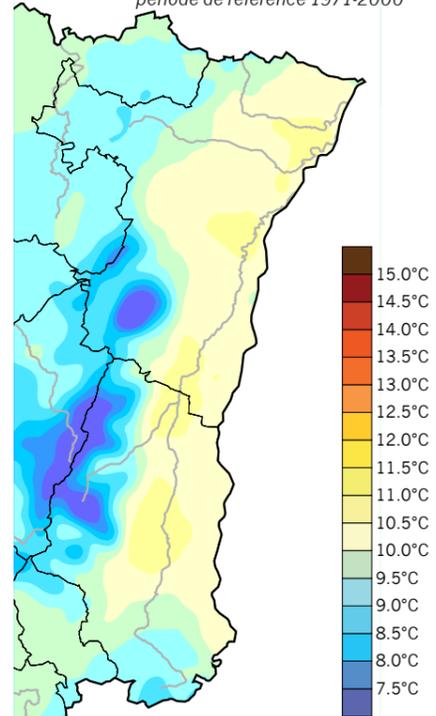
En revanche, les évolutions climatiques prévues auront sans aucun doute des impacts sur le terroir même des cépages actuels. Les possibilités d'introduction de nouveaux cépages devront alors être envisagées.

### Forces et faiblesses du territoire

- + L'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère favorisera les plantes telles que le blé ou la vigne
- + La nappe phréatique permettra d'absorber une partie du déficit hydrique prévu
- + Les périodes de gel moins fréquentes préserveront les récoltes
- La culture du maïs sera exposée à des diminutions de son rendement (l'augmentation de la température et de la teneur en CO<sub>2</sub> ne lui seront pas favorables)
- Le déficit hydrique pourrait devenir un problème dans les zones où l'accès à la nappe sera difficile
- L'évolution du taux de sucre naturel dans les raisins demandera un suivi particulier afin de conserver les singularités des vins de terroirs et des appellations contrôlées. Des adaptations de cépage pourraient être à terme envisagées

### Température moyenne annuelle de référence

période de référence 1971-2000





## Forêt

### 1. État des lieux

En Alsace, la forêt couvre environ 316 000 ha, soit près de 38 % du territoire régional. La majorité de la surface forestière (75 %) est publique et constituée de forêts domaniales (24 %) et communales (51 %). Seulement un quart de la surface boisée appartient aux 85 000 propriétaires privés.

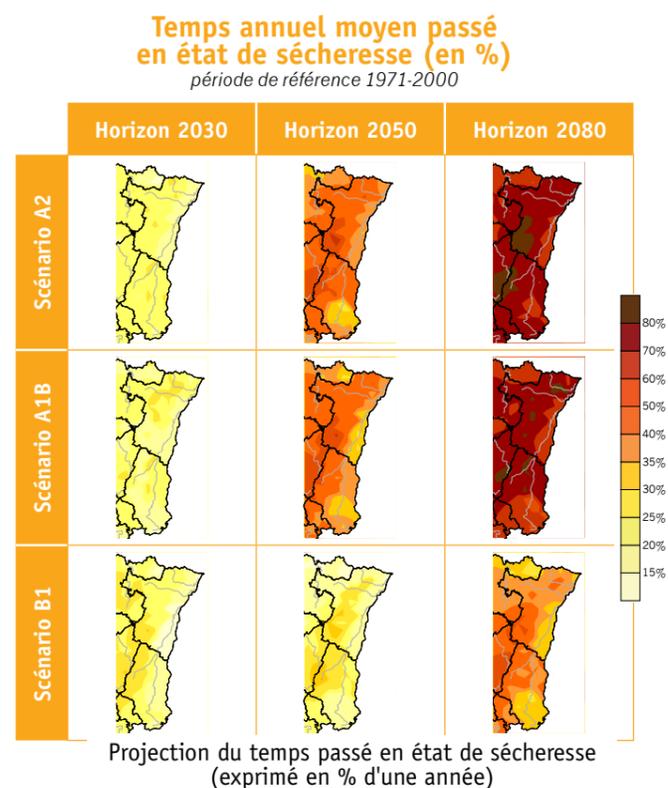
C'est une des spécificités de la forêt en Alsace car au niveau national, ces proportions sont inversées. Une autre particularité concerne la part prédominante de la surface forestière totale certifiée par un label de gestion durable (près de 75 %).

La forêt alsacienne est une « forêt de production » : elle occupe 99 % de la surface totale forestière. Elle représente un volume total de bois sur pied d'environ 80 millions m<sup>3</sup>, soit 3,4 % du volume total national, ce qui est relativement important comparé à la superficie du territoire alsacien.

En terme de productivité, et grâce à son mode de gestion, avec un volume moyen de bois à l'hectare d'environ 250 m<sup>3</sup>/ha l'Alsace se situe largement au-dessus de la valeur moyenne nationale (157 m<sup>3</sup>/ha pour l'ensemble du territoire français).

La forêt et sa filière bois occupent une place importante dans le paysage et dans l'économie locale. La société porte de plus en plus d'intérêt à cette source de multiples fonctions : la demande en bois, que ce soit le bois-énergie, le bois industriel ou le bois d'œuvre, ne cesse de croître.

Parallèlement, la mise en évidence du rôle des forêts dans le captage de dioxyde de carbone permet de développer une gestion durable des espaces boisés et par ce fait, de contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique. Néanmoins, les changements climatiques autant que les choix de politiques énergétiques, auront des impacts sur les ressources de bois et sur le puits de stockage de CO<sub>2</sub> que représente cette ressource.



### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

À la suite de la tempête de 1999, les dégâts les plus sévères ont été constatés sur la plaine de Haguenau où l'effet protecteur des Vosges n'existe plus par rapport au reste de la plaine du Rhin. C'est le pin sylvestre, l'essence prédominante dans les formations forestières de ce secteur, qui a été le plus touché. Le sapin et l'épicéa présents dans les Vosges ont également souffert des vents violents.

La canicule de 2003 a entraîné, pour les peuplements de hêtres, sécheresse et coups de soleil qui sont à l'origine de difficultés de développement des bourgeons et de pertes foliaires.

Comme dans le domaine agricole, le calendrier des stades de développement est de plus en plus précoce. Ainsi, le début de la période de floraison du bouleau à Bâle a été avancé de 13 jours en 30 ans.

### 3. Perspectives climatiques

Plus que la hausse des températures sur la région, ce sont les phénomènes de sécheresses estivales qui auront le plus d'impact sur les forêts. Le massif vosgien est le principal secteur géographique susceptible d'être touché.

Les vagues de chaleur deviendront plus fréquentes et dureront plus longtemps. C'est vers la fin du siècle que la hausse du nombre de jours caniculaires sera la plus importante et touchera davantage le Nord de l'Alsace.

### 4. Impacts régionaux

Un dépérissement des principales essences est à prévoir. Les formations sapinières seront les plus touchées par les aléas du stress hydrique prévu pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Leur régression apparaît comme étant déjà engagée sur le piémont des Vosges et à l'horizon 2100 leur distribution géographique sera fortement impactée.

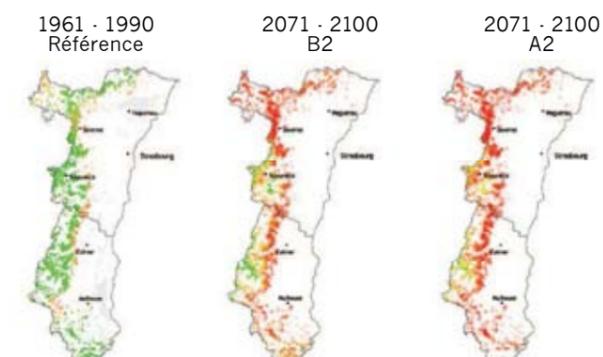


Illustration XXII: Sensibilité, suivant les scénarios du GIEC optimiste B2 et pessimiste A2, des sapins au stress hydrique (du vert: optimum au rouge: vulnérable)

Les hêtraies seront, elles aussi, touchées fortement par le stress hydrique.

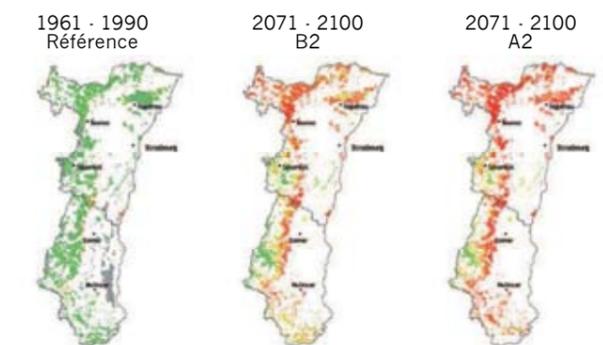


Illustration XXIII: Sensibilité, suivant les scénarios du GIEC optimiste B2 et pessimiste A2, des hêtres au stress hydrique (du vert: optimum au rouge: vulnérable)

En effet, ce stress accentuera les risques des sapinières et des hêtraies sur leur santé, leur productivité, leur vitalité et leur capacité à se régénérer. Par rapport aux autres espèces, le Chêne sessile s'adapte mieux aux conditions de stress hydrique. D'une manière générale, son aire de distribution devrait rester la même à quelques exceptions près.



Vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, toutes les formations constituées du Chêne pédonculé situées en Alsace, seront dans une situation de vulnérabilité face au stress hydrique et risquent un dépérissement généralisé.

Le Pin sylvestre, présent dans les Vosges, dans la forêt d'Ha-guenau et plus rare dans la forêt de la Hardt, se trouve dans des conditions actuelles favorables, le changement climatique attendu serait susceptible de le rendre vulnérable face au risque du stress hydrique. Ainsi, sa disparition de la plaine et du piémont des Vosges devient probable pour tous les scénarios envisagés.

Le réchauffement attendu allongera la période de végétation. Le développement des bourgeons et la floraison plus précoces exposeront les arbres aux risques de gel « tardif » au printemps, ainsi qu'à une maturité des graines avancées en fin de saison.

Impacts sur la production du bois: le hêtre, fortement exposé au risque du stress hydrique à l'horizon 2100, est susceptible de devenir rare dans la région. Or, il occupe actuellement la première place du volume de bois par essence (17 mm<sup>3</sup> sur 81). Le sapin, qui serait également en dépérissement vers la fin de ce siècle sur la majeure partie du territoire régional, occupe actuellement la deuxième place du volume total par essence (14 mm<sup>3</sup> sur 81). C'est donc l'équivalent de 40 % du volume aujourd'hui utilisé par la filière bois qui serait menacé à la fin du siècle par le manque d'eau. Toutefois, la réduction de la production globale des forêts françaises sera progressive sur plusieurs décennies même si des accidents tels qu'une sécheresse sévère et une tempête pourront accélérer ce processus de dégradation.

Ce risque de stress hydrique devra être intégré comme un facteur impactant les décisions de gestion forestière, en l'anticipant (choix des essences à replanter) et dans une logique d'atténuation des effets.

Par ailleurs, les températures plus élevées seront favorables à la propagation des parasites. Là encore, le stress hydrique fragilisera davantage les arbres en les rendant moins résistants face aux attaques des parasites.

### Forces et faiblesses du territoire

+ L'Alsace dispose d'une forêt essentiellement publique et peut donc en assurer une gestion durable plus facilement

+ La filière bois est aujourd'hui en plein essor sous la poussée de la demande notamment en terme de bois-énergie et de bois d'œuvre. Cet essor ne doit toutefois pas devenir une contrainte forte liée à une demande trop importante

— Le déficit hydrique sera un problème notamment dans le massif vosgien

— Les principales essences aujourd'hui exploitées sont aussi celles qui sont le plus menacées en cas de difficulté d'accès à l'eau

## Santé

### 1. État des lieux

L'Alsace figure parmi les régions françaises dont la population est vieillissante. De ce fait, la santé des personnes âgées devient un enjeu important. Or, les événements climatiques extrêmes tels que les vagues de chaleur touchent en premier lieu cette catégorie de la population.

La topographie de la région Alsace structurée par le fossé rhénan encaissé entre les Vosges et la Forêt Noire, est à l'origine de la stagnation des masses d'air en période estivale et par conséquent, de la concentration de polluants dans l'air notamment dans les agglomérations.

La pollution par l'ozone est un problème que la région rencontre chaque été mais dont l'ampleur dépend directement de l'ensoleillement. Il a été démontré, lors de l'épisode de canicule en 2003, qu'en Alsace, la vulnérabilité de la population urbaine au risque de la pollution par l'ozone est plus importante que celle liée à la chaleur.

Par ailleurs, on compte en France environ un quart de la population souffrant d'allergies aux pollens. Le pic de production des pollens est observé durant la phase de floraison.

### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

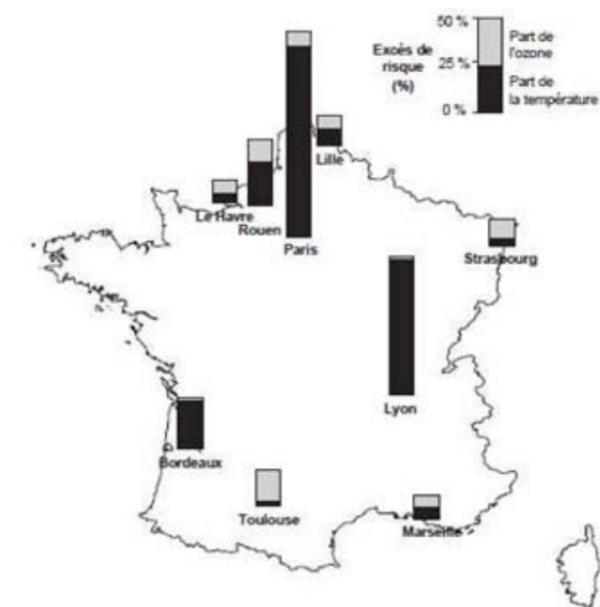


Illustration XXIV: Excès de risque lié à l'ozone et à la température pour la période du 3 au 17 août 2003 (InVS)

Canicule 2003 : à Strasbourg, le taux de surmortalité enregistré a été de l'ordre de 51 % en août 2003. Il est à noter que Strasbourg présente la particularité d'avoir une part des décès liée à l'ozone plus importante que celle attribuable à la chaleur.

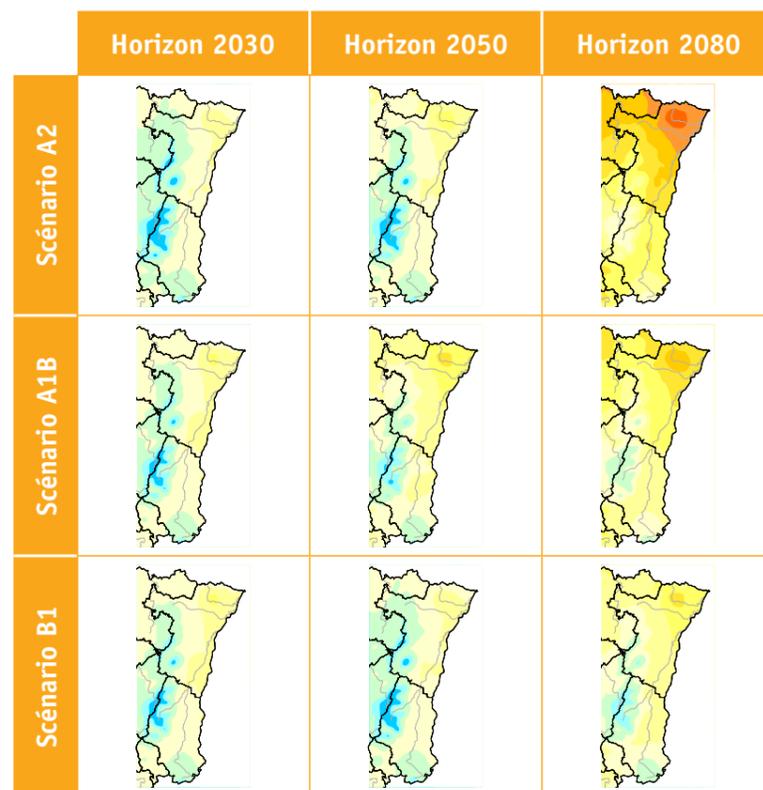
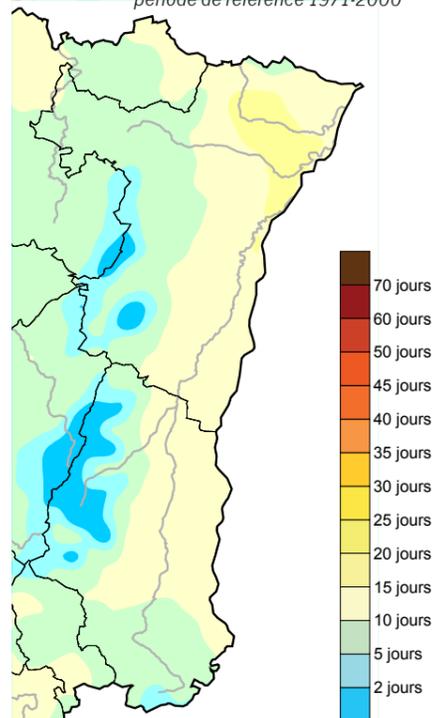
### 3. Perspectives climatiques

Les projections de Météo-France concernant le nombre de jours où la température est supérieure à 30 °C, amènent au constat d'une augmentation des épisodes de fortes chaleurs et plus particulièrement durant la seconde moitié du siècle et plutôt dans la moitié nord de la région.



### Nombre de jour où la température moyenne est supérieure à 30°C

période de référence 1971-2000



#### 4. Impacts régionaux

La mobilité accrue des populations et les échanges entre les différentes régions du globe sont le plus souvent à l'origine des transmissions d'agents pathogènes. Le climat plus doux en hiver et plus chaud en été favorisera certainement une émergence ou une réémergence de maladies infectieuses transmises par des parasites et des virus encore mal connus en Europe.

Les hivers doux seront favorables à la longévité des tiques et de leurs hôtes ainsi qu'à une augmentation de la durée de leur activité durant l'année. Leur tendance à remonter vers le Nord du pays est aujourd'hui déjà constatée et continuera de progresser.

L'augmentation de l'humidité liée à la hausse des précipitations annoncée pour les parties Nord et Nord-Est de la France, s'ajoutant au redoux général du climat, se traduira par la propagation des champignons, des moisissures et des bactéries.

L'augmentation du nombre de jours ensoleillés tout au long de l'année augmentera les comportements favorisant l'exposition au soleil. L'action cancérigène des rayons UV-B est bien connue par ces effets sur la peau mais également au travers des dangers pour les yeux.

L'amélioration des connaissances de la relation entre la pollution, la température et leurs parts respectives sur la mortalité ont pu être identifiées dans le taux de surmortalité enregistré au cours de l'été 2003. À Strasbourg, c'est la pollution par l'ozone qui a été la première cause de cette surmortalité. Les prochaines décennies, marquées au niveau régional par des périodes estivales de plus en plus chaudes sera donc favorable à l'augmentation de ce type de pic de pollution. L'ozone est par ailleurs un polluant atmosphérique résultant de réactions chimiques entre plusieurs polluants primaires et sur lequel il est aujourd'hui extrêmement difficile d'agir efficacement.

Par ailleurs, la généralisation de bâtiments (tant en construction neuve qu'en rénovation) très peu consommateurs d'énergie et très fortement isolés (« étanchéifiés ») doit s'accompagner d'une attention particulière aux systèmes, naturels ou non, de ventilation afin de garantir une qualité de l'air intérieur qui assure la santé et le bien-être des occupants et utilisateurs.

Les allergies aux pollens de bouleau, charme et aulne (de mars à avril) sont fréquentes dans le quart Nord-est de la France. La particularité des épisodes d'allergies au pollen réside dans leur avancée calendaire et dans leur durée de plus en plus longue. Par exemple, la saison du pollen de bouleau dans le secteur de Bâle, est aujourd'hui, plus précoce qu'il y a 25 ans. Cette tendance se poursuivra au cours de ce siècle.

En Alsace, le chauffage au bois est le premier responsable d'émissions en particules ultra-fines et HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Les émissions polluantes liées à cette source d'énergie sont directement dépendantes de l'ancienneté des appareils, de leur entretien et de leurs conditions d'utilisation. Le radoucissement des hivers envisagé pour l'ensemble des scénarios prospectifs pourrait permettre de réduire ces nuisances.

#### Forces et faiblesses du territoire

- + Les hivers moins rigoureux limiteront les impacts du froid sur la santé
- + Le poids des émissions liées au chauffage au bois diminuera avec le radoucissement des périodes hivernales
- L'apparition de nouvelles maladies aujourd'hui cantonnées dans des zones plus méridionales n'est pas à exclure et devra faire l'objet d'un suivi approfondi
- Les agglomérations seront fortement touchées par les épisodes de chaleur de plus en plus fréquents et par les pics de pollution à l'ozone dont l'action cumulée touchera essentiellement les populations les plus sensibles



# Biodiversité

## 1. État des lieux

Le réchauffement observé depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle a déjà eu pour effet un avancement des cycles de développement de différentes espèces terrestres et aquatiques, de végétaux et d'animaux. Par conséquent, un allongement de la saison de végétation est également constaté. La période de photosynthèse des plantes est désormais plus importante en raison de l'augmentation de l'ensoleillement et de la hausse de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. La production de matière végétale est donc supérieure et se traduit par une hauteur d'arbres plus importante, une quantité de graines et de fruits plus élevée mais également par une exposition accrue aux risques d'attaques de parasites et autres pathogènes car les végétaux consacrent davantage d'énergie à leur développement plutôt qu'à la capacité de résistance aux maladies.

Les réponses des différentes espèces au changement climatique dépendent de leurs caractéristiques spécifiques telles que les traits génétiques, mais également de leurs liens au sein de l'écosystème. Le premier impact direct du changement climatique se révèle au travers des modifications affectant le synchronisme des espèces (par exemple, entre les plantes au stade de floraison et les insectes pollinisateurs). Toutefois, le manque de connaissances, quant à ce type d'interactions notamment, limite toute estimation de l'évolution de la biodiversité et des écosystèmes à moyen et long termes.

Les changements observés dans les écosystèmes peuvent servir d'indicateurs de changements de l'environnement. Les perturbations sont soit liées aux effets du changement climatique, soit aux pluies acides, aux dépôts azotés, à la progression de la forêt sur les terres abandonnées par l'agriculture etc. Le réchauffement déjà constaté devrait avoir des impacts sur certaines espèces, notamment sur la végétation des zones de montagnes car il correspondrait au déplacement des isothermes d'environ 150 m en altitude en montagne contre 200 km en latitude en plaine mais les observations ne confirment pas encore ces hypothèses et laissent penser que les capacités d'adaptation des différentes espèces sont encore mal évaluées. Les études menées actuellement sur ces différents sujets se heurtent à la différenciation des effets des modifications de l'environnement liés au changement climatique d'une part et ceux liés à l'action de l'homme d'autre part.

## 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

Les observations actuelles concernent essentiellement les effets d'avancement des stades de développement des plantes. Par exemple, le début de la floraison du bouleau à Bâle est avancée d'environ 13 jours tandis que la fin ne survient que 9 jours plus tôt par rapport à 1982.

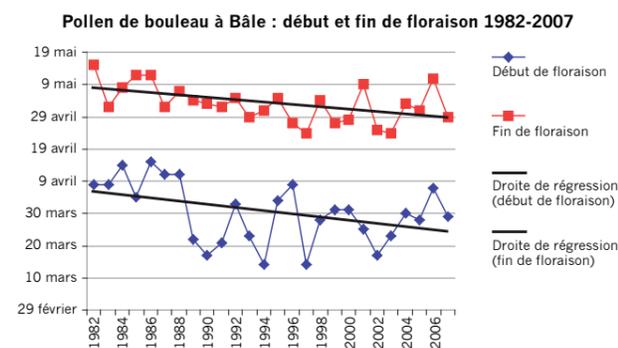


Illustration XXV: Évolution des périodes de floraison du bouleau à Bâle

Concernant les espèces animales, le constat actuel fait par les associations et les fédérations alsaciennes pour la protection de la nature, étaye la poursuite de l'érosion de la biodiversité dans la région. Ainsi, le cortège de l'avifaune perd en effectifs. Cependant, on observe aussi des modifications de population parmi les odonates, probablement en raison de la progression des espèces d'affinité méridionale. De nouvelles espèces de papillons sont ainsi observées, majoritairement celles qui sont associées aux milieux fortement impactés par l'homme.

## 3. Perspectives climatiques

Parmi les facteurs ayant des impacts importants sur la biodiversité, les températures minimales et maximales font figure d'indicateurs pertinents notamment dans la définition des aires de répartition des espèces.

Si à l'heure actuelle, l'augmentation des températures est déjà plus marquée en été qu'en hiver, cette tendance se poursuivra : à l'horizon 2080, quel que soit le scénario envisagé, les températures maximales en été augmenteront dans une fourchette de 2 à 5 °C et les minimales en hiver dans une fourchette de 1,4 à 3,2 °C.

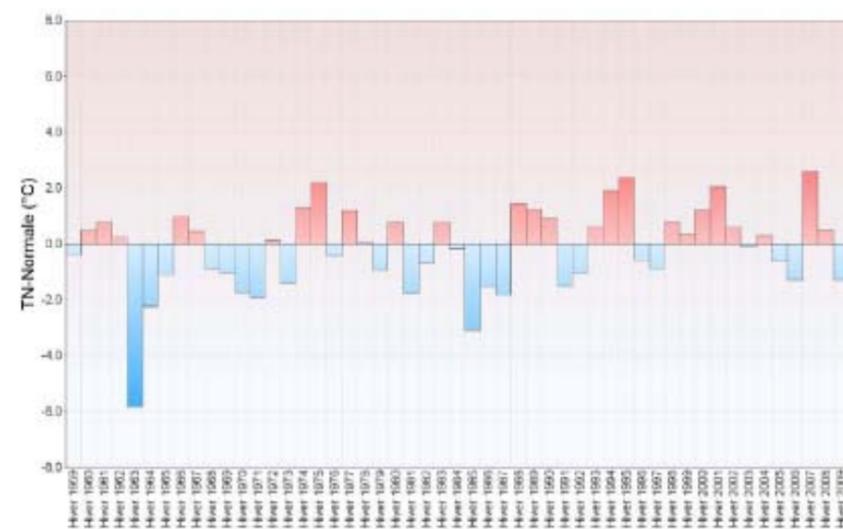
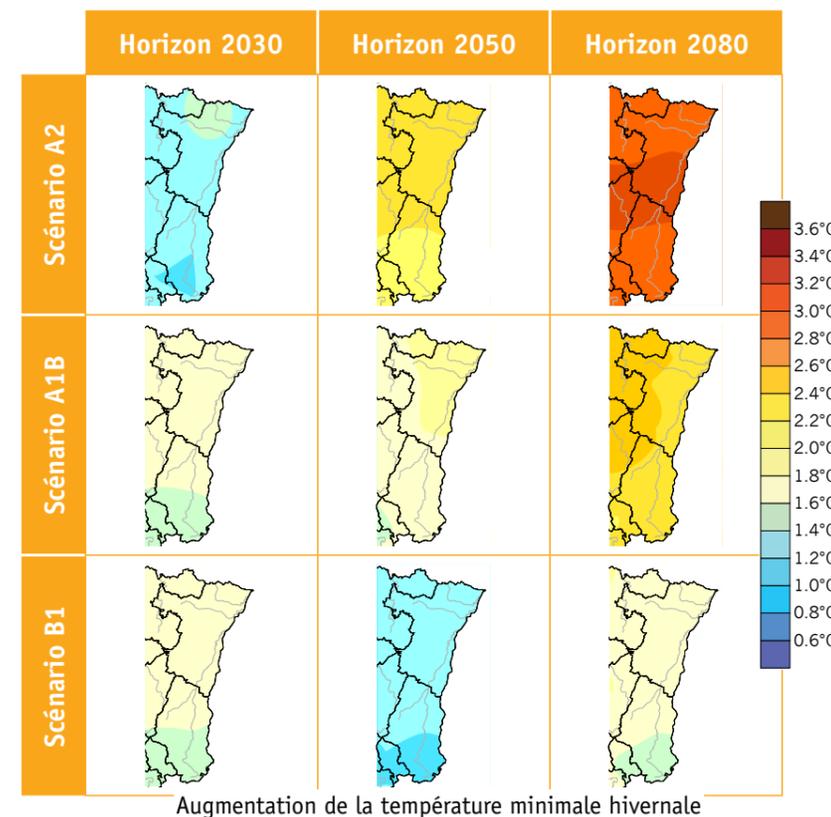
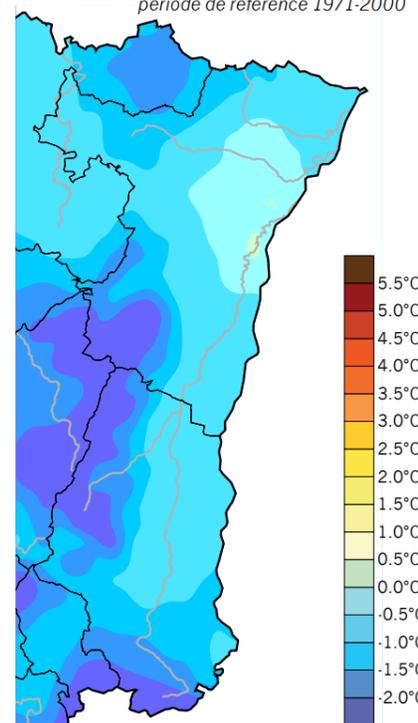


Illustration XXVI: Écart à la moyenne saisonnière de référence 1971-2000 de l'indicateur de température minimale (hivers 1959 à 2010)

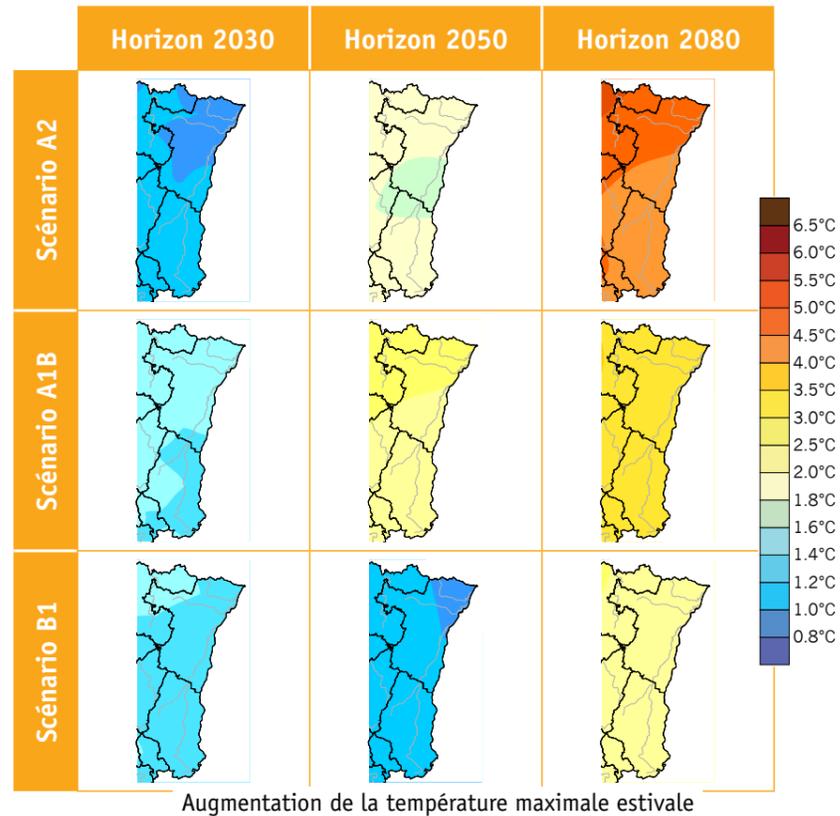
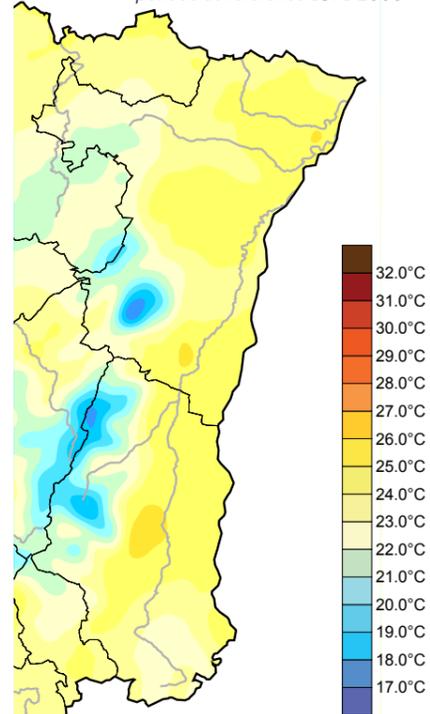
## Température minimale hivernale de référence période de référence 1971-2000





### Température maximale estivale de référence

période de référence 1971-2000



## 4. Impacts régionaux

Si les travaux actuellement menés laissent supposer qu'une hausse de température d'environ +1 °C entraînerait une augmentation de la biodiversité, le dépassement de ce seuil provoquerait ensuite la perte de près de 30 % des espèces présentes aujourd'hui dans la région. Le 4<sup>e</sup> rapport du GIEC annonce lui aussi de manière globale un risque d'extinction d'environ 20 à 30 % d'espèces végétales et animales dans des conditions de hausse de température de l'ordre de 1,5 à 2,5 °C. Avec la propagation des espèces des zones climatiques plus chaudes, la flore et la faune du climat tempéré seront menacées non seulement par les changements des conditions climatiques mais également par la réduction des aires de distributions.

Les espèces particulièrement exigeantes en termes d'habitat et de conditions environnementales, souvent attachées à des zones géographiques restreintes, sont considérées comme les plus vulnérables au changement climatique. Les espèces actuellement menacées d'extinction, sont aussi vulnérables du fait de leurs populations déjà très réduites.

La prolifération des insectes ravageurs (chenilles, termites, araignées) aura un impact sur l'agriculture et les habitations, notamment sur les structures des maisons alsaciennes. Le frelon asiatique acclimaté depuis quelques années dans le sud-ouest de la France est susceptible d'arriver jusqu'en Alsace avec de lourdes conséquences sur l'apiculture régionale.

Les températures élevées au printemps et en été, favoriseront le stress hydrique et impacteront différemment les principales essences forestières en Alsace aux horizons 2100 (cf. Forêt).

Avec la diminution des précipitations estivales projetée pour la deuxième moitié du siècle ainsi que la hausse des températures en été les stocks d'eau des nappes vosgiennes peu profondes seront amoindris. Par conséquent, le risque de sécheresse pourrait toucher les tourbières d'altitude et entraîner des feux de tourbes comme lors de la sécheresse de 1976.

### Forces et faiblesses du territoire

- + Le cycle végétatif des plantes sera prolongé avec l'augmentation de la température et du taux de CO<sub>2</sub>. Cela entraînera une hausse généralisée de la production de la biomasse végétale
- + La remontée des forêts en altitude pourrait entraîner une modification des usages productifs au pied des Vosges entre forêt et production agricole.
- + Le déplacement possible pour certaines espèces augmentera la richesse biologique

— La prolifération des insectes aura des conséquences non-négligeables sur la santé des forêts

— La propagation des espèces invasives aura un impact sur le paysage régional ainsi que sur les capacités des espèces les plus vulnérables à s'adapter aux nouvelles conditions de leur environnement

— L'augmentation de la température menacera des espèces du climat boréal et tempéré jusqu'à leur disparition. Les espèces se trouvant à la limite inférieure de leur aire de distribution, ne retrouvant pas les conditions optimales de leurs habitats, risquent de disparaître (le lynx, l'épicéa et le sapin)

— La probabilité d'avoir des périodes de sécheresse plus prononcées accroît le risque de dégradation des zones humides et notamment des tourbières



## Risques naturels

### 1. État des lieux

Les risques naturels liés à l'eau tels que les inondations causées par les crues et débordements des cours d'eau, l'érosion hydrique des sols par les coulées d'eaux boueuses et la submersion des surfaces par les remontées de nappes, sont des risques majeurs en Alsace. À cette liste, il convient de rajouter les phénomènes liés à la circulation atmosphérique (tempêtes et vents violents) et les phénomènes météorologiques tels que la grêle, la foudre etc.

Les crues du Rhin supérieur les plus importantes se produisent généralement en fin d'hiver/début de printemps, lorsque les pluies s'accompagnent d'une rapide fonte des neiges. Ces pics de débit ne sont pas comparables avec les hautes eaux en été. Actuellement, il est admis que le Rhin peut connaître des crues exceptionnelles en toute saison même si la probabilité reste faible quant aux mois d'octobre et de novembre. Bien que le tronçon alsacien du fleuve soit canalisé et aménagé par des installations de protection (digues, bassins de rétention, canaux de déversement), le risque résiduel existe toujours. En Alsace, on constate que sur la surface totale des zones inondables du Rhin supérieur qui est de l'ordre de 1840 km<sup>2</sup>, 60 % sont des terres agricoles, 26 % concernent divers types d'occupation des sols dont les forêts, 9 % des surfaces urbanisées et seulement 5 % sont occupés par les implantations industrielles. Les zones inondables du Rhin supérieur concernent une population de près de 800000 personnes.

Parallèlement, plusieurs rivières peuvent aussi causer des inondations en Alsace. La Bruche qui prend sa source sur les hauteurs des Vosges et arrive sur la plaine d'Alsace au niveau de Molsheim à une allure quasi-torrentielle traverse ensuite des zones fortement urbanisées situées dans l'ancien lit majeur dédié naturellement aux inondations lors des crues exceptionnelles. Le Giessen, dont le fonctionnement hydraulique est comparable à la Bruche, rejoint l'III au niveau de Sélestat et si les biens de la zone d'activité sont protégés par les digues, les champs agricoles sont régulièrement inondés par les débordements de ce petit cours d'eau. La petite taille des bassins versants de la Doller, de la Thur, de la Lauch et de la Fecht sont favorables aux crues rapides et parfois dévastatrices. La Moder se caractérise par ses crues d'une vitesse de propagation relativement lente. À l'opposé, la Zorn est comparable à la Bruche, avec des inondations plus importantes sur des secteurs fortement urbanisés.

La nappe phréatique de la plaine d'Alsace, proche de la surface du sol, conditionne le risque lié aux remontées de nappe. Si dans les zones humides c'est un phénomène naturel et indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes spécifiques aux milieux régulièrement inondés (les rieds, les forêts alluviales, les prairies inondables), ce type d'inondation cause des dommages aux activités et installations humaines. De plus, les remontées de nappe augmentent le risque de pollution des eaux souterraines par transferts de polluants d'origine agricole et/ou industrielle. Ainsi, le périmètre allant de Sélestat jusqu'au bord du Rhin, celui entre Colmar et le Rhin, la forêt d'Erstein et la zone entre Guebwiller et Mulhouse sont des zones de sensibilité élevée.

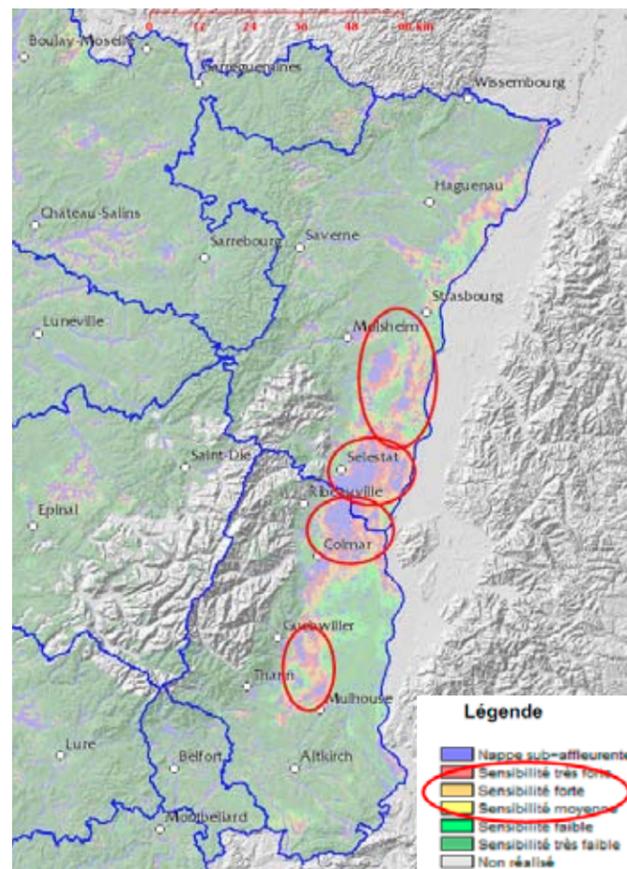


Illustration XXVII: Carte des zones sensible aux remontées de nappe

Le phénomène de coulée de boue est étroitement lié à la hausse des précipitations intenses en hiver et aux pluies diluviennes au printemps et en été qui favorisent l'érosion des sols. En Alsace, les secteurs vulnérables sont recouverts de sols meubles et occupés par des grandes cultures sur les bassins versants de la Bruche et de la Sauer ainsi que le Sundgau. Lorsque les espaces dédiés à l'agriculture intensive sont encore peu végétalisés au début du printemps, les averses de forte intensité provoquent très vite un engorgement des sols en même temps qu'un débordement des cours d'eau. L'excès d'eau tombé est évacué par ruissellement avec une importante charge de sédiment. Tout comme dans le cas des inondations, la vulnérabilité de la société humaine à ce type de phénomène augmente avec la progression des zones urbanisées sur les secteurs inondables au sein des bassins versants mais également avec l'accroissement du phénomène d'érosion des sols. L'étalement des zones urbanisées et l'imperméabilisation des sols qui l'accompagne accentuent d'autant plus ce risque.

### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

Si les derniers résultats des recherches menées dans le domaine des sciences du climat et de l'atmosphère indiquent une tendance à l'augmentation des perturbations météorologiques de l'Atlantique (à l'origine des tempêtes) en raison du climat plus chaud et des températures plus élevées de la surface de l'océan, aucun lien direct n'a encore pu être établi avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces phénomènes. Si les études prédisent que les conditions climatiques futures influenceront les directions des vents et intensifieront leurs forces, rien ne permet de prévoir où et quand ces phénomènes apparaîtront. En termes de dommages et de pertes causés par les tempêtes de décembre 1999, le premier secteur touché a été celui de la sylviculture.

En Alsace, suite à la tempête de 1999, les dégâts les plus sévères ont été constatés sur la plaine de Haguenau où les Vosges ne font plus écran (cf. Forêt).

### 3. Perspectives climatiques

Selon la définition du GIEC, les extrêmes sont les occurrences rares d'un phénomène en particulier. Une augmentation dans la fréquence d'un extrême, comme par exemple les jours caniculaires sur l'échelle des températures journalières, sera souvent accompagnée d'une diminution de l'extrême opposé tel que le nombre de jours de gel pour l'exemple cité.

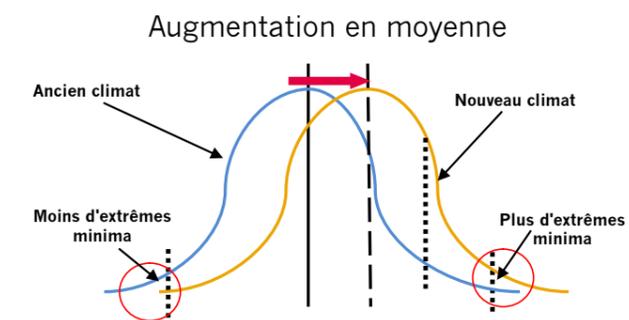


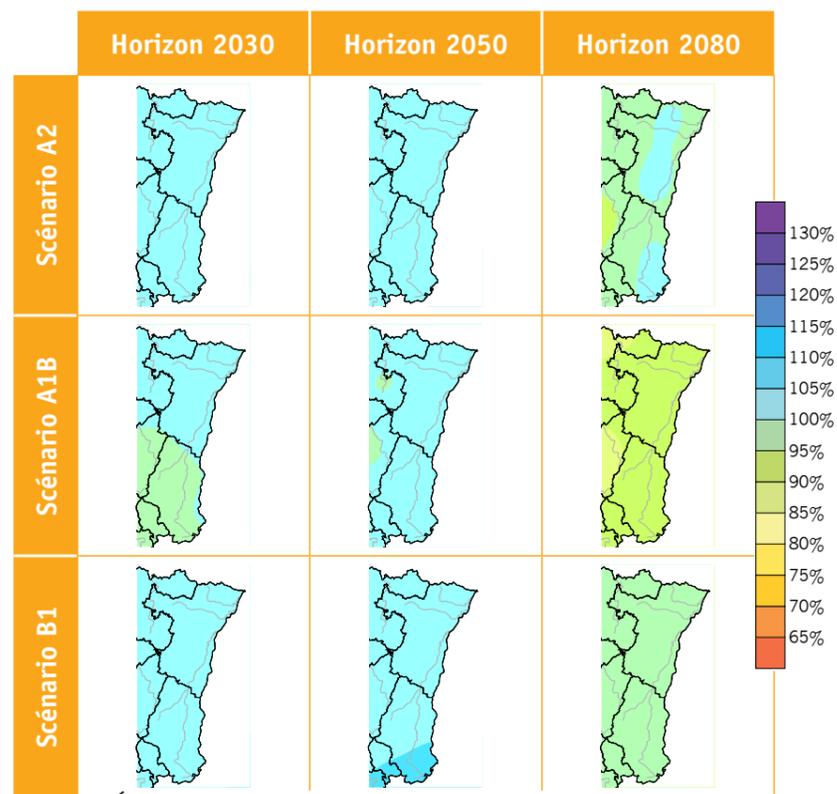
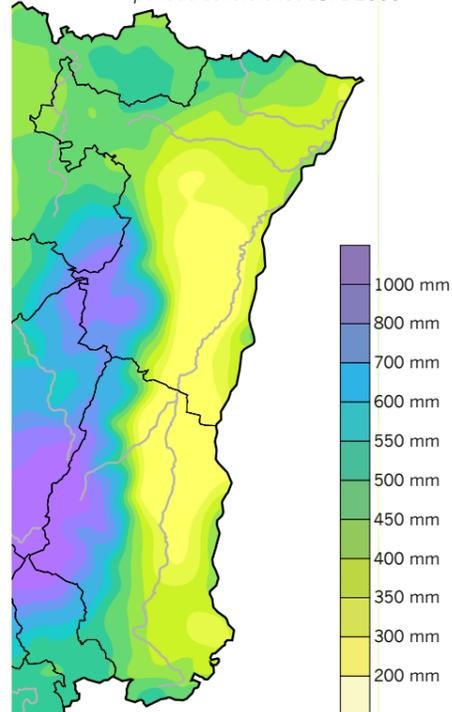
Illustration XXVIII: Visualisation de l'évolution de l'aléa influencé par le changement climatique

Par rapport aux risques d'inondations, Météo-France a simulé l'évolution de la moyenne annuelle des précipitations hivernales. Si à l'horizon 2080, la tendance est globalement à la baisse, une augmentation des pluies hivernales reste globalement prévue d'ici 2050. Cette augmentation en lien avec les modifications dans le profil de débit du Rhin tendra à augmenter le risque d'inondation en fin d'hiver.



### Moyenne annuelle des précipitations hivernales

période de référence 1971-2000



Évolution de la moyenne annuelle des précipitations hivernales

## 4. Impacts régionaux

Bien qu'en manque d'étude locale sur l'évolution du risque inondation dans le cadre du changement climatique, des résultats à plus grande échelle sont disponibles. Ainsi, l'étude européenne « Euro Wasser » a produit des projections concernant l'évolution des crues et des débits maximaux des cours d'eau en Europe. Pour l'Alsace, il apparaît que la période de débit maximal se déplacerait, pour le Rhin, du mois de juin vers les mois d'avril-mai. Cet avancement s'explique par la fonte des neiges sur les Alpes plus précoce ainsi que par l'augmentation des précipitations hivernales. Pour l'évolution des crues extrêmes, la modélisation de la crue centennale voit son débit augmenter de 10 à 25 % pour le Rhin au niveau de l'Alsace.

Si les épisodes de chaleur, et leur augmentation attendue, sont traités dans la partie relative à la santé, les épisodes de grand froid verront quant à eux leur fréquence baisser. En effet, la tendance observée lors des soixante dernières années va se confirmer et la baisse d'environ 20 % des jours de gel déjà constatée se poursuivra pour atteindre une fourchette comprise entre 35 et 50 %.

## 5. Forces et faiblesses du territoire

- + Une température minimale en hiver plus élevée diminue le risque sanitaire lié aux vagues de froid
- + Les précipitations hivernales, à la hausse, seront nécessaires pour remplir les stocks des réservoirs afin de subvenir aux besoins en été
- L'augmentation des épisodes de canicule entraînera un risque sanitaire et une surmortalité accrus
- L'augmentation du débit hivernal des cours d'eau favorisera le risque d'inondation
- Une occurrence des coulées de boue plus importante liée à l'érosion des sols agricoles
- L'impact des tempêtes qui frappe la sylviculture, secteur économiquement important de la région
- La sécheresse favorisera le risque du retrait-gonflement des argiles
- L'intensification des averses augmentera les risques de mouvement de terrain

## Urbanisme

### 1. État des lieux

La forte densité de population qui caractérise l'Alsace (200 à 216 hab/km<sup>2</sup>; France 111 hab/km<sup>2</sup>) résulte d'une très forte progression de la population depuis 1962. L'accroissement des villes moyennes s'est fait sous forme d'un doublement de la tâche urbaine en 40 ans. On observe en parallèle un accroissement du nombre de ménages (décohabitation, vieillissement) et ainsi des besoins de logements accrus.

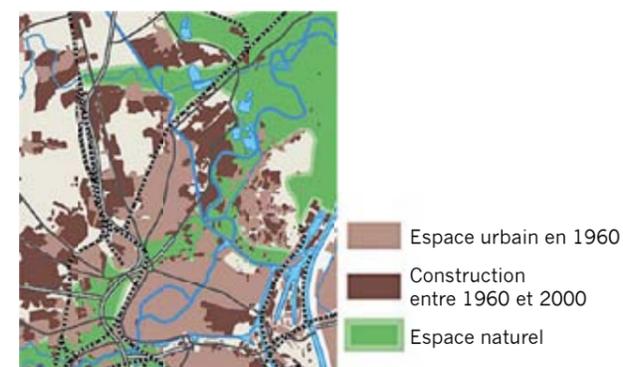


Illustration XXIX: Évolution de l'urbanisation à Strasbourg. Source ADEUS

Près de 50000 habitants supplémentaires sont envisagés en 2030 dans la Communauté Urbaine de Strasbourg, et la population alsacienne pourrait être d'environ 2 millions de personnes. Des besoins annuels de près de 10000 à 11000 logements supplémentaires d'ici 2030 sont à prévoir. Au rythme de construction actuel, cela signifie une consommation d'espace foncier d'environ 15000 ha qui doit être réinterrogée au regard de nouvelles exigences d'efficacité de l'utilisation des sols et de lutte contre l'étalement urbain.

### 2. Faits ou exemples particuliers basés sur les observations

Comme cela est évoqué au chapitre « risques naturels », le phénomène de coulée de boue est étroitement lié à la hausse des précipitations intenses en hiver et aux pluies diluviennes au printemps et en été qui favorisent l'érosion des sols. Il concerne essentiellement les communes rurales de piémont, le Sud de l'Alsace et également les communes de deuxième couronne de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Il s'agit d'un phénomène qui s'amplifie et qui interroge directement les pratiques d'exploitation (vignes et cultures), et la pérennisation du couvert végétal.

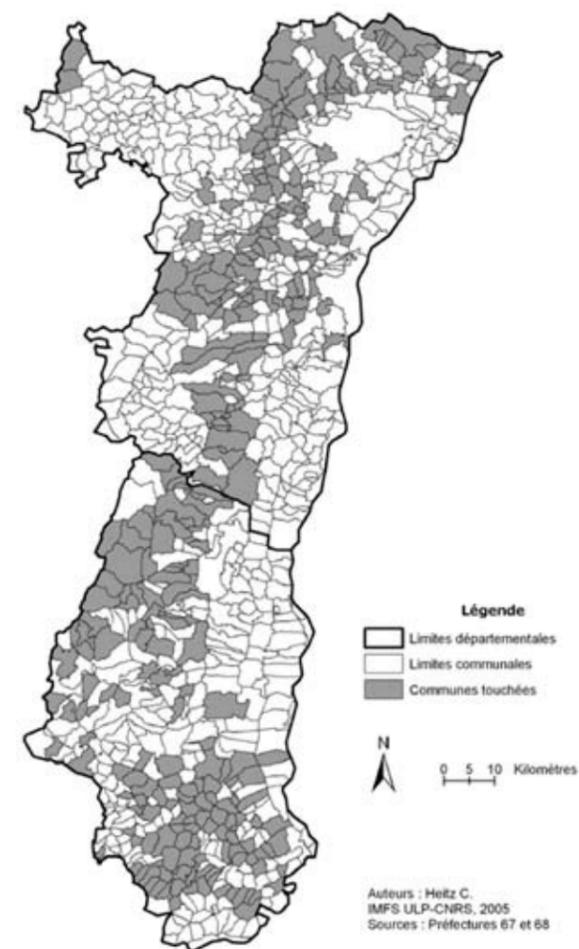


Illustration XXX: Répartition des catastrophes naturelles de type « coulées de boue associée à l'érosion des sols » en Alsace (Sources: Préfectures 67 et 68; Auteurs: Heitz, Henry, 2005)



### 3. Perspectives climatiques

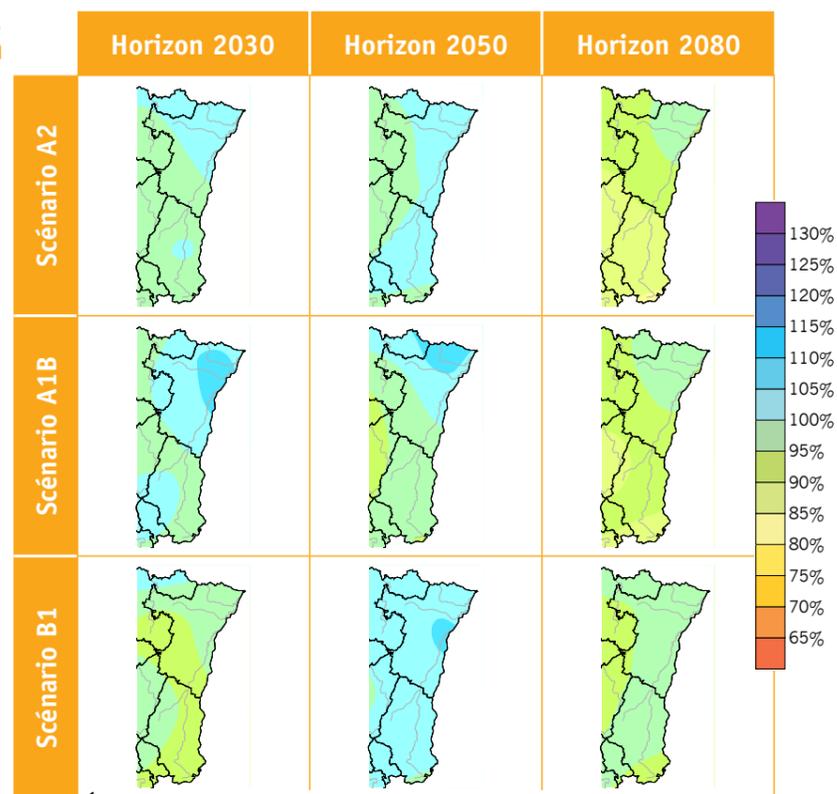
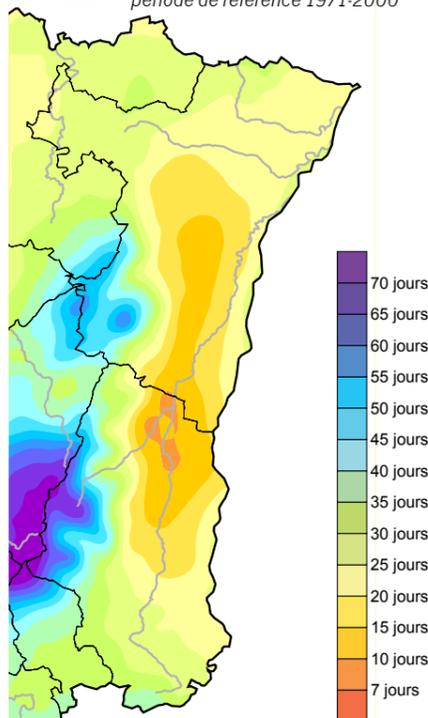
L'urbanisme sera principalement touché par :

- La nécessaire lutte contre l'étalement urbain permettant de limiter les besoins en déplacements ainsi que les consommations d'énergies liés au chauffage;
- L'intensification des trames vertes et bleues dans les agglomérations qui devra accompagner la ville « compacte »;
- L'évolution des régimes de précipitation qui sera la cause de la mise en évidence des actuelles limites du système d'assainissement par exemple.

Les projections de Météo-France pour ce paramètre indiquent, quelque soit le scénario, une légère augmentation du phénomène à l'horizon 2050 avant une diminution globale prévue pour la fin du siècle.

#### Moyenne annuelle du nombre de jours où les précipitations dépassent 10mm

période de référence 1971-2000



Évolution du nombre de jour où les précipitations dépassent 10 mm

### 4. Impacts régionaux

En lien avec les effets prévisibles sur la ressource en eau de la région, l'urbanisation existante dans les secteurs inondables des cours d'eau constitue une vulnérabilité qui augmentera avec les changements climatiques attendus dans l'espace du Rhin Supérieur. L'augmentation de la moyenne annuelle des précipitations, les hivers plus courts, plus humides et plus doux, rendent prévisibles des situations conflictuelles liées à un moindre stockage de l'eau sous forme de neige et à des modifications des écoulements. Face à ce risque, les enjeux sont à la fois humains et financiers.

Une autre conséquence liée à l'augmentation de la fréquence des épisodes de pluie extrême vient de la menace de pollution du milieu naturel par le fonctionnement du système d'assainissement. En effet, ce système aujourd'hui principalement unitaire déverse le trop-plein directement dans les cours d'eau lors des épisodes pluvieux de fréquence décennale. Ce risque se cumule en plus à la saturation des réseaux dans leur partie amont et aux drainages des composés polluants en surface. La capacité des cours d'eau à absorber les polluants reste limitée en raison de leur qualité déjà médiocre et de leur débit réduit.

En lien cette fois avec l'augmentation des épisodes de fortes chaleurs, il faut craindre que dans un contexte fortement urbanisé et en relation avec l'augmentation du nombre personnes vulnérables (vieillesse de la population), les impacts sanitaires soient de plus en plus importants. Les zones urbaines où la présence végétale est faible et où la systématisation des revêtements de sols très minéraux est de mise, sont des facteurs aggravants notamment dans le fossé rhénan où la ventilation naturelle est faible.

#### Forces et faiblesses du territoire

- + Limiter l'étalement urbain est encore possible en intensifiant les fonctions urbaines pour lesquelles des marges de manœuvre sont encore disponibles
- Le réseau d'assainissement unitaire ne permet pas d'absorber les impacts de l'augmentation des pluies hivernales
- La densité de l'Alsace déjà importante accentue le rôle déterminant des choix effectués en matière d'urbanisme
- L'intensification des averses augmentera les risques de mouvement de terrain



## Gouvernance

### État des lieux et perspectives

Le changement climatique est un thème de travail récent pour l'État et les collectivités locales. Si les connaissances s'améliorent rapidement, les incertitudes quant aux modèles employés et aux hypothèses retenues ne permettent pas de fixer précisément les effets potentiels ni leurs ampleurs. Cependant, l'existence du phénomène, n'est plus soumise à débat et des manifestations locales commencent même à apparaître.

Le plan national d'adaptation au changement climatique s'est penché sur la question. Le rapport du groupe de travail sur la gouvernance souligne la complexité de l'exercice qui tient d'un côté de la diversité des acteurs et de leurs intérêts divers et parfois divergents; d'un autre côté, de l'importance de cohérence en matière de stratégie; et enfin, du fait que les actions soient adaptées aux potentiels locaux des territoires. Cette complexité exige une approche globale et intégrée du développement territorial.

Parce qu'elle est encore mal appréhendée, cette approche nécessite des apports en connaissance, en conseil, des consolidations en matière de formation et d'information. Et il faut commencer par une évolution des mentalités, avec une prise de conscience des enjeux et des vulnérabilités des territoires face au changement climatique. C'est en mettant en avant les conséquences des décisions prises par les acteurs que l'appropriation des enjeux liés à l'adaptation pourra se faire.

La difficulté réside dans les incertitudes avec lesquelles on évoque le changement climatique ainsi que dans l'appréhension du concept de « risque acceptable ». L'analyse de la vulnérabilité du territoire est donc l'outil susceptible de sensibiliser des acteurs malgré les prévisions floues du futur et des horizons lointains.

La notion de résilience de la société humaine, totalement ignorée jusqu'à présent, commence, elle aussi à trouver un certain écho. Si depuis le début de l'apparition de la notion du risque, l'homme avait pour but de lutter contre les aléas, maintenant, la résilience définit ses capacités d'adaptation aux perturbations pour faire face et maintenir le fonctionnement de la société en fonction de modifications apportées à son environnement.

Le réchauffement climatique en cours, du fait de l'inertie du système global, rend les changements inévitables. C'est pourquoi les actions d'adaptation aux conséquences « prévisibles » sont nécessaires et viennent compléter celles d'atténuation, déjà engagées.

En Alsace, le réchauffement attendu pour la fin de ce siècle est beaucoup plus important que celui déjà observé au cours du siècle dernier. Selon le scénario A2, du GIEC, dit « pessimiste », et les simulations obtenues de dix modèles climatiques régionaux européens, la période caniculaire de l'été 2003 n'aura rien d'exceptionnelle et sera représentative d'un été « normal » de la fin du siècle. C'est dans le but de limiter l'ampleur des conséquences du changement climatique que les actions d'atténuation sont mises en place. Parallèlement à ces mesures, le but de l'adaptation est de limiter les aspects négatifs des impacts du réchauffement.

L'importance des rôles combinés des collectivités territoriales, des services déconcentrés de l'État mais également de l'ensemble des parties prenantes localement devient capitale non seulement dans la lutte contre le réchauffement climatique mais aussi et surtout dans la réussite de la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Afin de se préparer dès à présent à limiter les impacts négatifs et à tirer des profits des effets positifs, c'est à l'échelle locale qu'il faut travailler pour garantir à la fois efficacité et pragmatisme. Les connaissances et les observations spécifiques à chaque territoire permettent de mieux cibler les secteurs et les enjeux prioritaires lors d'une analyse des vulnérabilités. Pour les secteurs qui demandent une vision à plus long terme, et impliquent des réalisations de longue durée (par exemple, les bâtiments et les réseaux de transport), l'État doit assurer son rôle de pilote de la politique d'adaptation nationale en mettant à disposition les éléments décisionnels pour que les collectivités puissent bénéficier d'une vision plus globale de la problématique.

Identifier des indicateurs territoriaux pertinents pour caractériser la vulnérabilité des territoires au changement climatique est une priorité. Il s'agit de mettre en avant les paramètres territoriaux qui sont susceptibles d'influencer la fréquence et la gravité des impacts attendus. Les indicateurs économiques sont, de toute évidence, les plus utilisés à l'échelle des territoires et servent déjà d'aide à la décision. Sur la base de l'analyse des vulnérabilités du secteur, ces indicateurs devront donc être complétés pour garantir une prise en compte plus globale des effets du changement climatique et des politiques d'adaptation et d'atténuation qui sont menées.

Le défi de la gouvernance territoriale au cours de ce siècle sera dans la recherche d'une nouvelle articulation entre les secteurs d'activités qui concentrent les forces et l'attractivité du territoire. De nouvelles règles de gestion des ressources disponibles devront être mises en place pour éviter les conflits d'intérêts. Le développement de nouvelles capacités d'adaptation aux risques et situations critiques devra aussi être recherché. Enfin, les questions délicates telles que la cohésion sociale, les inégalités écologiques, la participation démocratique des citoyens, risquent de devenir encore plus importantes sous un climat plus chaud.



# ■ Qualité de l'air





# Inventaire des principales émissions des polluants atmosphériques

## Méthodologie

La méthodologie utilisée pour l'inventaire des émissions des polluants atmosphériques est la même que celle utilisée pour les gaz à effet de serre. Cet inventaire porte sur les principaux polluants atmosphériques comptabilisés au niveau régional :

- Les gaz acidifiants et les précurseurs de l'ozone (O<sub>3</sub>)
  - Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)
  - Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)
  - Monoxyde de carbone (CO)
  - Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)
  - Ammoniac (NH<sub>3</sub>)
- Les particules de diamètre moyen 10 µm et 2,5 µm (PM10 et PM2,5)
- Les métaux lourds (le plomb Pb, l'arsenic As, le nickel Ni, le cadmium Cd et le mercure Hg)
- Les composés organiques cancérigènes<sup>(1)</sup>
  - Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
  - Benzo(a)pyrène B(a)P.

Comme pour les gaz à effet de serre, cet inventaire est basé sur le format «SECTEN» suivant six secteurs de sources qui sont, par la suite, déclinés en sous-secteur :

- Transformation d'énergie
- Résidentiel/Tertiaire
- Industrie manufacturière
- Transport routier
- Autres transports
- Agriculture/Sylviculture

<sup>(1)</sup> Les PCB, dioxines et furannes ne sont pas traités dans ce rapport mais les données sont présentées dans le rapport complet de l'ASPA en cahier technique.

<sup>(2)</sup> Les émissions du transport aérien sont prises en compte suivant la méthodologie européenne qui préconise de retenir les émissions dès lors que l'avion se situe en dessous de 1000 m d'altitude. Les émissions au-delà de ce plafond ainsi que celles du trafic aérien survolant la région ne sont pas prises en compte localement.

## 1. Estimation de l'évolution des émissions

### 1.1. Gaz acidifiants et précurseurs de l'ozone

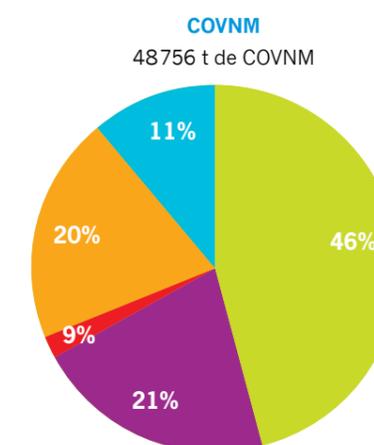
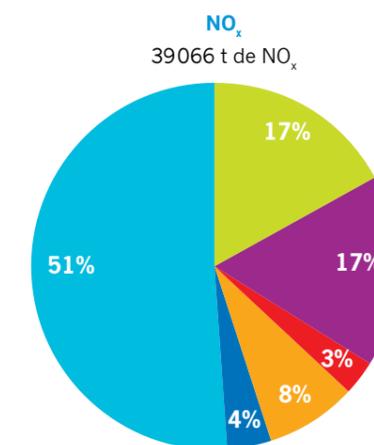
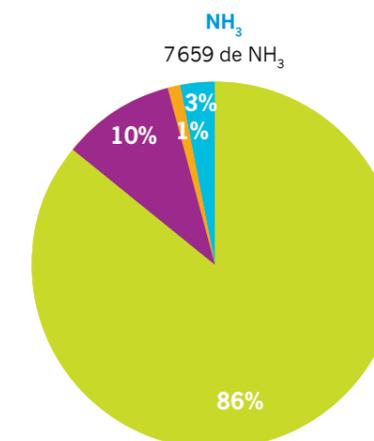
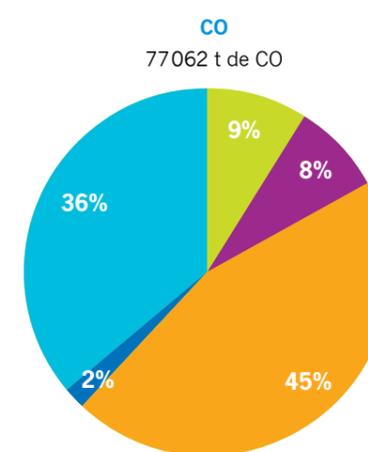
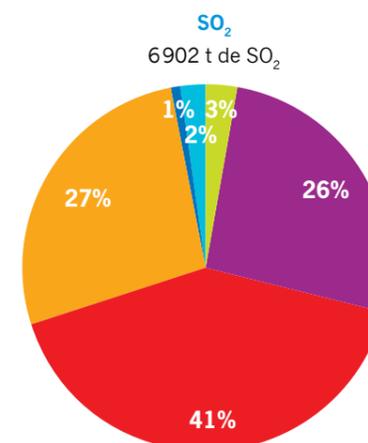
#### 1.1.1. Bilan des émissions en 2007

Le tableau suivant présente pour l'année 2007, la répartition des émissions (en tonnes) pour chaque polluant en fonction des différents secteurs émetteurs.

Secteur	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	NH <sub>3</sub>
Agriculture/sylviculture	228	6516	6649	21756	6526
Industrie	1823	6673	6218	10467	797
Transformation énergie	2756	1088	271	1187	1
Résidentiel tertiaire	1881	3202	35178	9927	91
Autres transports <sup>(2)</sup>	94	1421	1285	236	0
Transport routier	120	20164	27461	5182	243
Total	6902	39066	77062	48756	7659

Tableau 1 : Émissions sectorielles des gaz acidifiants et précurseurs de l'ozone en Alsace pour l'année 2007 (en tonnes de polluant émis à l'atmosphère). Source ASPAw

L'illustration suivante présente cette même répartition de manière graphique.



- Agriculture/sylviculture
- Industrie manufacturière
- Transformation énergie
- Résidentiel/Tertiaire
- Autres transports
- Transport routier

Illustration 1 : Répartitions sectorielles des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COVNM et NH<sub>3</sub> sur la région Alsace en 2007. Source ASPA Inventaire A2007 V2006 V2



### 1.1.2. Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Les émissions en Alsace s'élèvent, en 2007, à 6900 tonnes, représentant 3,8 kg de SO<sub>2</sub> émis par habitant contre 7,0 kg/habitant au niveau national. Le secteur de la transformation d'énergie dont la raffinerie de Reichstett avec près de 40 % des émissions et celui de l'industrie sont à l'origine des 2/3 des émissions (respectivement 41 % et 26 % comme le montre l'illustration I). Le résidentiel/tertiaire vient en troisième position avec près de 27 % des émissions.

Ces émissions ont enregistré une baisse de près de 50 % entre 2000 et 2007 (illustration II) avec une décroissance régulière. Cette évolution est en lien notamment avec la substitution des combustibles soufrés (fiouls et charbons...) par le gaz naturel et l'électricité, ainsi qu'à une baisse des teneurs en soufre dans les combustibles et dans une moindre mesure aux économies d'énergie.

L'industrie est le secteur qui a enregistré la plus forte baisse (près de 60 % contre 40 % en moyenne pour les autres) en relation avec le raffinage de pétroles de moins en moins soufrés à la raffinerie de Reichstett.

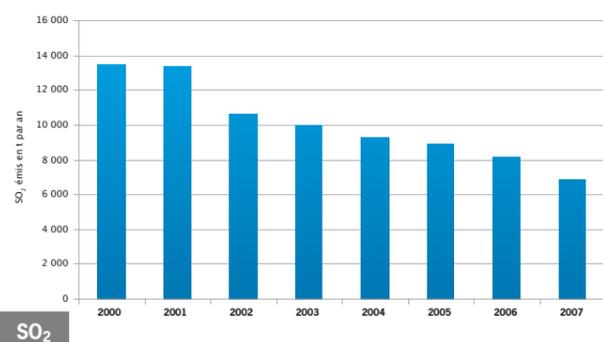


Illustration II: Évolution des émissions de SO<sub>2</sub> en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

### 1.1.3. Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

En 2007, les émissions s'élèvent à 39000 tonnes, soit 21,4 kg/habitant (valeur proche de la moyenne française). Comme au niveau national, les transports routiers représentent le premier émetteur avec 51 % des émissions. Les secteurs de l'agriculture et de l'industrie arrivent ensuite à parts égales (17 % chacun). Le secteur résidentiel/tertiaire représente moins de 10 % du total.

Cependant, dans les zones sensibles où le trafic est important (grandes agglomérations et vallées des Vosges), le secteur du transport routier peut représenter alors jusqu'à plus de 60 % des émissions.

Les rejets de NO<sub>x</sub> ont globalement diminué de 18 % entre 2000 et 2007 (illustration III). Cette baisse régulière est ressentie depuis les années 2002 et 2003 après une phase de stabilisation. Elle est essentiellement attribuable à l'amélioration du parc routier et plus particulièrement à la sévérisation progressive des normes Euro applicables aux véhicules. En revanche, si cette baisse est visible au niveau régional, la tendance est beaucoup moins marquée au sein des agglomérations.

On notera enfin que l'industrie a réduit ses émissions dans les mêmes proportions que le transport routier soit environ 20 %.

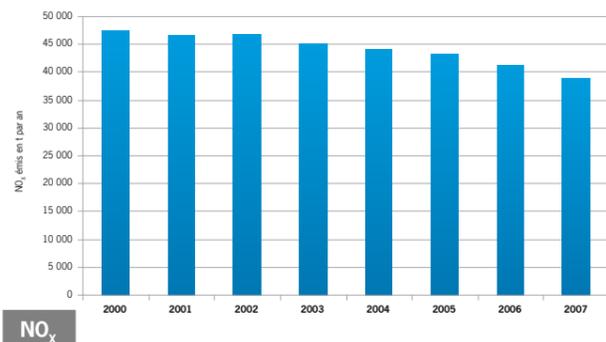


Illustration III: Évolution des émissions de NO<sub>x</sub> en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

### 1.1.4. Monoxyde de carbone (CO)

Les émissions sont de 77000 tonnes environ en 2007, soit 42,2 kg par Alsacien (75,6 kg/hab au niveau national). Alors que les rejets nationaux sont dominés par trois secteurs (résidentiel, industrie et transports routiers), en Alsace, les principaux secteurs sont le résidentiel/tertiaire (45 %) et les transports routiers (36 %) (illustration I). À la différence du niveau national, l'industrie locale est peu émettrice du fait de la faible présence de la métallurgie des métaux non ferreux, l'industrie contribue ainsi à moins de 10 % des émissions, soit autant que l'agriculture.

Les émissions ont globalement diminué depuis les années 2000 (illustration IV). C'est le secteur du transport routier avec l'amélioration du parc roulant (véhicules de plus en plus catalysés) qui en est à l'origine. Le secteur du résidentiel/tertiaire a connu en revanche une évolution plus chaotique mais la tendance reste tout de même à la baisse.

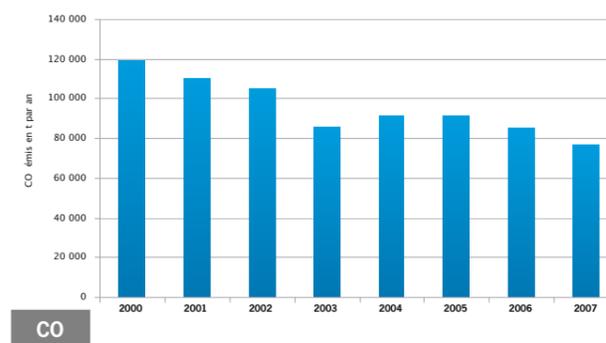


Illustration IV: Évolution des émissions de CO en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

### 1.1.5. Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

En 2007, les émissions s'élèvent à près de 49000 tonnes, soit près de 26,7 kg/Alsacien. Ces composés sont émis par diverses sources: l'agriculture/sylviculture et l'industrie (respectivement 46 % et 21 %), mais également le résidentiel/tertiaire (20 %) et les transports routiers (11 %).

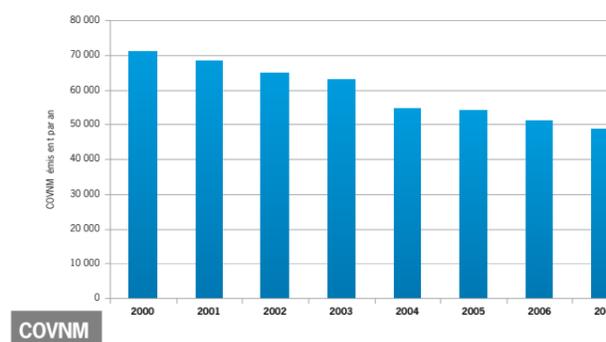


Illustration V: Évolution des émissions de COVNM en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Depuis 2000, les émissions sont en continuelle diminution (illustration V) avec une baisse du secteur industriel de près de 50 % sur cette période et une stagnation des rejets de l'agriculture et du résidentiel/tertiaire.

### 1.1.6. L'ammoniac (NH<sub>3</sub>)

En 2007, les émissions sont évaluées sur le territoire alsacien à environ 7600 tonnes (illustration I), soit 4,2 kg/habitant (11,9 kg/habitant au niveau national). L'agriculture avec près de 86 % des émissions est la principale activité émettrice en Alsace. Le secteur de l'industrie contribue également aux émissions (10 %). Dans le

reste de la France, les rejets sont presque exclusivement liés à l'agriculture et plus particulièrement à l'élevage.

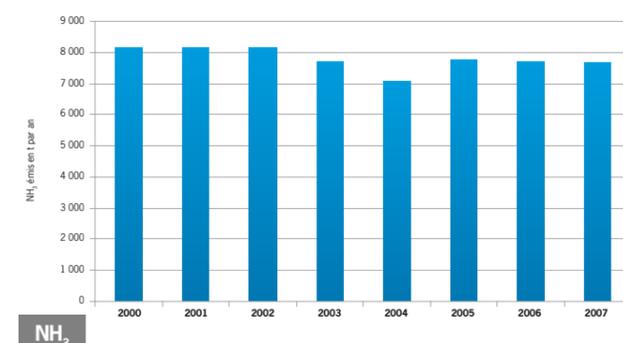


Illustration VI: Évolution des émissions de NH<sub>3</sub> en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Compte tenu de la part importante du secteur agricole, les évolutions constatées entre les années 2000 et 2007 sont à rapprocher des évolutions dans ce secteur (illustration VI). L'augmentation des émissions observée entre 2004 et 2005, est liée au secteur industriel (traitement des déchets) alors que les émissions dues aux transports routiers ont diminué de plus de 20 %.

## 1.2. Les particules de diamètre moyen 10 µm et 2,5 µm (PM10 et PM2,5)

### 1.2.1. Bilan des émissions en 2007

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) s'élèvent, en 2007, à plus de 9400 tonnes. Cela représente, en Alsace, 5,2 kg par habitant contre 7,4 kg au niveau national.

Ces particules sont des polluants multisources: le résidentiel/tertiaire (combustion du bois) et l'agriculture (moissons, labours, élevages) sont les premiers secteurs émetteurs avec respectivement 31 % chacun des émissions, devant les transports routiers (21 %) et l'industrie (14 %) (illustration VII).

Cette répartition est différente au niveau national où l'industrie se place en première position avec l'agriculture, devant le résidentiel et les transports routiers. C'est cette différence des émissions industrielles qui explique l'écart constaté entre les émissions par habitant.

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2,5) sont d'environ 5700 tonnes, soit 3,1 kg/habitant (au niveau national cette valeur est de 4,7 kg/habitant). Contribuant à la moitié des émissions, le secteur résidentiel par la combustion du bois essentiellement est le principal émetteur. Avec 1/4 des émissions, les transports routiers sont également fortement émetteurs.



A contrario, au niveau national la part du résidentiel/tertiaire est plus faible et les secteurs industriel et agricole sont plus importants que les transports routiers. À noter que les PM10 émises par le secteur résidentiel sont en grande partie de diamètre inférieur à 2,5 µm alors que pour l'agriculture, les PM2,5 ne sont que peu représentées parmi les émissions de particules PM10.

Le tableau suivant présente pour l'année 2007 en fonction des différents secteurs, les émissions en tonnes de PM10 et PM2,5.

Secteur	PM10	PM2,5
Agriculture/sylviculture	2925	568
Industrie	1315	571
Transformation énergie	89	59
Résidentiel tertiaire	2964	2886
Autres transports	172	119
Transport routier	1958	1467
<b>Total</b>	<b>9423</b>	<b>5669</b>

Tableau 2: Émissions sectorielles des particules en Alsace pour l'année 2007 (en tonnes émises à l'atmosphère). Source ASPA

L'illustration suivante présente cette même répartition de manière graphique:

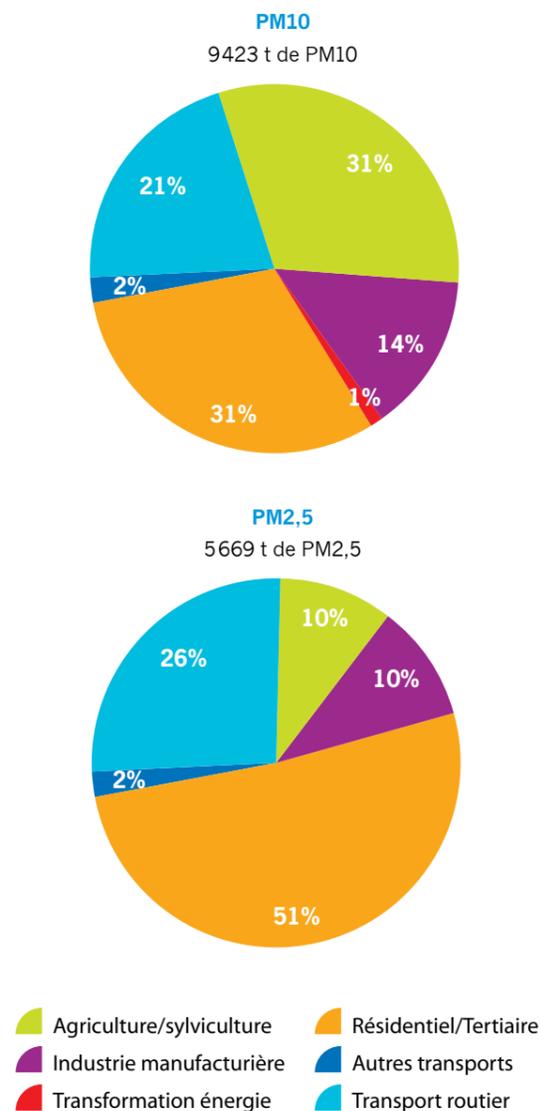


Illustration VII: Répartitions sectorielles des émissions de particules sur la région Alsace en 2007. Source ASPA Inventaire A2007 V2006 V2

### 1.1.2. Évolution des émissions

Que l'on considère les PM10 ou bien les PM2,5, l'évolution des émissions entre 2000 et 2007 est semblable: globalement à la baisse. Toutefois, cette diminution est légèrement plus importante pour les PM2,5 (23 % de baisse pour les PM2,5 contre 17 % pour les PM10). Une première phase de diminution a eu lieu entre 2000 et 2003, puis les émissions annuelles ont stagné entre 2004 et 2006. Enfin depuis 2007, les niveaux d'émissions sont à nouveau à la baisse entraînant ainsi une réduction globale sur la période 2000-2007 pour l'ensemble des émetteurs.

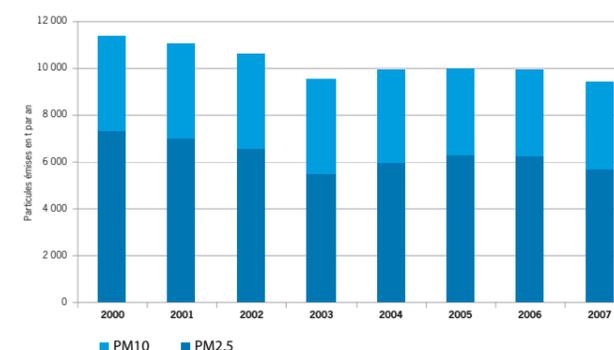


Illustration VIII: Évolution des émissions de particules en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Les variations observées sont similaires, avec une tendance à la baisse légèrement plus importante pour les plus petites particules (PM2,5).

Concernant les PM10, le résidentiel/tertiaire, les transports routiers et l'industrie enregistrent une baisse respective d'environ 20 % depuis 2000. Pour ce qui est des PM2,5, les émissions dues aux transports routiers et au secteur industriel, en baisse depuis 2000, ont diminué de 25 % environ en 2007. Cette baisse est légèrement moins importante pour le secteur résidentiel (-20 %) alors que l'agriculture enregistre une diminution de 12 %.

### 1.3. Les métaux lourds (le plomb Pb, l'arsenic As, le nickel Ni, le cadmium Cd et le mercure Hg)

#### 1.3.1. Bilan des émissions en 2007

Le tableau suivant présente pour l'année 2007, la répartition des émissions (en kg) pour chaque polluant en fonction des différents secteurs émetteurs.

Secteur	Pb	As	Ni	Cd	Hg
Agriculture/sylviculture	13	3	29	2	1
Industrie	461	81	1302	49	160
Transformation énergie	79	56	1584	15	133
Résidentiel tertiaire	843	101	127	29	16
Autres transports	269	0	2	< 1	0
Transport routier	0	0	83	12	0
<b>Total</b>	<b>1664</b>	<b>240</b>	<b>3126</b>	<b>107</b>	<b>311</b>

Tableau 3: Émissions sectorielles des métaux lourds en Alsace pour l'année 2007 (en kilos de polluant émis à l'atmosphère). Source ASPA



L'illustration suivante présente cette même répartition mais de manière graphique.

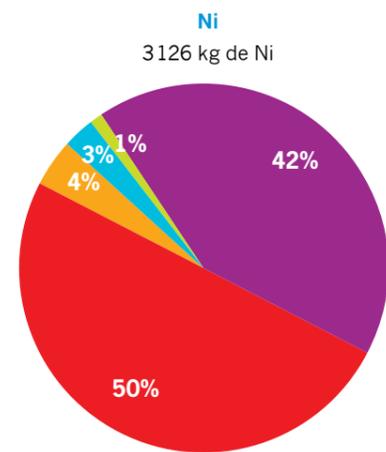
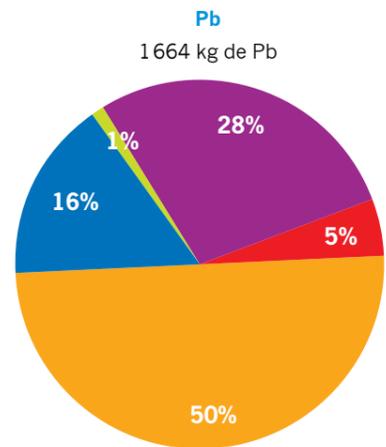
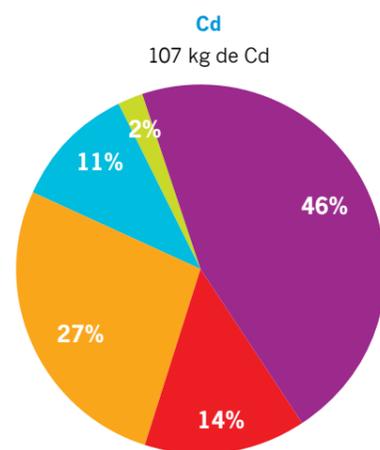
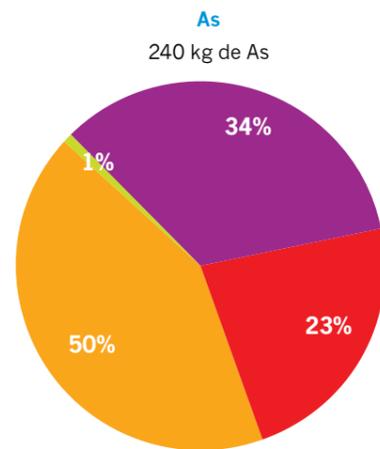
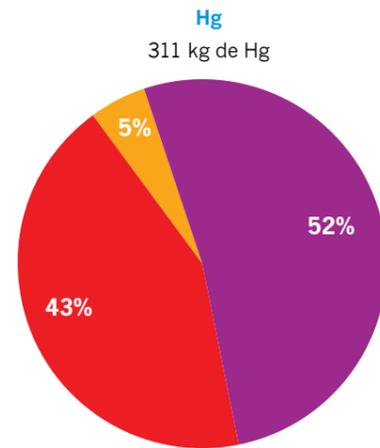


Illustration IX: Répartitions sectorielles des émissions de métaux lourds sur la région Alsace en 2007. Source ASPA Inventaire A2007 V2006 V2



### Le plomb (Pb)

Les émissions s'élèvent à environ 1 660 kg en 2007. En France, les rejets atmosphériques sont largement associés au secteur industriel (75 % environ), le résidentiel ne représentant qu'un quart des émissions. En Alsace, le secteur résidentiel/tertiaire est le premier émetteur avec près de 50 % des émissions (illustration IX). L'industrie et les transports non routiers (l'aviation légère utilise encore de l'essence plombée) contribuent respectivement à 28 % et 16 % des émissions.

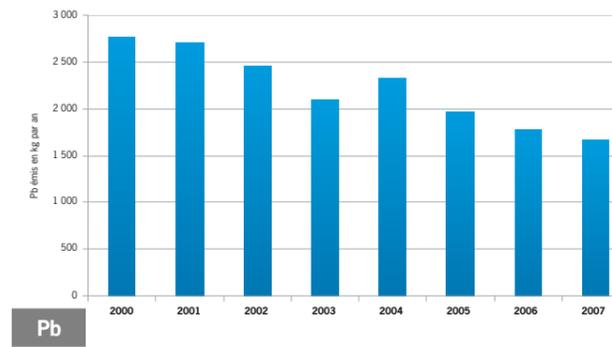


Illustration X: Évolution des émissions de plomb en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Les rejets sont globalement en diminution depuis l'année 2000 (illustration X). Cette tendance est valable quel que soit le secteur d'activité mais des différences entre secteurs peuvent être importantes. En effet, le secteur du traitement des déchets enregistre une baisse d'environ 75 % suivie par le secteur industriel avec environ 60 %. Le secteur résidentiel qui représente près de 50 % des émissions en 2007 a de son côté baissé d'environ 20 % ainsi que les transports non routiers et la production/distribution d'énergie.

### L'arsenic (As)

En 2007, les émissions sont de 240 kg. L'arsenic est émis par diverses sources: le résidentiel/tertiaire tout d'abord (42 % des émissions sont liées à la consommation de fioul et de bois), mais également la transformation de l'énergie et l'industrie (illustration IX). Ces mêmes sources se retrouvent dans le profil des émissions nationales avec cependant une part nettement plus importante pour des activités industrielles peu représentées en Alsace.

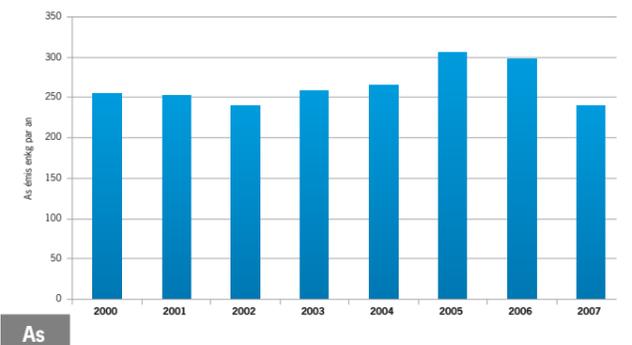


Illustration XI: Évolution des émissions d'arsenic en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Les émissions sont restées assez stables entre 2000 et 2004. Les années 2005 et 2006 se sont en revanche accompagnées d'une forte hausse avant de revenir en 2007 à un niveau inférieur à celui de 2000 (illustration XI).

C'est le sous-secteur du traitement des déchets qui explique cette variation qui est due à la mise en place de l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) de Sausheim. Les émissions entre 2000 et 2007 sont en baisse pour le résidentiel (-20 % environ) et la transformation de l'énergie (-30 % environ). Les émissions du secteur industriel subissent depuis 2000 des variations annuelles relativement importantes mais n'ont au final, en 2007, pas évolué sur la période.

### Le nickel (Ni)

Les rejets sont environ de 3 130 kg pour l'année 2007. Les émissions sont dominées par deux secteurs: la transformation de l'énergie et l'industrie (contribuant respectivement à 50 % et 42 % des émissions) du fait d'une forte utilisation du fioul lourd (illustration IX).

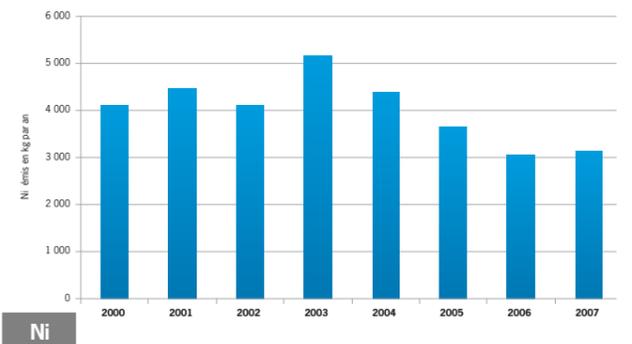


Illustration XII: Évolution des émissions de nickel en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA



Les émissions annuelles enregistrent une baisse d'environ 25 % entre 2000 et 2007, en lien avec une diminution de la consommation de fioul lourd (illustration XII). En effet, les rejets atmosphériques de nickel proviennent principalement de l'utilisation de ce combustible.

La transformation de l'énergie et de l'industrie (92 % des émissions) voient leurs émissions respectives diminuer entre 2000 et 2007 de 30 % environ pour la transformation de l'énergie, et de près de 10 % pour l'industrie.

À noter que la hausse importante des émissions en 2003 est associée au secteur du traitement des déchets, et plus particulièrement à l'UIOM de Sausheim.

### Le cadmium (Cd)

Les émissions s'élèvent, en 2007, à près de 110 kg. Le cadmium est un polluant émis par un grand nombre de secteurs consommateur de combustibles fossiles (fioul ou charbon) ou de bois, mais aussi par l'incinération des déchets. Les émissions régionales se répartissent donc essentiellement entre l'industrie (46 %), le résidentiel/tertiaire (27 %), la transformation de l'énergie (14 %), les transports routiers (11 %).

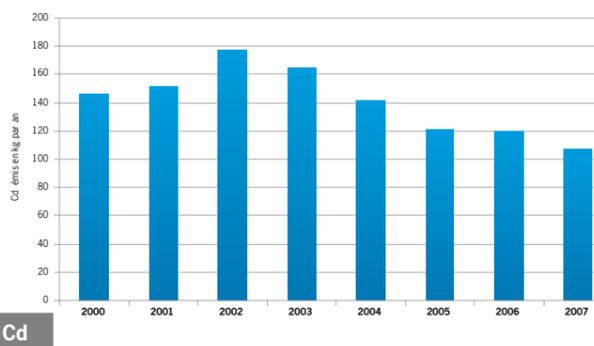


Illustration XIII: Évolution des émissions de cadmium en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Après une hausse relativement importante en 2002, les émissions sont depuis lors à la baisse. En 2007, les rejets sont environ de 25 % inférieurs à ceux de l'année 2000 (illustration XIII). Les variations sont liées principalement au secteur du traitement des déchets et plus particulièrement aux usines d'incinération d'ordures ménagères. Les émissions des autres secteurs sont en revanche assez variables: à la baisse pour le résidentiel/tertiaire et la transformation de l'énergie (-25 % environ entre 2000 et 2007), alors que pour le secteur des transports routiers, les rejets en 2007 sont de 5 % supérieurs à ceux de l'année 2000.

### Le mercure (Hg)

Les rejets sont environ de 310 kg pour l'année 2007. Ils proviennent en grande partie (95 %) des secteurs de l'industrie (industrie du chlore) et de la transformation de l'énergie (raffinage). Les activités du traitement des déchets, en particulier l'incinération, sont également des sources non négligeables (illustration IX). Ces principaux émetteurs suivent la répartition nationale.

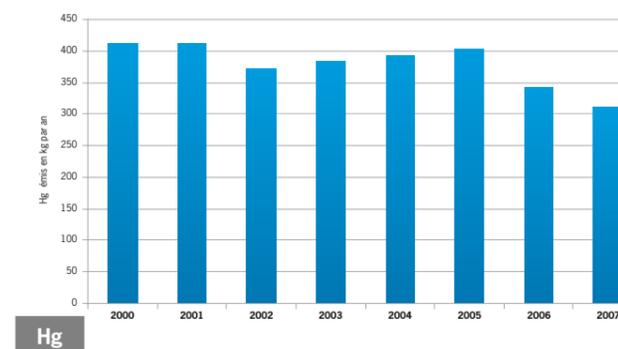


Illustration XIV: Évolution des émissions de mercure en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

L'évolution des émissions entre 2000 et 2007 est caractérisée par quelques fluctuations (illustration XIV). Depuis 2006, les rejets suivent une tendance à la baisse atteignant, en 2007, un niveau inférieur de 25 % aux émissions de l'année 2000. Les variations observées sont en grande partie fonction de l'activité du secteur industriel (industrie du chlore) et de la transformation de l'énergie (raffinage). Ces secteurs voient une baisse par rapport à 2000 (-14 % pour l'industrie et -30 % pour la production d'énergie). Il faut aussi noter que près de 90 % des émissions industrielles sont le fait d'une seule installation à Thann. Le traitement des déchets (en particulier l'incinération) impacte également l'évolution des émissions par la forte augmentation observée en 2005.

## 1.4. Les composés organiques cancérigènes

### 1.4.1. Bilan des émissions en 2007

Le tableau suivant présente pour l'année 2007, la répartition des émissions (en kg) pour chaque polluant visé en fonction des différents secteurs émetteurs.

Secteur	Benzène C6H6	Benzo(a) pyrène BaP
Agriculture/sylviculture	45 090	1,5
Industrie	17 247	3
Transformation énergie	8 563	0,3
Résidentiel tertiaire	58 576	616,3
Autres transports	5 975	0,7
Transport routier	107 131	19,4
<b>Total</b>	<b>242 581</b>	<b>641,2</b>

Tableau 4: Émissions sectorielles des composés organiques cancérigènes en Alsace pour l'année 2007 (en kilos de polluant émis à l'atmosphère). Source ASPA

L'illustration suivante présente cette même répartition mais de manière graphique.

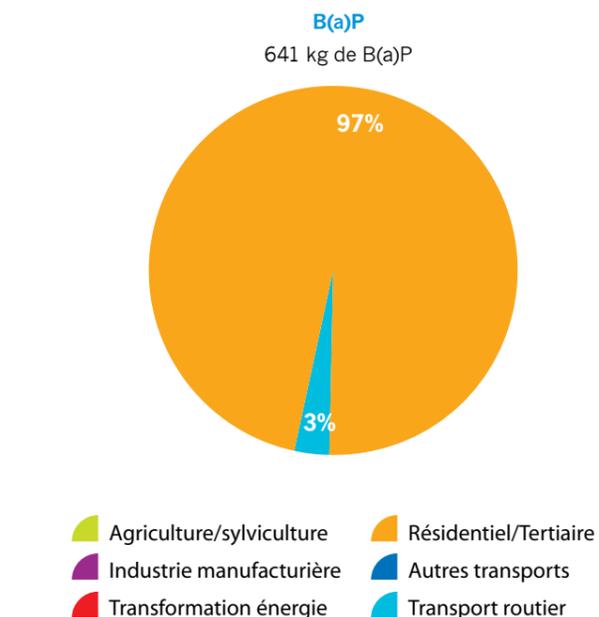
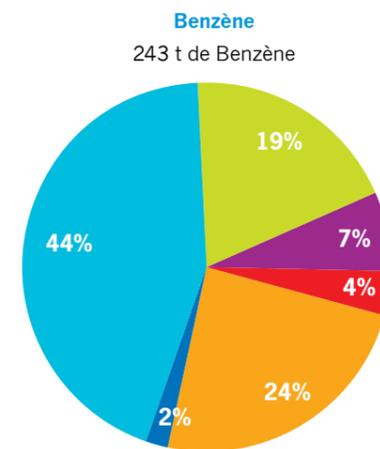


Illustration XV: Répartitions sectorielles des émissions de composés organiques cancérigènes sur la région Alsace en 2007. Source ASPA Inventaire A2007 V2006 V2

### Le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Les rejets de benzène s'élèvent, en 2007, à plus de 240 tonnes. Avec 44 % des émissions, les transports routiers sont les premiers émetteurs, devant le secteur résidentiel/tertiaire à cause de la combustion de biomasse (24 %) et l'agriculture à cause des engins mobiles (19 %) (Illustration XV).

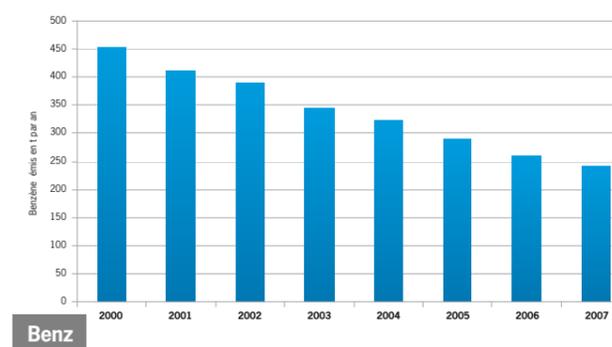


Illustration XVI: Évolution des émissions de benzène en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA



Les émissions sont en constante diminution depuis 2000 (illustration XVI). En 2007, une baisse de plus de 45 % est enregistrée par rapport à 2000. L'évolution constatée est due en grande partie aux transports routiers, qui ont diminué de 65 % entre 2000 et 2007 par une diminution du taux de benzène dans les essences et surtout la diésélisation du parc automobile... Les émissions du résidentiel/tertiaire et de l'agriculture ont peu évolué depuis 2000.

### Le benzo(a)pyrène B(a)P

En 2007, les émissions sont d'environ 640 kg. Elles sont liées à la consommation de bois comme moyen de chauffage. En effet, les rejets proviennent presque exclusivement (97 %) du secteur résidentiel/tertiaire dont la combustion de bois (Illustration XV).

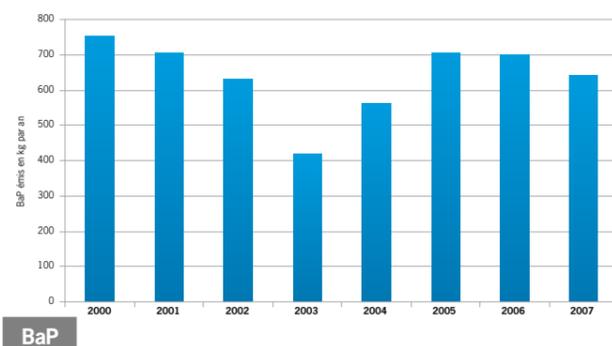


Illustration XVII: Évolution des émissions de benzo(a)pyrène en Alsace entre 2000 et 2007. Source ASPA

Les émissions ont diminué de 15 % entre 2000 et 2007 avec toutefois des variations importantes. L'évolution est surtout caractérisée par le niveau le plus bas enregistré en 2003 (-45 % par rapport à 2000). Ensuite, après une hausse entre 2003 et 2005, les émissions enregistrent à nouveau une baisse.

L'évolution globale est liée aux variations observées dans le secteur résidentiel/tertiaire en fonction de la consommation en bois énergie.

**Globalement, les émissions de gaz impliqués dans les phénomènes d'acidification et de photochimie ont diminué entre 2000 et 2007 avec une forte baisse pour le dioxyde de soufre et le monoxyde de carbone, plus modérée pour les oxydes d'azote et l'ammoniac.**

**Les émissions de particules baissent depuis 2000, d'environ 20 % pour les secteurs du résidentiel/tertiaire, de l'industrie et du transport routier et de 10 % pour l'agriculture.**

**Les émissions de benzène ont fortement diminué depuis 2000 (plus de 40 %). Cette baisse est principalement liée au transport routier. Les émissions de B(a)P sont fortement liées à la consommation de biomasse dans le secteur résidentiel. Une légère diminution entre 2000 et 2007, est constatée.**

**Les émissions de métaux lourds sont dans la plupart des cas largement tributaires de l'activité industrielle, des énergies utilisées et du traitement des déchets. Leurs variations peuvent être importantes d'une année à l'autre. Mis à part l'arsenic, dont les émissions sont quasi constantes depuis 2000, les émissions des différents métaux lourds présentent une tendance à la baisse.**



# Évaluation de la qualité de l'air

## 1. Enjeux de qualité de l'air

### 1.1 Réduction des concentrations en particules PM2,5

En lien avec les enjeux sanitaires, la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement a retenu l'adoption d'un « plan particules ». L'objectif de ce plan qui décline les engagements 149 et 151 du Grenelle est de réduire les concentrations dans l'air de PM2,5 de 30 % entre 2010 et 2015. Il vise également à réduire les émissions d'oxydes d'azote (NOx) et d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) précurseur de PM10 et concerne tous les secteurs d'émissions de ces polluants atmosphériques: le résidentiel/tertiaire, l'industrie, les transports et l'agriculture.

Parallèlement à cette réduction, tout doit être mis en œuvre pour ne pas dépasser la valeur limite annuelle pour les PM10 (40 µg/m<sup>3</sup>) et la valeur limite journalière PM10 (50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser 35 jours dans l'année).

En Alsace, les concentrations annuelles de PM2,5 dans les agglomérations de Strasbourg et de Mulhouse, actuellement de 19-20 µg/m<sup>3</sup>, devront diminuer de 30 % pour atteindre 13-14 µg/m<sup>3</sup> à l'horizon 2015 c'est-à-dire bien en deçà de la valeur limite 2015 fixée à 25 µg/m<sup>3</sup>.

### 1.2 Autres polluants prioritaires

La fiche 2 du Plan National Santé Environnement 2 (décliné localement en Plan Régional Santé Environnement 2) vise à réduire de 30 % (entre 2007 et 2013) les rejets dans l'air de 6 substances toxiques jugées prioritaires: le benzène, les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), l'arsenic, le mercure, les dioxines et le PCB (polychlorobiphényle).

	Émissions 2000	Émissions 2007	Tendance 2000-2007	Objectif 2013
<b>Benzène</b>	452 t	243 t	↘↘	170 t
<b>HAP</b> <i>Dont B(a)P</i>	12,9 t 0,76 t	11,4 t 0,64 t	↘ ↘	7,95 t 0,52 t
<b>Arsenic</b>	0,26 t	0,24 t	→	0,17 t
<b>Mercur</b>	0,41 t	0,31 t	↘	0,22 t
<b>Dioxines</b>	18,2 g	5,7 g	↘↘	4,0 g
<b>PCB</b>	0,04 t	0,04 t	→	0,03 t

Tableau 1: Émissions des 6 substances prioritaires en Alsace en 2000 et 2007 (inventaire ASPA année référence 2000-version 2006-v3 et année référence 2007-version 2006-v2) ainsi que les objectifs 2013.

Toutefois, le groupe de travail sur l'exposition responsable de pathologie à fort impact sur la santé du PRSE2 (Plan Régional de Santé Environnement) a validé que:

- Les niveaux de benzène (notamment en proximité trafic et industriel) restent très inférieurs à la valeur limite annuelle (5 µg/m<sup>3</sup>) et ont fortement diminué entre 2003 et 2010 dans les agglomérations alsaciennes (-25 à -30 %).
- L'arsenic n'est pas un enjeu de qualité de l'air en Alsace étant donné que les mesures à proximité d'émetteurs potentiels (usines d'incinération d'ordures ménagères, industries...) restent très en deçà de la valeur cible à respecter en 2013, fixée à 6 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
- Les émissions de mercure sont globalement faibles. En revanche, les densités d'émissions sont variables et peuvent être importantes en proximité industrielle en particulier dans la vallée de la Thur (voir partie 2.2.1).
- L'évaluation des niveaux des HAP dans l'atmosphère depuis 2008 et notamment du benzo(a)pyrène (pour lequel il existe une norme de qualité de l'air à respecter d'ici 2013) n'a pas montré de dépassement de la valeur cible (1 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle).

### 1.3 Élément d'évaluation préliminaire en proximité de trafic

L'Alsace est une importante région logistique, au cœur de la vallée du Rhin supérieur, à l'interface de l'Europe latine et de l'Europe germanique sur un carrefour international où convergent des corridors routiers, ferroviaires et fluviaux.

La thématique du transport génère deux questions:

- Une problématique urbaine née de la conjonction de densité à la fois des émissions de polluants et de la population exposée. Cette échelle urbaine de la pollution atmosphérique exige une attention particulière en matière de santé publique et notamment aux abords des axes les plus chargés comme à Strasbourg le long de l'A35 (trafic pendulaire) et dans la vallée de la Thur, dans la zone de Thann.
- Un trafic important notamment de poids lourds pose la question de l'évaluation de l'exposition de la population en zone interurbaine en proximité trafic: le long des axes autoroutiers, des axes départementaux chargés Strasbourg-Belfort (RD 1083) et Strasbourg-Saverne (RD 1004) et dans les vallées vosgiennes soumises à des trafics de transit (vallée de la Thur, col de la Schlucht...).

#### Exposition de la population alsacienne à la pollution de proximité des axes de circulation

Au-delà des automobilistes exposés à la pollution trafic des autoroutes, de nombreuses personnes vivent à proximité de grands axes de circulation régionaux. Sur l'autoroute A35 (164 000 véhicules/jour) imbriquée dans la partie urbaine de Strasbourg: 18 000 personnes vivent dans un couloir de 250 mètres, 47 000 à 500 mètres et 105 000 à 1 km.

À l'échelle régionale, 150 000 personnes (8 % de la population alsacienne) habitent dans une bande de 250 mètres autour des axes interurbains les plus chargés (>15 000 véhicules/jour) sont potentiellement soumises à une pollution importante liée à la proximité du trafic.

### 1.4 Zones sensibles

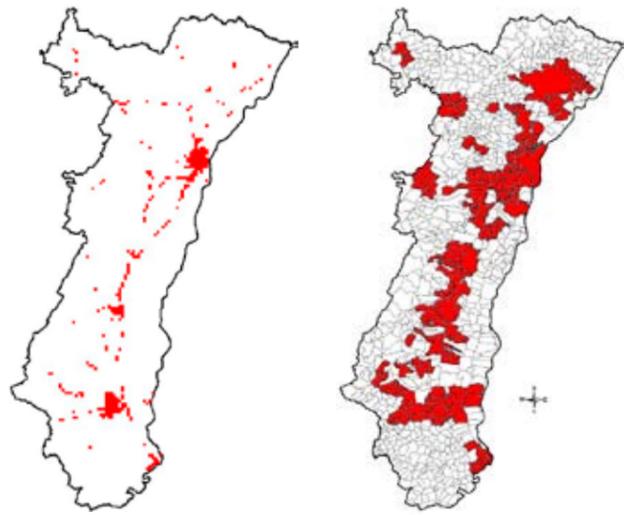
Dans ce paragraphe, il s'agit d'identifier les portions des territoires susceptibles de présenter des sensibilités particulières à la pollution de l'air (dépassements de normes, risque de dépassement, etc.) du fait de leur situation au regard des niveaux de pollution, de la présence d'activités ou de sources polluantes significatives, de populations et/ou d'écosystèmes plus particulièrement fragiles.

Dans ces zones, des orientations destinées à prévenir ou réduire la pollution atmosphérique afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air mentionnés aux articles L221-1 et R221-2 pourront être définies et des actions spécifiques engagées.

Une méthodologie générique nationale a été mise au point fin 2010 pour réaliser des cartes régionales des zones sensibles.

La carte des zones sensibles alsaciennes fait ressortir les zones densément peuplées de la plaine et le réseau routier structurant. Les zones de sensibilité environnementale (principalement les Vosges et ses forêts) n'apparaissent pas à travers l'application de cette méthode.

Au final, la zone sensible couvre plus de 150 communes alsaciennes correspondant à 28,6 % du territoire et 63 % de la population alsacienne. Cette superficie est importante au regard de l'objectif de prendre en compte 20 % du territoire.



Cartes 1 et 2: Maillages kilométriques considérés comme sensibles selon la méthodologie nationale (à gauche) et communes « sensibles » retenues (à droite).

#### Méthodologie de définition des zones sensibles (décembre 2010)

Groupe de travail national « zones sensibles »: MEDDTL, LCSQA, ATMO RHÔNE ALPES, ASPA, AIR NORMAND, AIRPARIF, ADEME - DRC-10-114401-13367A.

Cette méthode en 6 étapes prend en compte la spécificité de chaque région:

- Étape 1:** Identification des régions françaises dans lesquelles la pollution de fond peut induire un dépassement de valeurs limites pour les particules PM10.
- Étape 2:** Délimitation des zones soumises ou potentiellement soumises à un dépassement de valeurs limites dans les régions définies ci-dessus pour les particules PM10.
- Étape 3:** Délimitation des zones présentant des surémissions (par rapport à la moyenne nationale) d'oxydes d'azote.
- Étape 4:** Délimitation des zones de forte densité de population.
- Étape 5:** Délimitation des zones jugées sensibles pour les écosystèmes.

**Étape 6:** Détermination des zones sensibles à partir des zones délimitées dans les étapes précédentes. Les zones définies doivent remplir 1 critère de « pollution » au moins (étape 2 ou 3) plus 1 critère de « sensibilité » (étape 4 ou 5).

À titre de comparaison, les zones sensibles couvrent 9,4 % de la Haute Normandie et 22 % du territoire de la région Rhône Alpes.

## 2. Évaluation de la qualité de l'air

### 2.1. Bilan de la qualité de l'air pour les polluants réglementés

Ce chapitre est un bilan synthétique de la qualité de l'air, des évolutions de la situation vis-à-vis des dépassements de valeurs réglementaires (dispositifs préfectoraux, valeurs limites européennes) et de la situation de certains polluants potentiellement problématiques. Il existe des rapports plus détaillés aussi bien sur la qualité de l'air que sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques qui sont disponibles auprès de l'ASPA.

#### 2.1.1. Évolution de la qualité de l'air par polluant

Le bilan des niveaux observés pendant la période 2000 à 2010 a été réalisé en distinguant les indicateurs de pollution liés principalement à l'industrie (dioxyde de soufre), au transport, au résidentiel/tertiaire (oxydes d'azote, particules, benzène...) ou à la photochimie (ozone).

Polluant	Ozone	NO <sub>2</sub>	PM10 *	CO	SO <sub>2</sub>	Benzène
<b>Grandeur prise en compte</b>	ME	MA	MA	MA	MA	MA
<b>Strasbourg</b>	+17 %	-18 %	-3 %		-59 %	-30 %
<b>Mulhouse</b>	+7 %	-2 %	-23 %		-67 %	-28 %
<b>Colmar</b>	+14 %	-15 %	-15 %		-43 %	-23 %
<b>Prox. Industrie</b>		-13 %			-23 %	
<b>Prox. Trafic</b>		-12 %	-9 %	-67 %		-26 %
<b>Rural</b>	+7 %					
<b>Rural montagne</b>	+5 %					

Tableau 2: Évolution des concentrations entre 2000 (2003 pour le benzène) et 2010 pour 6 polluants. Ces pourcentages se basent sur la pente d'évolution des concentrations depuis 2000 définie par régression linéaire.

MA: moyenne annuelle / ME moyenne estivale du 1er avril au 30 septembre.

\* L'évolution des niveaux de PM10 est faite sur la fraction volatile des particules. La fraction volatile des particules n'est prise en compte qu'à partir de 2007.

Entre 2000 et 2010, les indicateurs annuels d'évolution de la qualité de l'air montrent qu'en situation de fond notamment en milieu urbain, la pollution au dioxyde de soufre (d'origine industrielle) continue à diminuer, tout comme celle du monoxyde de carbone (traceurs d'une pollution issue du trafic).

Concernant le dioxyde d'azote, autre traceur d'une pollution issue du trafic, les niveaux sont en baisse sur Strasbourg et Colmar mais stagnent à Mulhouse notamment les 3 dernières années.

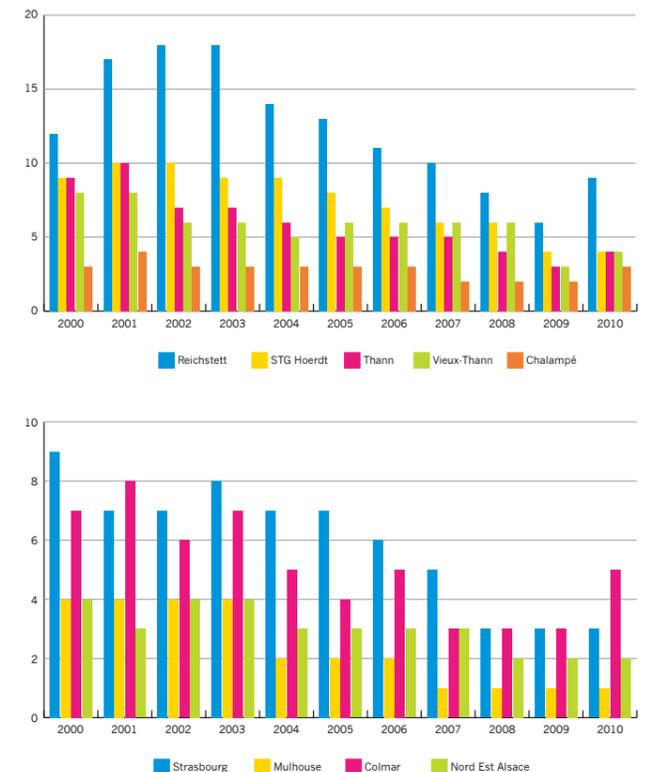
Le bilan de 10 ans de mesures des particules PM10 est relativement délicat étant donné l'application depuis 2007 du coefficient d'ajustement (prise en compte de la fraction volatile des particules). Cependant, entre 2007 et 2009, les concentrations annuelles tendent à diminuer à Mulhouse et Colmar mais restent stables à Strasbourg.

Mise à part l'année de la canicule de 2003 favorable à l'ozone, malgré des niveaux très fluctuants, on note une tendance à la hausse de la pollution photochimique.

#### 2.1.2. Pollution d'origine industrielle

##### Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Sur ces 10 dernières années, les teneurs de fond de SO<sub>2</sub> ont été divisées par deux dans les grandes agglomérations et ne sont plus considérées comme un enjeu prioritaire dans les agglomérations alsaciennes. À Strasbourg, à proximité du premier émetteur de dioxyde de soufre alsacien (raffinerie de Reichstett), la diminution des moyennes annuelles est moindre mais également perceptible (-23 %).



Illustrations I et II: Évolution des concentrations en µg/m<sup>3</sup> de dioxyde de soufre entre 2000 et 2010 (stations de fond et industrielles).



### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

En proximité industrielle, le dioxyde d'azote est suivi à proximité de 2 émetteurs importants industriels dans la zone de Chalampé-Ottmarsheim: Rhodia à Chalampé (559 tonnes de NOx en 2009) et PEC Rhin à Ottmarsheim (371 tonnes de NOx en 2009). Au cours des 10 dernières années, seule la station industrielle de Chalampé affiche une franche diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> entre 2000 et 2010 (environ -18 %). Celles observées sur le site d'Ottmarsheim stagnent depuis 2004 autour de 25 µg/m<sup>3</sup>. Cette évolution des concentrations est à mettre en lien avec l'évolution des émissions sur la même période: -55 % à Rhodia et -27 % à PEC Rhin.

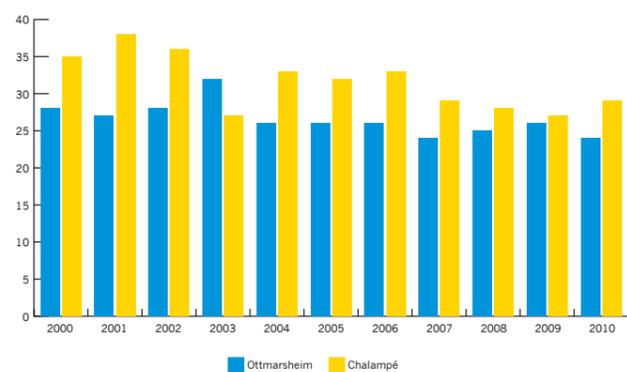


Illustration III: Évolution des concentrations de dioxyde d'azote entre 2000 et 2010 (stations industrielles).

### Plomb (Pb)

Les concentrations en plomb relevées dans l'atmosphère strasbourgeoise ont drastiquement chuté entre 1986 et 1994 en raison de l'utilisation accrue de l'essence non plombée et de l'interdiction du plomb dans les essences à partir de 2000. Depuis 2003, les moyennes annuelles dans les agglomérations alsaciennes sont en diminution (-23 à -30 %). Le suivi de la pollution au plomb se fait désormais par estimation objective à partir de l'inventaire des émissions et du cadastre associé.

### Autres métaux lourds

Les métaux lourds cités par la directive européenne 2004/107/CE ne font l'objet d'une évaluation préliminaire systématique que depuis 2009 autour des principaux rejets (raffinerie, UIOM...). Les concentrations relevées sur les deux premières années sont très en deçà des valeurs cibles (ou valeur limite dans le cas du plomb) – (tableau 2).

### 2.1.3. Pollution d'origine urbaine (transports et résidentiel tertiaire)

### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

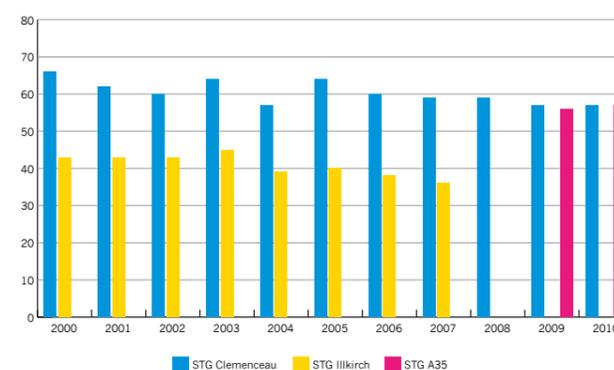
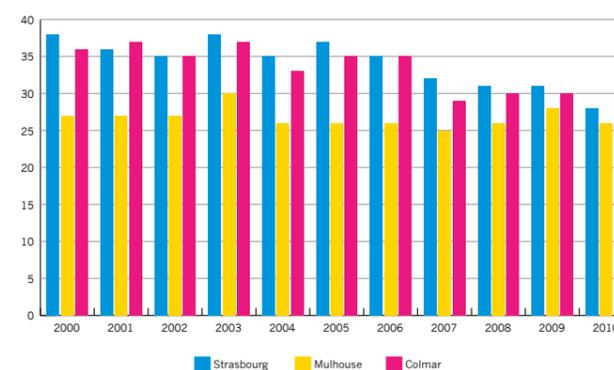
En agglomération, les niveaux de fond de dioxyde d'azote sont à la baisse depuis 2000 (diminution très faible pour Mulhouse). Cette diminution des niveaux, en lien avec l'amélioration des moteurs automobiles, est toutefois contrebalancée en partie:

- Par la diésélisation du parc routier.
- Par la généralisation du filtre à particules (FAP) augmentant les émissions d'oxydes d'azote et entraînant une diminution du rapport [NO]/[NO<sub>2</sub>] à l'émission des véhicules.
- Par le transfert d'oxydes d'azote sur des longues distances.

En situation de proximité trafic, la baisse des concentrations de NO<sub>2</sub> est moins évidente.

	Pb	Cd	Ni	As	Cr	Cu	Zn
Valeurs cibles (limite pour le plomb) en moyenne annuelle en ng/m <sup>3</sup>	500	5	20	6	-	-	-
<b>2009</b>							
Hoerd	8,34	0,20	2,2	0,61	2,88	7,72	38,1
Sausheim	5,87	0,12	1,1	0,37	2,06	12,6	33,0
Schweighouse/Moder	6,63	0,15	1,3	0,45	2,38	7,10	24,1
<b>2010</b>							
Reichstett	7,20	0,20	3,1	0,5	2,00	9,60	23,7
STG Rhin	13,4	0,30	2,5	0,8	4,1	13,5	87,4

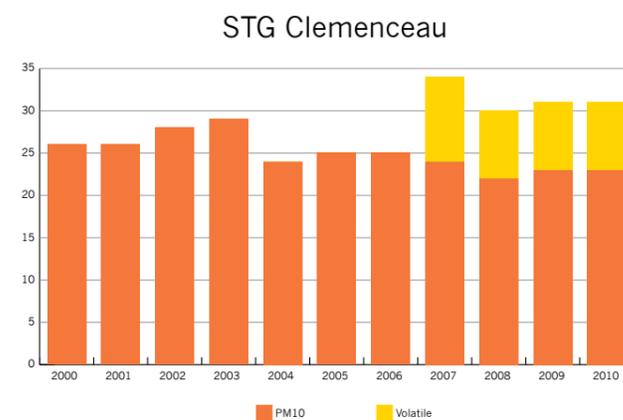
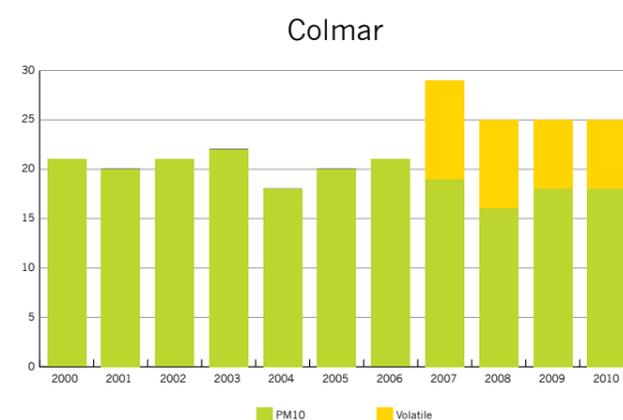
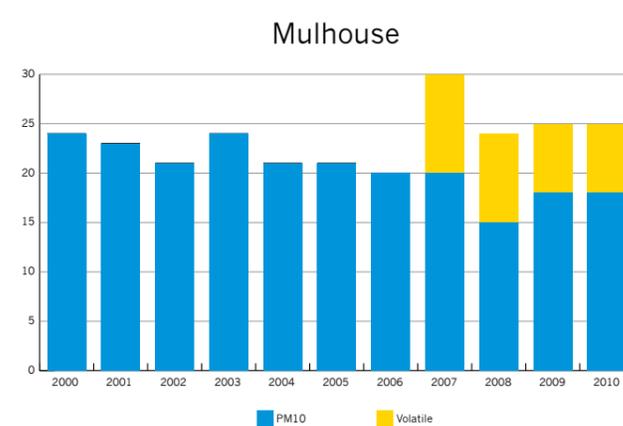
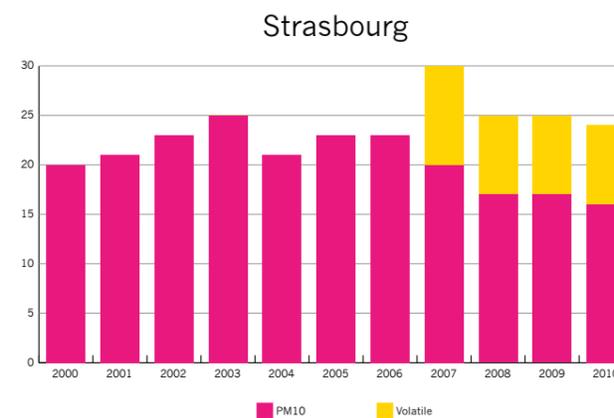
Tableau 2: Concentrations annuelles en ng/m<sup>3</sup> de métaux lourds pour les années 2009 et 2010 – Pb: plomb – Cd: cadmium – Ni: nickel – As: arsenic – Cr: chrome – Cu: cuivre – Zn: zinc



illustrations IV et V: Évolution des concentrations en µg/m<sup>3</sup> de dioxyde d'azote entre 2000 et 2010 (Moyennes des stations de fond urbaines/périurbaines et stations trafics).

### Particules PM10

Concernant la fraction non volatile (la seule mesurée depuis 10 ans), les niveaux baissent en proximité trafic comme en fond urbain. La fraction volatile n'est prise en compte que depuis 2007 et provoque des dépassements de normes de qualité de l'air (voir « situations vis-à-vis des seuils réglementaires »).



Illustrations VI à IX: Évolution des concentrations en µg/m<sup>3</sup> de particules PM10 entre 2000 et 2010 (en fond dans les agglomérations alsaciennes et en proximité trafic à Strasbourg).



### Origine des particules en Alsace

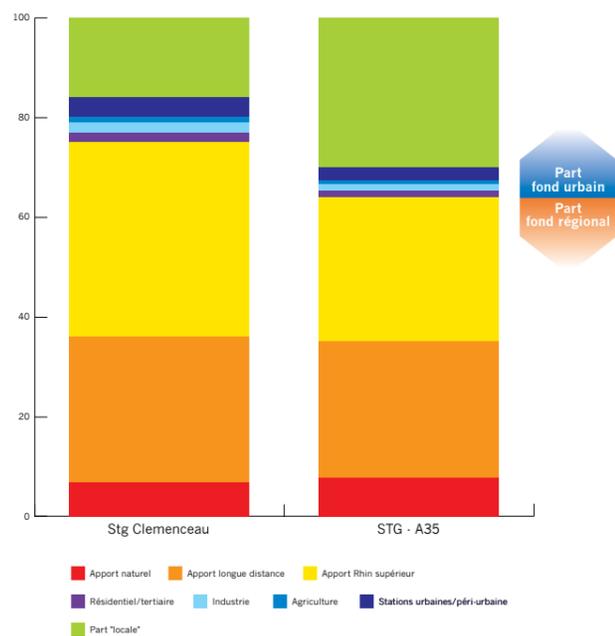
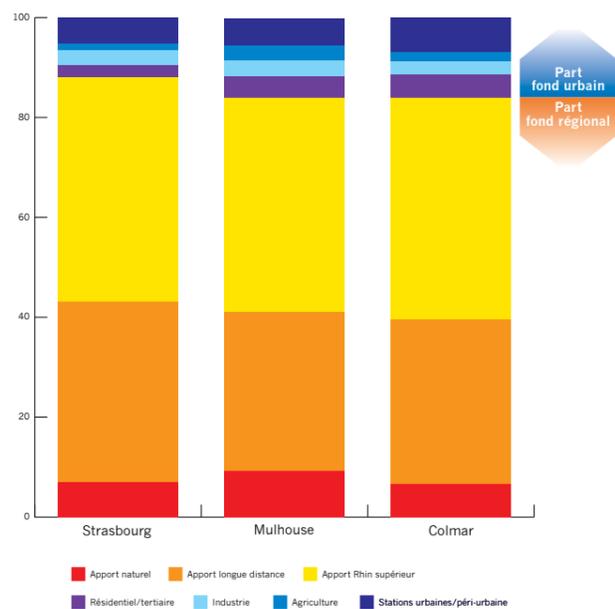
Quelle est la part importée de la pollution particulaire PM10? La part locale? Et pour cette dernière, quels sont les secteurs d'émissions principaux? Un travail d'estimation des contributions à différentes échelles spatiales (aux niveaux régional, urbain et local) a été réalisé pour l'Alsace pour les journées ayant présenté des dépassements des 50 µg/m³ sur 24 heures pour 3 années de référence (2007, 2008 et 2009).

En situation de fond, dans les grandes agglomérations alsaciennes, la part « fond urbain » représente 15 % des PM10 et l'apport « Rhin supérieur » 44 %. Ces deux contributions sont attribuables aux émissions des agglomérations pour le premier et aux émissions de l'ensemble du fossé rhénan pour le second.

En conséquence, des actions de réduction des émissions locales (temporaires ou permanentes) discutées et/ou décidées dans les différents outils de gestion de qualité de l'air à différentes échelles géographiques (Plan de protection de l'Atmosphère, Plan de Déplacement Urbain, Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie...) peuvent avoir un impact bénéfique sur l'exposition des populations à la pollution aux PM10.

En revanche, il est difficile d'agir localement sur les apports « naturel » et « longue distance » soit en moyenne 40 % des contributions aux niveaux de PM10.

En situation de proximité trafic, la part locale attribuable aux véhicules sur la voie peut représenter jusqu'à 30 % des concentrations de PM10 mesurées (illustration XI).



Illustrations X et XI : Estimation des contributions en situation de fond (en haut et en situation) de proximité trafic (en bas) : Parts régionale et urbaine avec distinction des apports « longue distance », « Rhin supérieur » et « naturel » (pour la première) et les contributions par secteur d'activité (pour la seconde).

### Particules PM2,5

Concernant les PM2,5, à Strasbourg, les niveaux ont baissé entre 2001 et 2008 en situation de fond comme en proximité trafic. À partir de 2009, avec la prise en compte de la fraction volatile, une montée significative des niveaux est également constatée.

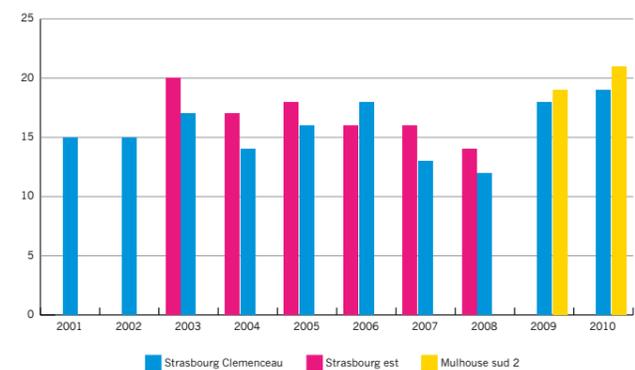


Illustration XII : Évolution des concentrations en µg/m³ de PM2,5 entre 2000 et 2010 sur les stations de fonds (Strasbourg Est et Mulhouse Sud2) et en proximité trafic (Strasbourg Clemenceau).

### Monoxyde de carbone (CO)

Les concentrations moyennes annuelles en proximité trafic sont en forte diminution au cours des 10 dernières années (-67 % à Strasbourg) en lien avec l'amélioration des moteurs automobiles et des carburants.

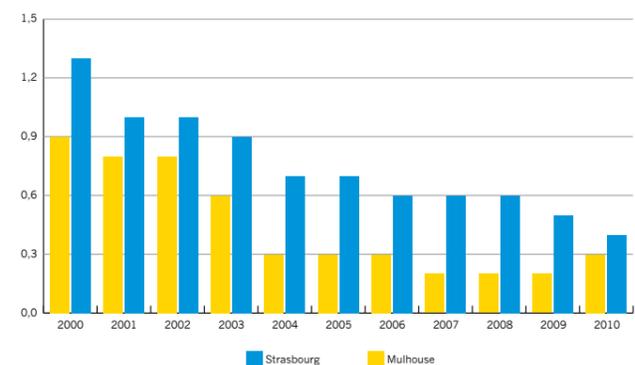


Illustration XIII : Évolution des concentrations en mg/m³ de CO entre 2000 et 2010. La station de Mulhouse a été requalifiée en station de fond à partir de 2006.

### Benzène

Les évolutions ne sont mesurées en continu dans les agglomérations alsaciennes que depuis l'année 2003. Bien qu'étant légèrement remonté entre 2008 et 2009, les niveaux de fond ont baissé sur les trois grandes villes alsaciennes (-28 %). En situation de proximité trafic, les niveaux ont également diminué (-26 % à Strasbourg).

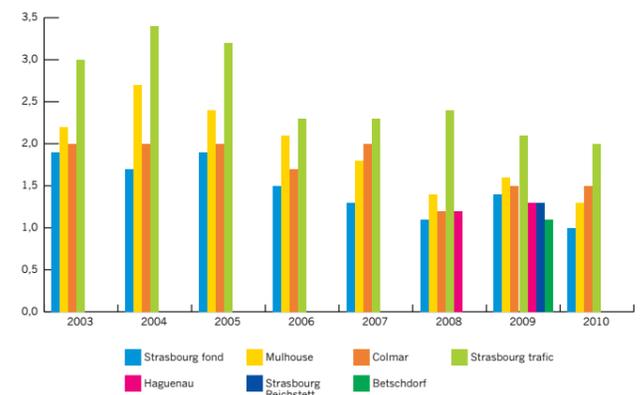


Illustration XIV : Évolution des concentrations en µg/m³ de benzène entre 2003 et 2010.

### Benzo(a)Pyrène

Les Hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP de la 4e directive fille (dont le benzo(a)pyrène) ne font l'objet d'une évaluation préliminaire que depuis 2008 dans les zones urbanisées et dans les vallées vosgiennes. Les concentrations relevées sur les trois dernières années sont en deçà de la valeur cible (tableau 3).

Benzo(a)Pyrène	2008	2009	2010
Valeur cible en moyenne annuelle en ng/m³	1		
Strasbourg Clemenceau	0.60		
Mulhouse Nord	0.55	0.49	0.46
Colmar Centre	0.27		
Strasbourg Sud 2		0.65	0.35
Ste Marie aux Mines		0.56	
Thann			0,68
Haguenau			0,52

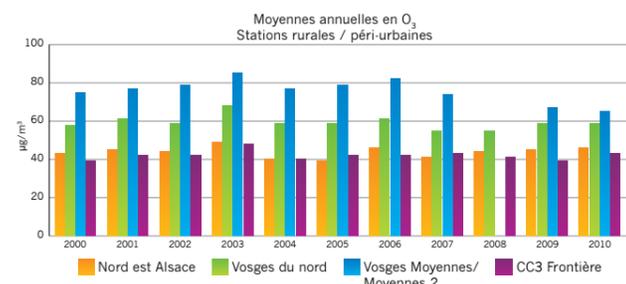
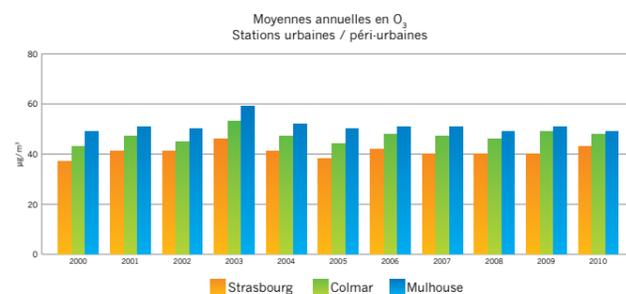
Tableau 3 : concentrations annuelles en ng/m³ de B(a)P pour les années 2008, 2009 et 2010



### 2.1.3. Pollution d'origine photochimique

#### Ozone

Ces 10 dernières années, les niveaux de fond d'ozone ont stagné (illustrations XV et XVI). Les moyennes estivales (du 1er avril au 30 septembre) augmentent sur la région en zones urbaines, rurales et dans les Vosges.



Illustrations XV et XVI : évolution des concentrations en µg/m<sup>3</sup> en Alsace de 2010 à 2011

Au bilan, les niveaux moyens de pollution tant en fond qu'en proximité sont orientés à la baisse à l'exception de l'ozone. Cette diminution masque des disparités entre polluants (géographiques selon les agglomérations considérées et/ou de typologie des stations de mesures): diminution importante à très importante pour le SO<sub>2</sub>, le CO voire le benzène, modérée voire constat de stagnation pour les particules et le NO<sub>2</sub> ou homogène pour le benzène.

Concernant les HAP et les métaux lourds, il est difficile de définir les tendances sur le long terme en raison du manque de données historiques.

### 2.1.4. Situation vis-à-vis des valeurs réglementaires

#### Définition des normes de qualité de l'air

<b>Objectif de qualité de l'air (OQA)</b>	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
<b>Valeur cible (VC)</b>	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné.
<b>Valeur limite (VL)</b>	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
<b>Seuil d'information et de recommandation (Recom.)</b>	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.
<b>Seuil d'alerte (Alerte)</b>	Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence.
<b>Objectif à long terme (OLT)</b>	Niveau à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Tableau 4 : normes de qualité de l'air retenues pour l'évaluation de la qualité de l'air vis-à-vis des seuils réglementaires

#### Dispositifs préfectoraux (seuil d'information et de recommandation et seuil d'alerte)

Si, globalement, les valeurs annuelles ont diminué entre 2000 et 2009, il subsiste néanmoins des épisodes ponctuels de pollution qui se traduisent, entre autre, par des dépassements des seuils de recommandation et d'alerte avec mise en place de procédures réglementaires d'information. Les tableaux suivants récapitulent le nombre de jours de dépassement pour ces deux seuils sur l'Alsace depuis l'année 2003.

	NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		PM10		SO <sub>2</sub>	
	Recom.	Alerte	Recom.	Alerte	Recom.	Alerte	Recom.	Alerte
2003	11 J		36 J	5 J	11 J		2 J	
2004	1 J		9 J		1 J			
2005	5 J		13 J		1 J			
2006	3 J		19 J		2 J			
2007	10 J		3 J		17 J	2 J		
2008	10 J	3 J	3 J		16 J			
2009	13 J		2 J		23 J	5 J		
2010	11 J		8 J		18 J			

Tableau 5 : Nombre de jours de dépassement des seuils de recommandation (recom) et d'alerte sur les sites de fond et de proximité trafic en Alsace de 2003 à 2010. À partir de 2007, la fraction volatile des PM10 est prise en compte.

	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
2003	2 J	4 J
2004		3 J
2005	5 J	5 J
2006		1 J
2007		2 J
2008		1 J
2009		
2010	0 J	1 J

Tableau 6 : Nombre de jours de dépassement des seuils de recommandation sur les sites de proximité industrielle en Alsace de 2003 à 2009.

Les dépassements d'ozone sont très dépendants des conditions météorologiques. Entre 2007 et 2009, les étés alsaciens n'ont été ni chauds ni très ensoleillés: le nombre d'épisodes de pollution a donc reculé. À noter cependant une légère augmentation des jours de dépassement du seuil de recommandation pour l'année 2010 où le mois de juillet a été agréable.

Les dépassements de seuils de recommandation pour le dioxyde d'azote sont quasiment circonscrits dans la zone urbaine de Strasbourg aux alentours de l'autoroute A35.

Les épisodes de pollution de PM10 sont en nette progression depuis 2007 en lien avec la prise en compte de la fraction volatile des particules combinée avec des épisodes hivernaux (novembre – février) mais également des épisodes printaniers (particules secondaires volatiles) particuliers.

#### Valeurs limites

Ce paragraphe fait le bilan des dépassements, sur 4 zones alsaciennes, des valeurs limites édictées par la réglementation nationale et les directives européennes. Les tableaux 7 et 8 ci-dessous résument les dépassements de valeurs limites pour les 5 dernières années 2005-2010.



	SO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		Benzène	
	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.
	VL - 125 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser 3 jours		VL - 350 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire à ne pas dépasser 24 heures		VL - 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle		VL - 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire à ne pas dépasser 18 heures		VL - 5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	
Agglo. de Strasbourg	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺
Agglo. de Mulhouse	☺	☺	☺	☺	☺	NE	☺	NE	☺	NE
Agglo. de Colmar	☺	NE	☺	NE	☺	NE	☺	NE	☺	NE
Reste de la région	☺	☺	☺	☺	☺	NE	☺	NE	☺	NE

	PM10		PM10		PM2,5		CO		Pb	
	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.	Fond	Prox.
	VL - 50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser 35 jours		VL - 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle		VL - 25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle (à partir de 2015)		VL - 10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne 8 heures maximum journalier		VL - 0,5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	
Agglo. de Strasbourg	☺	☹	☺	☺	☺	NE	NE	☺	☺	☺
Agglo. de Mulhouse	☺	NE	☺	NE	☺	NE	☺	NE	NE	NE
Agglo. de Colmar	☺	NE	☺	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Reste de la région	☺	NE	☺	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tableaux 7 et 8 : Dépassement des valeurs limites pour les 4 zones alsaciennes pour les années 2005-2010

NE non évalué - VL: Valeur limite.

### Valeurs cibles et objectifs de qualité de l'air

Ce paragraphe fait le bilan des dépassements, sur 4 zones alsaciennes, des valeurs cibles et des objectifs de qualité de l'air édictés par la réglementation nationale et les directives européennes. Les tableaux 9 et 10 ci-dessous résument les dépassements pour les 5 dernières années 2005 – 2010.

	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM2,5	Métaux lourds*	B(a)P
	VC - 120 µg/m <sup>3</sup> sur 8h à ne pas dépasser 25 jours (moyenne sur 3 ans)	VC - 18000 µg/m <sup>3</sup> .h de mai à juillet (moyenne sur 5 ans)	VC - 20 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	VC en moyenne annuelle	VC - 1 ng/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Fond	Fond	Fond	Fond/Prox.	Fond
Agglo. de Strasbourg	☹	☹	☺	☺	☺
Agglo. de Mulhouse	☹	☹	☹	☺	☺
Agglo. de Colmar	☹	☹	NE	☺	☺
Reste de la région	☹	☹	NE	☺	☺

\* Les valeurs cible des métaux lourds sont respectivement de 6 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle pour l'arsenic, 5 ng/m<sup>3</sup> pour le cadmium, 20 ng/m<sup>3</sup> pour nickel et 500 ng/m<sup>3</sup> pour le plomb

	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	PM2,5	PM10	Pb	Benzène
	OLT 120 µg/m <sup>3</sup> sur 8 heures	OLT - 6000 µg/m <sup>3</sup> .h de mai à juillet	OQA 10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	OQA 30 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	OQA 0,25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	OQA 2 ng/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
	Fond	Fond	Fond	Fond	Prox.	Fond/Prox.
Agglo. de Strasbourg	☹	☹	☹	☺	☹	☺
Agglo. de Mulhouse	☹	☹	☹	☺	NE	☺
Agglo. de Colmar	☹	☹	NE	☺	NE	☺
Reste de la région	☹	☹	NE	☺	NE	☺

Tableaux 9 et 10 : Dépassement des valeurs cibles et des objectifs de qualité de l'air pour les 4 zones alsaciennes en Alsace pour l'année 2010.

NE non évalué - VC: Valeur cible – OQA Objectif de Qualité de l'air – OLT Objectif de Qualité de l'air long terme.

Les seuils réglementaires (valeur limites et cibles, objectif de qualité de l'air ou long terme) sont respectés pour le dioxyde de soufre, le benzène, le monoxyde de carbone, le benzo(a)pyrène et les métaux lourds. Ils le sont également en situation de fond pour le dioxyde d'azote et PM10.

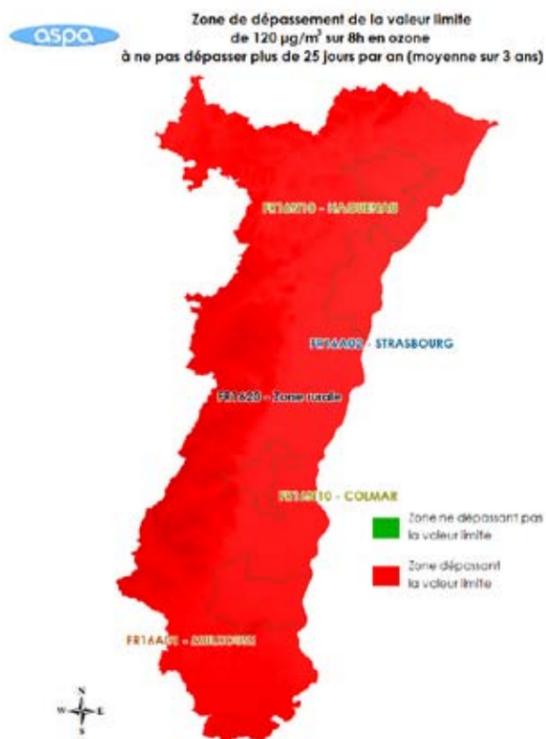
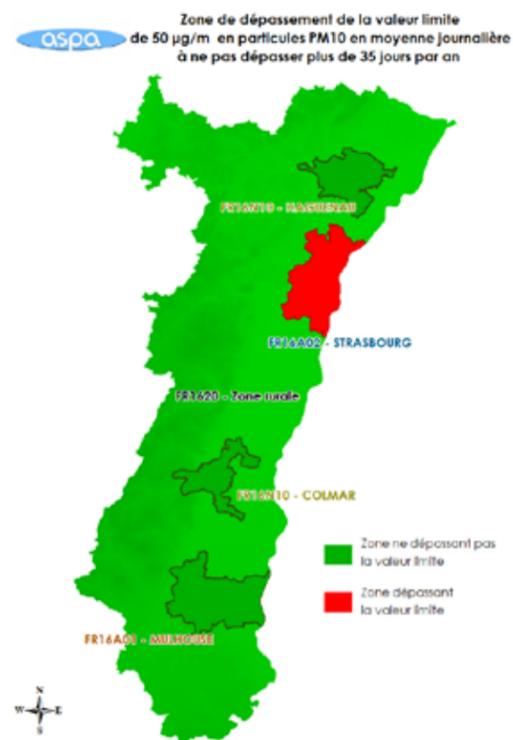
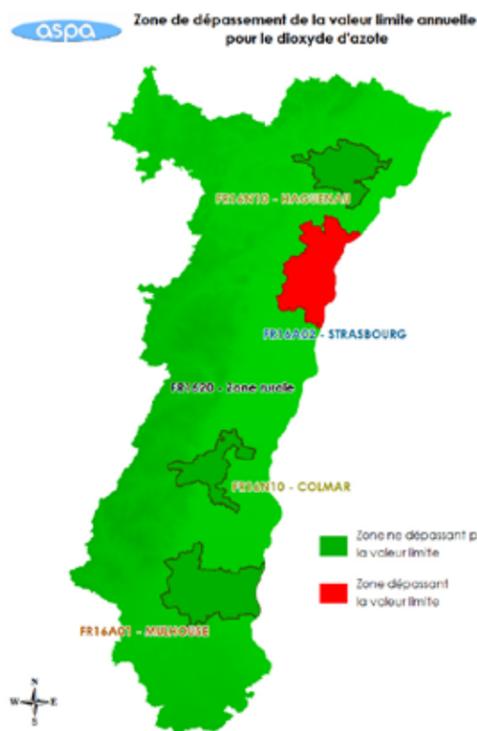
En revanche, il subsiste des dépassements de valeurs réglementaires pour les PM10 et PM2,5 (objectif de qualité de l'air) et l'ozone en situation de fond et pour les oxydes d'azote et les particules PM10 et PM2,5 en situation de proximité trafic.



### Cartographies par polluant

Au bilan sur les cinq dernières années et selon les critères retenus par la directive 2008/50/CE, on note :

- Des dépassements de valeurs limites pour la santé humaine pour le NO<sub>2</sub> et les PM10 dans la zone de Strasbourg (à noter que les autres zones administratives de surveillance n'ont pas encore de station de proximité trafic à l'origine des dépassements sur la zone de Strasbourg).
- Des dépassements de valeurs cibles pour l'ozone sur l'ensemble de la région.
- Aucun dépassement des valeurs limites ni des valeurs cibles pour le dioxyde de soufre, le plomb, le monoxyde d'azote et le benzène. L'évaluation pour les polluants de la directive 2004/107/CE (As, Cd, Ni, HAP) est en cours.



Illustrations XVII à XIX: Zones présentant un dépassement de valeurs limite pour le dioxyde d'azote (au dessus) les particules PM10 (en haut à droite) ou de valeurs cible pour l'ozone (en bas à droite).

### Exposition de la population et des écosystèmes

L'ASPA dispose d'une plateforme de modélisation complète (de la rue à la région) qui permet de dresser des cartes de qualité de l'air dans la vallée du Rhin supérieur. Ces cartes de pollution permettent d'évaluer l'exposition potentielle de la population à des dépassements de normes réglementaires.

	NO <sub>2</sub>	PM10	Benzène	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
	VL - 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	VL - 50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne J à ne pas dépasser 35 jours	VL - 5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	VC - 120 µg/m <sup>3</sup> sur 8 heures à ne pas dépasser 25 jours	VC - 18000 µg/m <sup>3</sup> .h de mai à juillet	OQA 120 µg/m <sup>3</sup> sur 8 heures
Superficie						
2007	<10 km <sup>2</sup>	38 km <sup>2</sup>	<1 km <sup>2</sup>	8306 km <sup>2</sup>	<1 km <sup>2</sup>	8306 km <sup>2</sup>
2008	<20 km <sup>2</sup>	<10 km <sup>2</sup>	<1 km <sup>2</sup>	1453 km <sup>2</sup>	7943 km <sup>2</sup>	8306 km <sup>2</sup>
2009	<50 km <sup>2</sup>	<50 km <sup>2</sup>	<1 km <sup>2</sup>	8305 km <sup>2</sup>	<10 km <sup>2</sup>	8306 km <sup>2</sup>
Population exposée						
2007	99000	246000	4500	1825000	-	1825000
2008	129000	60000	6400	313000	-	1825000
2009	128000	75000	< 2000	1825000	-	1825000

Tableau 11 : Superficie exposée à des dépassements de valeurs limites ou valeurs cibles en Alsace et population exposée à des dépassements de valeurs limites ou valeurs cibles en Alsace entre 2007 et 2009.

### Dioxyde d'azote

Les zones soumises à une pollution de fond en NO<sub>2</sub> dépassant la valeur limite 2010 de 40 µg/m<sup>3</sup> annuel en dioxyde d'azote représentent moins de 1 % de la superficie régionale. Toutefois en 2009, près de 130000 Alsaciens (soit 7 % de la population) y sont potentiellement soumis. Ces derniers sont principalement circonscrits dans l'agglomération strasbourgeoise (illustration XX).

### Ozone

En 2009 (illustration VII), la quasi-totalité de la population (99,7 %) était soumise à des teneurs en ozone supérieures à la valeur cible de protection de la population humaine (120 µg/m<sup>3</sup> sur 8 heures à ne pas dépasser 25 jours dans l'année).

L'objectif de qualité de l'air est quant à lui dépassé sur l'ensemble de la région en 2007, 2008 et 2009.

### Particules PM10

En 2009, les dépassements de la valeur limite journalière de protection de la santé humaine (50 µg/m<sup>3</sup> sur 24 heures à ne pas dépasser plus de 35 jours dans l'année) concernent 32 km<sup>2</sup> du territoire alsacien (principalement dans l'agglomération strasbourgeoise – illustration XXIII) et environ 75000 habitants.

En 2007 (année de forte pollution en PM10), plus de 200000 habitants ont été soumis à des dépassements de la valeur limite journalière.

### Benzène

Les dépassements de la valeur limite annuelle sont circonscrits à la proximité des axes urbains de circulation les plus importants, sur une zone très limitée avec moins de 10000 habitants potentiellement concernés.



Illustration XX: Concentrations annuelles de dioxyde d'azote en Alsace – résultats de méthodes géostatistiques - année 2009.

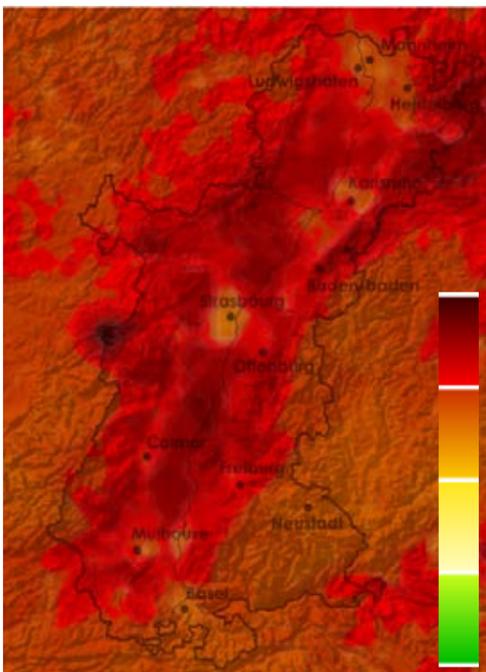
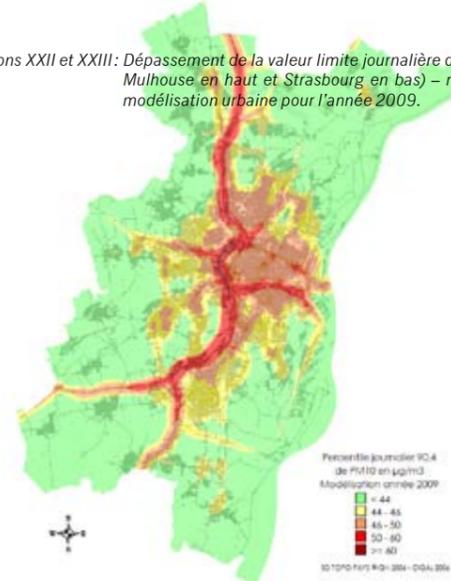


Illustration XXI: Répartition spatiale de la valeur cible (120 µg/m³ sur 8 heures) pour l'ozone en nombre de jours – Résultats de modélisation redressés par les données aux stations de mesures – Année 2009.



Illustrations XXII et XXIII: Dépassement de la valeur limite journalière de PM10 (pour Mulhouse en haut et Strasbourg en bas) – résultats de la modélisation urbaine pour l'année 2009.



## 2.2 Bilan des autres polluants (non réglementaires)

### 2.2.1. Le mercure

La surveillance du mercure dans l'air ambiant, si elle est abordée dans la directive européenne 2004/107/CE ne fait pas l'objet, contrairement aux autres métaux lourds, de valeur cible. En 2002, la valeur de 50 ng/m<sup>3</sup> avait été évoquée mais n'a pas été retenue.

Dans le cadre d'une action soutenue par le Groupement Régional de Santé Publique (GRSP – action n° 2009/0095/GRSP), le suivi du mercure atmosphérique a été engagé à proximité d'une installation de production de chlore par électrolyse à cathode de mercure de la société PPC ABERMARLE (en fonctionnement depuis 1930). Une campagne de mesures s'est déroulée en 2009 et 2010 sur le site de Vieux-Thann et à l'école la Sapinette dans la vallée de la Thur. Les résultats des mesures soulignent des niveaux moyens de mercure gazeux de 100 ng/m<sup>3</sup> (phase hivernale) et de 749 ng/m<sup>3</sup> (phase estivale) à Vieux Thann et 70 ng/m<sup>3</sup> à l'école de la Sapinette (phase estivale). Par comparaison, ces niveaux sont plus élevés que ceux enregistrés à proximité du site de même type de la société ARKEMA à Jarrie dans l'Isère (niveaux moyens 7 ng/m<sup>3</sup>).

### 2.2.2. Les produits phytosanitaires

Au regard de l'ensemble des éléments concernant la pollution par les produits phytosanitaires – en zone rurale mais également en zone urbaine proche des zones de cultures dans un espace restreint – une réflexion a été engagée sur la stratégie de suivi à déployer en Alsace sur le long terme dans le cadre du PRSE2. Trois axes de travail se dégagent :

- Réalisation d'un inventaire des produits phytosanitaires émis pour constituer une liste de matières actives représentatives des pratiques agricoles régionales.
- Réalisation de campagnes de mesures ciblées par l'inventaire des émissions.
- Réalisation d'un suivi des produits phytosanitaires interdits d'utilisation au vu de la persistance de ces produits dans l'environnement.

OSPA Emissions communales de fongicides en Alsace

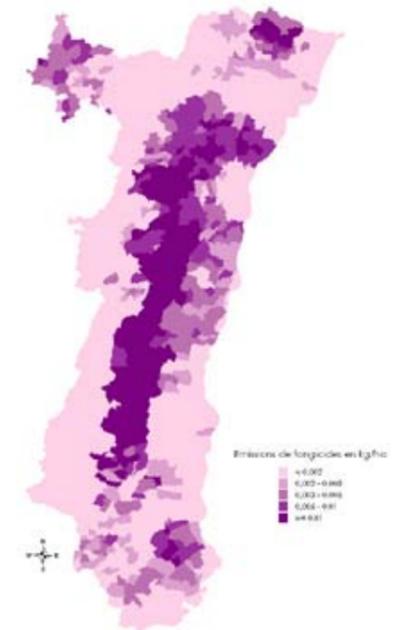


Illustration XXIV: Répartition spatiale des émissions de fongicides (matières actives) en Alsace – inventaire ASPA année de référence 2001.

Un inventaire exploratoire des matières actives a été réalisé pour l'année de référence 2001 (première étape) et montre la pression des produits phytosanitaires de type herbicides et fongicides en lien avec la pratique de la culture du maïs en plaine et de la vigne dans les collines sous vosgiennes.

Type de Produits	Émissions en kg par an	Cultures principalement concernées
Fongicides	8400	Viticulture, arboriculture
Herbicides	40700	Maïs, Blé
Insecticides	5400	Viticulture, Maïs
Produits div.	130	Blé

Tableau 12: Émissions de matières actives en Alsace – inventaire produits phytosanitaires ASPA année de référence 2001 version 2004-v1.

### 2.2.3. La pollution aérobiologique: les pollens

Le réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) dispose d'un point de mesures en Alsace au Laboratoire d'Allergologie - Nouvel Hôpital Civil. En 2009, deux périodes de production de pollens allergisants ont eu lieu de février à juillet (aulne, bouleau,



charme, chêne, châtaignier, frêne, peuplier...) et de mai à septembre pour les graminées et le plantin. Des traces d'ambrosies ont été relevées en août et septembre.

En 2009, le bilan RNSA parle de symptômes modestes jusqu'en avril (longueur de l'hiver) avec des rhino-conjonctivites et manifestations asthmatiques très marquées à partir de la mi-avril et ce durant environ deux semaines (pollinisation des bétulacées). Ensuite, la saison des graminées a été modérée et n'a occasionné qu'une symptomatologie modeste durant tout le reste du printemps et de l'été (source: RNSA- Laboratoire d'Allergologie - Nouvel Hôpital Civil - Dr Nicolas Hutt).

#### 2.2.4. Exposition de la population à la pollution de l'air intérieur

Devenue un sujet essentiel aux plans national et international (comme en témoigne le Plan National Santé Environnement (PNSE) adopté en 2004 dont plusieurs des 12 actions prioritaires sont relatives à cette problématique) la qualité de l'air intérieur fait l'objet d'une surveillance croissante, notamment dans les lieux accueillant du public et plus spécialement les écoles.

Pour répondre à la demande de certaines collectivités locales, plusieurs campagnes de mesures ont été réalisées depuis 2004 dans les écoles et lieux d'accueil de la petite enfance (LAPE) strasbourgeois et de l'agglomération mulhousienne (mesures de formaldéhyde par système de prélèvement passif). Si la teneur moyenne mesurée en formaldéhyde (env. 20 µg/m<sup>3</sup>) reste en adéquation avec celle enregistrée dans les écoles et les crèches françaises, ces premières campagnes soulignent une grande disparité d'exposition. Les concentrations ont varié entre 10 et plus de 100 µg/m<sup>3</sup> sur 48 heures dépassant largement les références proposées par l'OMS au niveau international et l'AFSE en France.

Les enjeux concernant les produits phytosanitaires, les polluants et la qualité de l'air intérieur sont également abordés dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement.

### 3. Évaluation des effets de la qualité de l'air

#### 3.1 Impact sanitaire

Les substances polluantes dans l'air pénètrent dans les poumons et peuvent exercer leur toxicité soit directement soit, via les alvéoles pulmonaires et la circulation sanguine, sur d'autres organes (reins, foie, systèmes nerveux...). Les effets sanitaires vont dépendre de nombreux facteurs comme le polluant considéré, sa concentra-

tion, la durée d'exposition, la sensibilité individuelle ou de certaines catégories de population (personnes âgées, personnes souffrant de maladies respiratoires ou cardiovasculaires par exemple).

##### 3.1.1. Effet à court terme

La pollution peut avoir des conséquences qui peuvent aller de la simple irritation au décès. À des niveaux élevés de concentration de polluants, des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs – quelques jours à quelques semaines – suite à des variations horaires ou journalières de concentration de polluants, sont constatées.

L'étude PSAS9 (Programme de Surveillance Air et Santé 9 villes) a montré qu'une augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> des niveaux de pollution du jour et de la veille se traduisait par une augmentation de l'excès de risque de mortalité de +0,8 % pour les fumées noires, +1,1 % pour le SO<sub>2</sub>, +1 % pour le NO<sub>2</sub> et +0,7 % pour O<sub>3</sub> (ozone).

##### À l'échelle de Strasbourg

Le programme PSAS9 a permis d'établir que pour 100000 habitants, 25 décès annuels (dont 8 pour la mortalité cardiovasculaire et 2 pour la mortalité respiratoire) pourraient être évités si les concentrations de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et Particules redescendaient à une concentration de 10 µg/m<sup>3</sup> (pour chacun des polluants).

##### 3.1.2. Effet à long terme

Les effets à long terme sont plus difficiles à mettre en évidence. Ils nécessitent la mise en œuvre d'études sur de longues périodes avec un suivi de l'exposition à la pollution d'une population importante avec la mise en perspective d'autres déterminants de santé pouvant être des facteurs de confusion.

En Europe, les évaluations présentées au programme "Air pur pour l'Europe" (CAFE) en 2005 indiquaient que près de 350000 décès prématurés sur le continent étaient imputables à la pollution atmosphérique (particules PM10 et ozone).

Plus récemment, le projet Aphekom ("Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe") coordonné par l'Institut de veille sanitaire (InVS), a montré une perte d'espérance de vie de 2 ans (pour les personnes âgées de 30 ans) liée aux niveaux de concentrations actuelles en PM<sub>2,5</sub> (sur 25 villes étudiées) par rapport à la valeur guide préconisée (10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

##### À Strasbourg

L'étude donne une perte d'espérance de vie liée à la pollution en PM<sub>2,5</sub> de près de 6 mois pour un individu de 30 ans (illustrations XXV et XXVI).

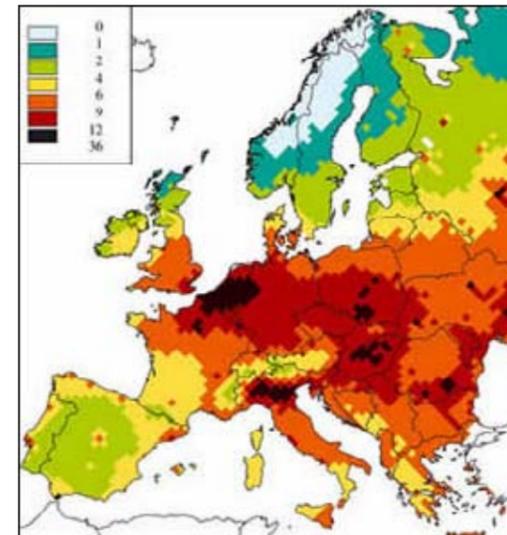


Illustration XXV: Pertes d'espérance de vie (moyenne en mois) dues aux concentrations de PM<sub>2,5</sub>

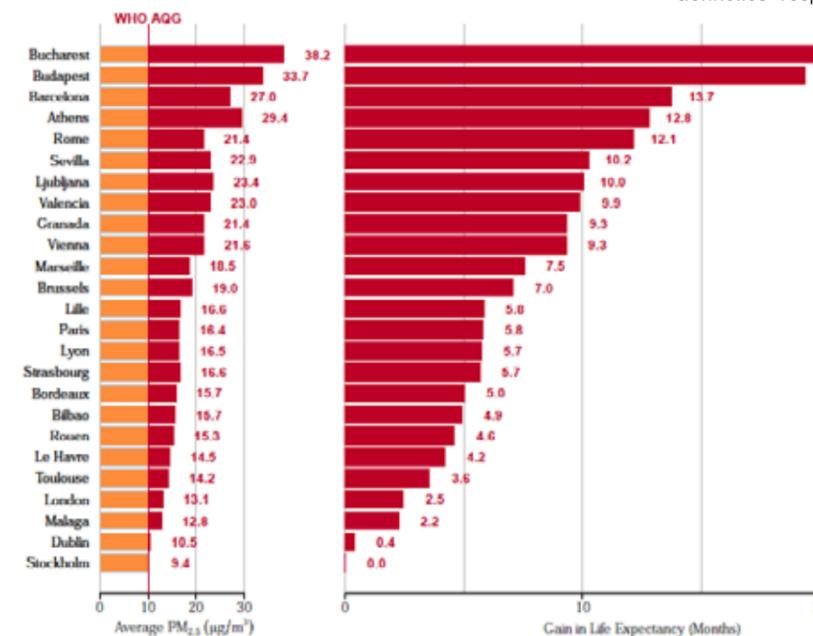


Illustration XXVI: Concentrations moyennes en PM<sub>2,5</sub> en µg/m<sup>3</sup> (à gauche). Gains moyens de l'espérance de vie (en mois) attendus pour les personnes de 30 ans et plus si les niveaux étaient conformes à la valeur guide de l'OMS (10 µg/m<sup>3</sup>) (à droite)

#### 3.1.3. Effet des principaux polluants

##### Le dioxyde de soufre

Le SO<sub>2</sub> est un gaz irritant, notamment pour l'appareil respiratoire. Les fortes pointes de pollution peuvent déclencher une gêne respiratoire chez les personnes sensibles (asthmatiques, jeunes enfants...). Des études épidémiologiques récentes ont montré qu'une hausse des taux de SO<sub>2</sub> s'accompagne notamment d'une augmentation du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire.

##### Les oxydes d'azote

Le monoxyde d'azote (NO) inhalé passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine, réduisant de ce fait l'oxygénation des organes. Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes, où il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) provoque une hyperactivité bronchique chez les asthmatiques.

##### Les particules

La toxicité des particules dépend de leur taille et de leur composition. Leur rôle a été démontré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...). Les particules les plus grosses, visibles à l'œil nu, ne sont pas les plus inquiétantes pour la santé. Retenues par les voies aériennes supérieures (nez, gorge), elles ne pénètrent pas dans l'appareil respiratoire. Elles peuvent cependant s'impacter dans les carrefours bronchiques et provoquer des cancers bronchiques ou être ingérées et avoir des effets extra-pulmonaires (cancer également).



Les particules les plus fines, de diamètre inférieur à 2,5 µm, sont les plus dangereuses car elles sont en mesure de pénétrer au plus profond de l'appareil respiratoire, où elles se déposent par sédimentation, ou passent dans le système sanguin. Ces particules peuvent véhiculer de plus, des composés toxiques, allergènes, mutagènes ou cancérigènes, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les métaux.

### L'ozone

L'ozone, polluant au pouvoir fortement oxydant, est irritant pour les muqueuses du nez, des sinus, des conjonctives et des bronches. Il peut entraîner des réactions d'irritation, de toux et de gêne respiratoire chez les personnes les plus fragiles. Diverses études ont également montré une augmentation des admissions aux urgences pour asthme, ainsi qu'une recrudescence des pneumonies lors des pics de pollution par l'ozone. Toutefois, l'évaluation des effets de ce gaz reste difficile car, toujours associé à la présence d'autres polluants lors des pics d'ozone, il n'est qu'un facteur nocif parmi d'autres.

## 3.2 Impacts environnementaux

### 3.2.1. Impact de la pollution atmosphérique sur les végétaux

#### L'ozone

Les fortes concentrations d'ozone peuvent entraîner une limitation des échanges gazeux et une perturbation du métabolisme limitant ainsi la photosynthèse de la plante et pouvant conduire jusqu'à des nécroses sur les feuilles. Il en découle alors une baisse des rendements de la production de biomasse et dans le pire des cas un dépérissement du végétal.

#### Le dioxyde de soufre

En pénétrant principalement par les stomates des feuilles, le dioxyde de soufre entraîne des lésions qui se manifestent sous forme de nécroses pour les expositions ponctuelles et par un jaunissement généralisé du végétal lors d'expositions chroniques. C'est aussi un gaz toxique qui est à l'origine du phénomène bien connu des dépôts acides secs et humides (pluies acides) ayant un impact significatif sur la végétation. Enfin, le dioxyde de soufre dans l'atmosphère sert de noyau de nucléation à des aérosols dont l'albédo est relativement élevé pouvant donc aller à l'encontre du réchauffement climatique.

### Les particules

Les particules fines en suspension dans l'air peuvent freiner la croissance végétale par simple dépôt sur les feuilles en limitant les processus de photosynthèse. De plus, les particules sont également capables de véhiculer à leurs surfaces des composés toxiques qui peuvent avoir une influence directe sur le métabolisme de la plante.

### Autres polluants...

D'autres polluants tels que les fluorures issus de la combustion (de charbon, pour la production de briques...) ou l'ammoniac lié principalement à l'épandage d'engrais provoquent d'importants dégâts sur les plantes. L'effet des fluorures s'observe en général par des tâches ocre à rougeâtres sur les feuilles. L'ammoniac quant à lui occasionne des zones nécrotiques décolorées sur les deux faces de la feuille.

### 3.2.2. Impact de la pollution atmosphérique sur les cultures

#### Effet des concentrations d'ozone sur la culture du blé

La canicule en 2003 et le printemps chaud en 2006 ont mis en évidence l'impact de deux facteurs qui évoluent ces dernières années: le changement climatique et les concentrations d'ozone troposphérique. Les concentrations d'ozone plus élevées durant la période printanière (en lien avec des températures plus fortes) réduisent l'activité d'un enzyme clef de la photosynthèse: la Rubisco.

#### Effet des concentrations de CO<sub>2</sub>

De nombreux travaux scientifiques ont mis en avant l'effet fertilisant du CO<sub>2</sub> à condition que les autres facteurs influençant la croissance végétale ne soient pas limitants. Il est avéré que la vitesse de photosynthèse des plantes augmente avec la concentration en CO<sub>2</sub> environnante. Attention toutefois, la fixation accrue de ce gaz s'accompagne en général d'une augmentation de l'utilisation de l'eau disponible dans le sol.

### Effet du climat sur l'agriculture

Avec l'augmentation des températures moyennes, la photosynthèse et la respiration des plantes et des micro-organismes s'accroissent (accélération de croissance). Toutefois les températures supérieures à 40-45 °C sont généralement néfastes, car elles entraînent la dénaturation du système enzymatique de l'organisme. L'augmentation de la température entraînerait dans les moyennes latitudes un allongement de la saison de croissance des cultures.

La disponibilité en eau pour les plantes est intimement liée aux précipitations et à d'autres facteurs (température, structure du sol...). Dans le futur, on s'attend à des sécheresses de plus en plus généralisées entraînant un risque croissant de déficit hydrique. De plus, la hausse des températures pourrait provoquer (couplée à la hausse du rayonnement) une augmentation de l'évapotranspiration.

Outre l'intensité des précipitations, un décalage de la période des pluies affecterait la croissance des végétaux (déphasage disponibilité de l'eau et croissance des cultures).

#### En Alsace, effets opposés selon les cultures

En Alsace, le maïs est une culture très répandue. Les rendements actuels en Alsace sont les meilleurs au niveau national et se situent entre 90 et 100 tonnes de matière sèche par hectare (70 à 90 tonnes dans les régions voisines). Leurs rendements, dans un contexte de pluviométrie déjà faible, diminueraient progressivement au cours du siècle (à l'inverse des régions voisines).

À l'inverse, les évolutions climatiques attendues en Alsace devraient contribuer à une augmentation de la culture et du rendement du colza (diminution du risque de gel).

Les cultures de tournesol en Alsace devraient voir leurs rendements globalement augmenter (disponibilité thermique de la région) à condition que la réserve utile en eau du sol soit suffisante.

### 3.2.3. Impact de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes

#### Impact sur les massifs forestiers

Les principaux polluants acidifiant l'atmosphère sont le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, et l'ammoniac. En atmosphère humide, il se forme des acides sulfuriques et nitriques susceptibles de retomber sous forme de dépôts acides. Ces précipitations vont avoir un effet sur l'environnement de la plante en lessivant les éléments nutritifs du sol et en solubilisant des métaux lourds toxiques qui seront alors biodisponibles.

L'effet des dépôts acides, couplé aux propriétés oxydantes de la pollution à l'ozone, peut entraîner une dégradation généralisée d'un écosystème forestier si ce dernier est déjà fragilisé par un passé culturel ayant appauvri les sols.

#### Phénomène d'eutrophisation

L'eutrophisation est un phénomène qui se définit par un apport en excès de substances nutritives (en général azote et phosphate) dans un écosystème, engendrant ainsi la prolifération de certains végétaux et débouchant sur l'asphyxie du milieu. Les dépôts d'azote sur un sol peuvent entraîner une modification indésirable de la composition du couvert végétal et une sensibilité accrue à certains agents pathogènes.



### 3.3 Impact sur le patrimoine bâti

Le patrimoine bâti est confronté à des problèmes de pollution notamment dans les agglomérations où les densités d'émissions de polluants sont les plus importantes. L'impact va dépendre d'une part des polluants considérés et d'autre part des matériaux de construction (pierre, métal, verre, béton, briques...) et des concentrations auxquelles ils sont soumis.

#### 3.3.1. Exemple du dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre a un impact direct sur les matériaux de construction. Si les réactions de dégradation restent lentes avec la forme gazeuse, elles sont beaucoup plus rapides en présence d'eau et de catalyseurs métalliques. En effet, combiné à l'eau le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) forme de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**En contact avec une pierre calcaire**, la pollution soufrée entraîne la formation de « croûtes noires » (cristaux de gypse – sulfate de calcium). Au-delà des dommages esthétiques, les dégradations de la pierre sont très importantes sous ces croûtes. Malgré la forte diminution des émissions de dioxyde de soufre, et par conséquent des concentrations dans l'air, les « croûtes noires » persistent.

Les « croûtes noires » peuvent également se développer sur les métaux et provoquer de la corrosion, notamment sur les éléments d'ornements extérieurs en bronze. Les bétons réagissent également avec les composés soufrés jusqu'à l'aboutissement de l'éclatement du béton.

**Les vitraux du XIII<sup>e</sup> siècle** sont particulièrement sensibles à la pollution soufrée en raison de leur fabrication à base de fondant potassique (cendres de bois de fougères). Ils subissent, sur leur face externe, une dissolution sélective du potassium et du calcium (lixiviation) avec la formation d'une couche de gypse conduisant à un obscurcissement du verre ou à la formation de cratère.

#### Impact économique

L'impact économique – potentiellement important – est lié aux coûts de nettoyage des salissures (considération esthétique) et à la restauration du patrimoine historique (monument en calcaire et vitraux médiévaux par exemple).

#### Le patrimoine bâti en Alsace

L'Alsace est dotée d'un riche patrimoine bâti avec 1340 monuments protégés dont 307 classés. Parmi ces monuments, figurent de nombreuses constructions en grès des Vosges particulièrement sensibles à la pollution acide et particulaire (formation de cristaux de gypse). Les centres historiques des villes constituent des zones particulièrement exposées à cet égard.

Les variations attendues des concentrations des différents polluants sont contrastées.

Pour la pollution photochimique (ozone) deux éléments sous-tendent l'évolution des niveaux :

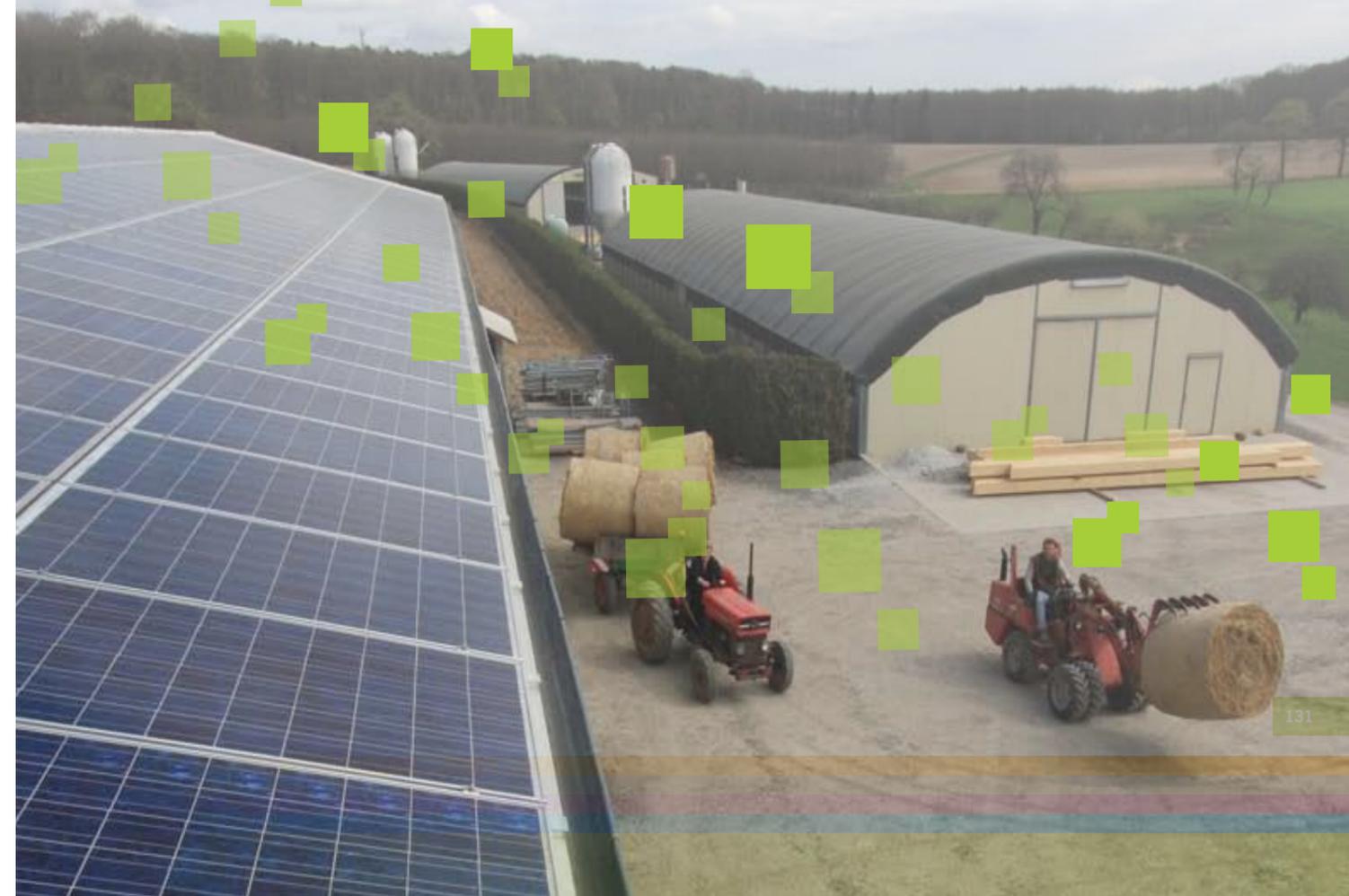
- Les émissions de précurseurs (oxyde d'azote et COV) à l'échelle continentale (à la baisse conformément aux engagements internationaux de réductions des émissions),
- et l'augmentation des épisodes de fortes chaleurs estivales en lien avec le changement climatique (occurrence de canicule renforcée).

Les particules (même en légère diminution ces dernières années) resteront à des niveaux présentant des dépassements de valeurs limite durant encore plusieurs années en raison de l'impact des émissions des véhicules diesels et du développement du chauffage au bois sur l'évolution des niveaux de particules (PM10 et PM2,5).

Dans la région, l'évolution future des niveaux en dioxyde d'azote restera également un enjeu majeur en proximité trafic.



# Énergies renouvelables





## Le contexte national

L'objectif européen est, à l'horizon 2020, d'atteindre une proportion de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale. Cet objectif, déclinable par État Membre, a été fixé à 23 % pour la France.

En France, la production d'énergies renouvelables (ENR) dans la consommation finale était d'environ 12 % en 2009 et a atteint 12,9 % en 2010.

L'illustration ci-contre précise la répartition de la production d'ENR entre les différentes filières au niveau national.

Le plan d'action national en faveur des énergies renouvelables (PNA) prévu par la directive européenne ENR fait apparaître la contribution attendue de chaque filière afin d'atteindre l'objectif de 23 % pour la France. Le tableau ci-dessous donne une première indication sur les valeurs à atteindre en 2020.

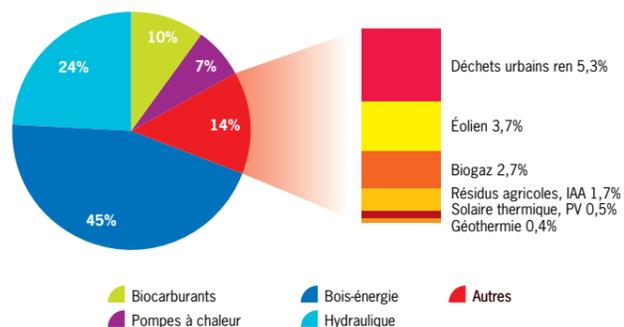


Illustration I: Part de chaque filière dans la production primaire d'énergies renouvelables en 2010 (en %)

	Situation 2005 (bilan SOeS) en ktep	Situation 2010 (bilan SOeS) en ktep	Objectif 2010 (PNA) en ktep	Objectif 2012 (PNA) en ktep	Objectif 2020 (PNA) en ktep
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
<b>Électricité renouvelable</b>					
Hydraulique normalisé <sup>(1)</sup>	5 723	5 494	5 495	5 504	5 541
Éolien normalisé <sup>(2)</sup>	101	903	1 001	1 544	4 979
Photovoltaïque	2	58	53	116	592
Marémotrice	41	41	43	49	99
Géothermie	82	13	132	187	409
Biomasse	320	419	468	558	1 477
<b>Total électricité renouvelable</b>	<b>6 270</b>	<b>6 928</b>	<b>7 191</b>	<b>7 959</b>	<b>13 097</b>
<b>EnR thermiques pour chaleur<sup>(3)</sup></b>					
Solaire thermique	37	89	130	185	927
Géothermie profonde	130	90	155	195	500
PAC (pompes à chaleur)	164	1 336	886	1 300	1 850
Biomasse solide	8 954	10 711	9 870	10 456	15 900
Bois-énergie	8 371	9 724			
· individuel	6 550	7 581	6 835	6 945	7 400
· collectif/tertiaire	197	379			
· industrie	1 584	1 724			
Déchets urbains incinérés	382	495			
Autre biomasse	201	491			
Biogaz	85	129	83	86	555
<b>Total EnR thermiques pour chaleur</b>	<b>9 370</b>	<b>12 356</b>	<b>11 124</b>	<b>12 222</b>	<b>19 732</b>
Biocarburants <sup>(4)</sup>	403	2 708	2 715	2 900	3 500
<b>Total consommation finale EnR</b>	<b>16 043</b>	<b>21 992</b>	<b>21 030</b>	<b>23 081</b>	<b>36 329</b>

<sup>(1)</sup> La production hydraulique normalisée (hors pompage) de l'année n est obtenue en multipliant les capacités du parc de l'année n par la moyenne sur les quinze dernières années du rapport « productions réelles/capacités installées ».

<sup>(2)</sup> La production éolienne normalisée de l'année n est obtenue en multipliant les capacités moyennes de l'année n (soit [capacité début janvier + capacité fin décembre]/2) par la moyenne sur les cinq dernières années du rapport « productions réelles/capacités moyennes installées ».

<sup>(3)</sup> Les combustibles utilisés pour la production de chaleur ou de froid (notamment le bois-énergie) sont comptabilisés en données primaires réelles (pas de correction climatique).

<sup>(4)</sup> Seuls les biocarburants sont comptabilisés dans cette rubrique. Pour le calcul de la part d'énergie renouvelable dans les transports, il faut y ajouter la part d'électricité renouvelable dans les transports.

Illustration II: Consommation finale d'énergies renouvelables Métropole + DOM (en Ktep) Source: SOeS, bilan de l'énergie 2010

## Le contexte régional

En 2009, en Alsace, la production des énergies renouvelables par rapport à la consommation d'énergie finale représente 17,5 % environ. La production d'énergies renouvelables est de 938 ktep pour une consommation d'énergie finale d'environ 5 400 ktep.

Cette situation, meilleure que la moyenne nationale à l'heure actuelle, s'explique notamment par l'exploitation de longue date de centrales hydroélectriques sur le Rhin et par une présence importante de forêts exploitées. Ces deux filières constituent à elles seules plus de 90 % de la production d'ENR alsacienne (70 % au niveau national). Les autres ENR représentent encore une part marginale de la production mais affichent des potentiels de développement encore inexploités.

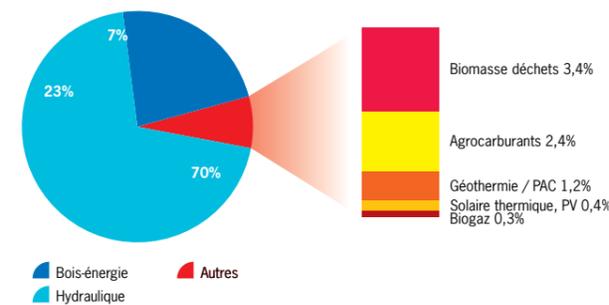


Illustration III: Part des ENR dans la production d'énergie renouvelable en 2009 en Alsace

L'ensemble des filières ENR a été étudié dans le cadre du SRCAE en s'appuyant notamment sur les éléments d'information déjà existants en Alsace, issus notamment de la Conférence Régionale pour l'Énergie et l'Atmosphère Alsace (CREA). Des contributions (qui figurent dans les cahiers techniques) ont été élaborées pour chaque filière afin :

- d'établir les états des lieux,
- d'élaborer les fiches d'orientations associées.

Pour pouvoir comparer facilement les énergies provenant de sources différentes, on utilise une unité commune qui fait référence au pétrole: la tonne équivalent pétrole ou tep.

Les filières suivantes seront étudiées dans le document :

- hydroélectricité
- biomasse bois
- biomasse déchets
- biomasse agricole
- agrocarburants
- géothermie
- solaire thermique
- solaire photovoltaïque
- biogaz.



## Hydroélectricité

L'hydroélectricité, c'est-à-dire la production d'électricité à partir de la force de l'eau, est apparue au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Appelée la "houille blanche", elle a été synonyme d'un développement économique très important.

Elle représente, en 2010, environ 25 % dans le mix énergies renouvelables de la France.

### 1. Présentation de la filière

Toutes les centrales hydrauliques fonctionnent selon un même principe : elles utilisent la force de l'eau qui coule.

La quantité d'énergie produite dépend soit de la hauteur d'eau, soit du débit disponible, soit des deux à la fois :

- L'eau accumulée derrière un barrage de montagne possède beaucoup d'énergie car elle tombe de très haut sur les turbines placées dans la vallée.
- L'eau turbinée sur un grand fleuve ne tombe pas d'aussi haut, mais son débit (la quantité d'eau qui passe) est très important.

Il y a deux types de centrales hydrauliques en Alsace :

- les centrales au fil de l'eau sur le Rhin ou les rivières, elles utilisent le débit du cours d'eau, sans capacité significative de modulation par stockage.
- les usines de pompage-turbinage, elles font remonter l'eau à son point de départ après son passage dans les turbines, par exemple entre deux lacs de montagne.

La puissance d'une installation hydroélectrique est proportionnelle à la hauteur de chute et au débit, ainsi qu'au rendement du système qui convertit l'énergie potentielle de l'eau en énergie électrique.

En général, le productible est donné pour une année de fonctionnement.

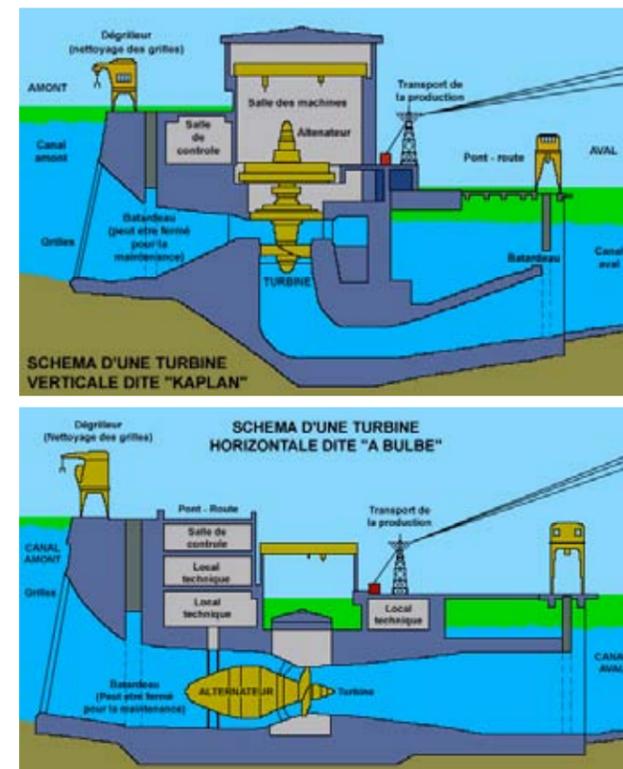
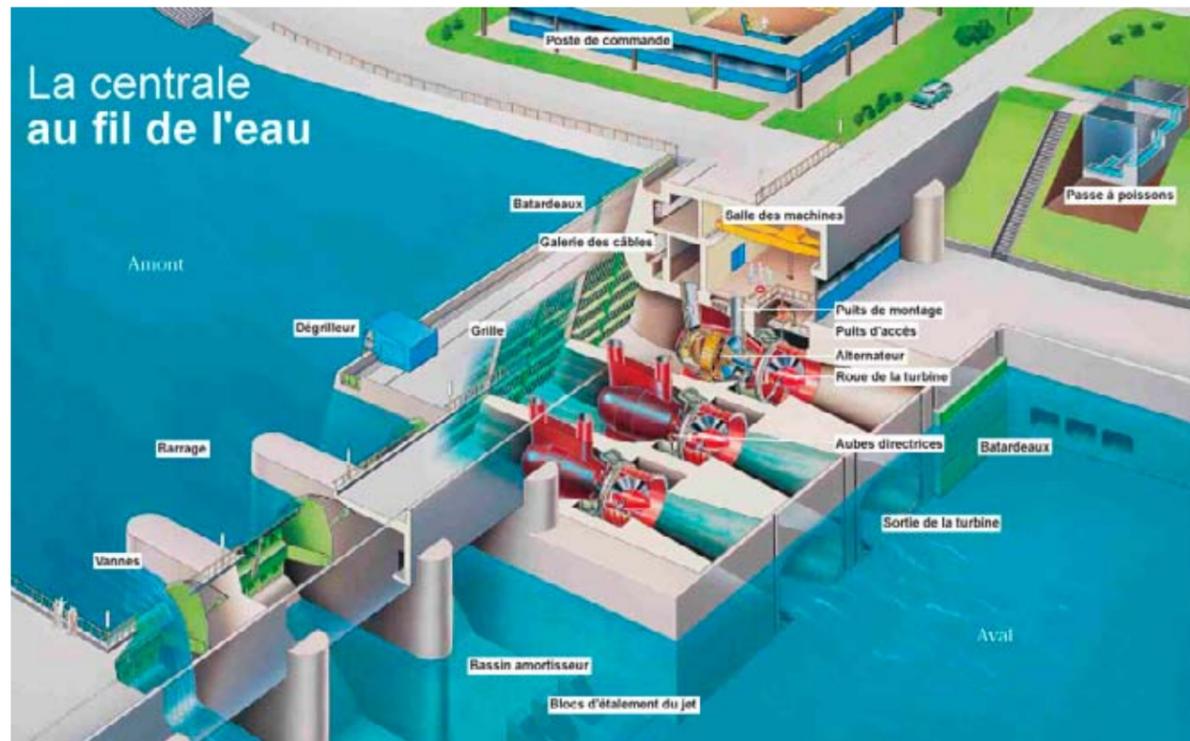


Illustration 1 : Schémas de principes de centrales hydroélectriques

## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Plusieurs études, dont la liste se trouve dans les cahiers techniques, ont été déjà réalisées en Alsace concernant l'hydroélectricité pour réaliser des états des lieux et déterminer le potentiel pour la région. Parmi elles, nous pouvons citer l'étude réalisée dans le cadre de la révision du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) des bassins Rhin et Meuse par l'Agence de l'Eau en avril 2008 ou encore des études plus ponctuelles comme celle réalisée plus récemment par le Conseil Général 68 sur le département du Haut-Rhin en 2010.



### 2.2. Hydrographie

Le réseau hydrographique alsacien, particulièrement dense, est formé de trois systèmes : celui de l'Ill (et ses affluents), celui du Rhin et celui de la Sarre. Les deux premiers systèmes cheminent parallèlement vers le nord à une dizaine de kilomètres de distance jusqu'au-delà de Strasbourg où l'Ill rejoint le Rhin immédiatement à l'aval de l'usine hydroélectrique de Gamsheim. Le réseau de la Sarre rejoint à l'Ouest, la Moselle.

Les valeurs représentatives des débits moyens annuels (appelés autrement module) pour ces rivières en différents points de leur bassin versant sont les suivantes :

Pour le Rhin Identification du point	Surface du bassin versant en km <sup>2</sup>	Module en m <sup>3</sup> /s
Kembs	35370	1050
Neuf-Brisach	36494	1060
Strasbourg	39650	1075
Confluence avec l'Ill	45515	1177
Seltz-Plittersdorf	48354	1235
Lauterbourg	49300	1255

Tableau 1 : Débits du Rhin en différents points

Pour l'Ill Identification du point	Surface du bassin versant en km <sup>2</sup>	Module en m <sup>3</sup> /s
Altkirch	233	2
Didenheim	656	6
Ensisheim	1038	11
Colmar Ladhof	1784	19
Ohnheim	3280	36
Chasseur-Froid	4600	54

Tableau 2 : Débits de l'Ill en différents points

Pour la Sarre Identification du point	Surface du bassin versant en km <sup>2</sup>	Module en m <sup>3</sup> /s
Confluent du Landbach	507	5
Confluent de l'Isch	716	7
Keskastel	878	9
Confluent de l'Albe	1302	13
Confluent de l'Eichel	1663	17
Sarreinsming	1759	19

Tableau 3 : Débits de la Sarre en différents points



On constate des différences très importantes entre les modules du Rhin et des autres rivières. Par exemple, le débit du Rhin est 25 fois supérieur à celui de l'III à la confluence.



Illustration II: Carte du réseau hydrographique des cours d'eau alsaciens

Cette carte prend également en compte les canaux, qui apparaissent en rectiligne. En été, certains servent pour assurer le soutien d'étiage de l'III en prélevant de l'eau du Rhin.

### 2.3. Installations existantes et production

#### 2.2.1. L'aménagement du Rhin

L'aménagement du Rhin tant pour la navigabilité que l'utilisation de la force motrice a débuté au XIX<sup>e</sup> siècle et s'est fait en plusieurs phases.

La première partie de l'aménagement du Rhin comprend les quatre usines hydrauliques se trouvant sur le grand canal d'Alsace (Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün). Cet ensemble était complété par l'usine de turbinage/pompage du Lac Noir dans le but d'absorber en partie l'énergie produite de nuit à Kembs pour la restituer de jour. La deuxième partie comprend les quatre usines de Marckolsheim, Rhinau, Gerstheim et Strasbourg aménagées sous forme d'île. La troisième partie comprend, les deux usines en ligne franco-allemandes de Gamsheim et d'Iffezheim. L'aménagement de la dernière section formant la frontière entre la France et l'Allemagne prévoyait un dernier barrage situé à proximité d'Au am Rhein en Allemagne avec un partage de l'énergie produite entre les deux pays. Cette dernière unité, dont la construction a été abandonnée, avait également pour objectif de garantir la tenue du profil d'équilibre du Rhin.

La centrale de Breisach, de plus petite puissance, est installée sur le Vieux-Rhin, avant la confluence entre le Grand Canal et le Vieux-Rhin.

La carte suivante montre la position des différents aménagements du Rhin



Illustration III: Aménagement du Rhin

### Les caractéristiques des installations et l'énergie hydraulique produite depuis 2002

Nom de l'installation	Puissance installée (MW)	Production d'énergie primaire annuelle (GWh/an) pour la France								Débit maximum turbinable en m <sup>3</sup> /s
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
KEMBS à 80 %	147,39	806	601	684	661	717	712	750	692	1400
OTTMARSHEIM	158,00	1093	800	905	882	941	979	984	921	1400
FESSENHEIM	175,00	1172	838	961	913	1006	1050	1058	973	1400
VOGELGRUN	125,00	921	651	748	714	776	821	818	762	1400
MARCKOLSHEIM	173,20	1003	720	830	790	888	923	916	850	1400
RHINAU	169,96	1001	721	827	803	902	936	920	849	1400
GERSTHEIM	151,70	910	659	730	714	768	819	803	748	1400
STRASBOURG	149,60	984	716	798	771	828	889	880	815	1400
GAMBSHEIM à 100 %	110,00	666	555	620	576	603	605	639	601	1100
IFFEZHEIM	110,00	énergie distribuée sur le réseau allemand								1100
BREISACH	2,70	/	/	/	/	/	/	/	20	60
<b>Total</b>	<b>1472,55</b>	<b>8556</b>	<b>6261</b>	<b>7103</b>	<b>6824</b>	<b>7429</b>	<b>7734</b>	<b>7768</b>	<b>7231</b>	

Tableau 4: Tableau de production des installations hydrauliques du Rhin

Différents accords internationaux existent entre la France, la Suisse et l'Allemagne pour la répartition de la production d'électricité. Ainsi, la centrale de Kembs produit à 20 % pour la Suisse, les centrales de Gamsheim et d'Iffezheim à 50 % pour l'Allemagne. Physiquement, l'intégralité de la production de Gamsheim alimente le réseau électrique français et l'intégralité de la production d'Iffezheim alimente le réseau allemand. Ce sont des réajustements comptables qui sont faits entre les deux pays en fonction des différences de production des deux usines et de l'impératif de répartition équitable à respecter. Par la suite, l'analyse portant exclusivement sur la production d'énergie vers les réseaux de distribution, il a été pris en considération 100 % de la production de Gamsheim sans tenir compte des ajustements comptables d'Iffezheim.

La production, à destination du réseau français, de l'ensemble de ces installations en 2009 a été d'environ 7231 GWh. L'Alsace produit ainsi environ 45 % de son énergie électrique grâce à l'hydroélectricité du Rhin.

Les variations interannuelles de production sont fonction du débit du fleuve. En moyenne, ces dernières années (2006-2009), elle était de l'ordre de 7540 GWh soit 650 ktep. On peut cependant noter que dans des années sèches, comme en 2003, la production est descendue à 6261 GWh soit 540 ktep. On peut noter également des variations interannuelles par usine qui sont liées à des

indisponibilités de groupes pour des raisons de maintenance et d'entretien courant.

#### 2.2.2. La centrale du Lac Noir

Le principe consiste à échanger la même eau entre le Lac Blanc et le Lac Noir, séparés par 120 m de dénivelé. À l'origine, reliée directement à Kembs, la centrale avait pour but de produire de l'électricité en journée et d'utiliser la production nocturne de Kembs pour le pompage de l'eau vers le lac supérieur.

Cette centrale est à l'arrêt depuis 2002 suite à un incident technique. Il est cependant envisagé de la remettre en fonctionnement, pour une puissance installée de 50 MW environ.

Consommatrice d'énergie pour remonter l'eau, elle n'est pas considérée comme productrice d'énergie de source renouvelable mais présente un intérêt fort pour le lissage de la pointe électrique.

#### 2.2.3. La petite hydroélectricité

Les autres installations existantes en Alsace relèvent de la petite hydroélectricité et sont réparties sur les affluents en rive gauche du Rhin.

On dénombre en Alsace une centaine de petites installations hydroélectriques de faible puissance (inférieure à 500 kW pour la majorité).



Le tableau suivant, basé sur différentes sources d'information disponibles, permet d'estimer la puissance cumulée installée et la production alsacienne :

	Étude du potentiel (Agence de l'eau)	Étude CREA (ADEME) - 2000 -	Chiffres d'obligation d'achat (ES et EDF)
<b>Nombre d'installations</b>	96	95	42 – chiffre 2009 -
<b>Puissance installée en MW</b>	11,6	5,8 (hors III)	9,4 – chiffre 2009
<b>Production en GWh/an</b>	54	18,7	28,39 – moyenne 2001-2009

Tableau 5 : Recensement de la petite hydroélectricité à travers différentes études

Au même titre que pour le Rhin, ces variations s'expliquent par les différences de débit des rivières alsaciennes qui sont essentiellement fonction de la pluviométrie.

La centaine de petites installations présentes en Alsace correspond à une puissance cumulée installée de l'ordre de 12 MW et à une production annuelle d'environ 30 GWh.

#### d) Production d'hydroélectricité en Alsace

En reprenant les éléments précédents concernant l'état des lieux, la production totale d'hydroélectricité en Alsace, pour le réseau français, peut être estimée de la manière suivante :

Type d'installations	Puissance installée en MW	Production moyenne annuelle (GWh/an)
Grande hydroélectricité	1 472,55	7 540
Petite hydroélectricité	12	30
Total	1 484,55	7 570

Tableau 7 : Bilan de puissance et production hydroélectrique en Alsace

La production annuelle moyenne d'hydroélectricité en Alsace provient donc à plus 99,5 % de la grande hydraulique. Rapportée en équivalent pétrole, cette production équivaut à environ 650 ktep par an.

### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1. Protection de la ressource

Le contexte européen :

- La Directive Cadre sur l'Eau affiche le rétablissement de la continuité écologique sur le Rhin comme l'un de ses enjeux majeurs identifiés. Ceci nécessitera des interventions sur la majeure partie des cours d'eau alsaciens pour atteindre l'objectif du bon état des masses d'eau à l'horizon 2027 au plus tard.
- Le plan de gestion adopté par la Commission Européenne relatif au règlement instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles, met en place une zone d'action prioritaire couvrant environ une grande moitié de la plaine d'Alsace impliquant une prise en compte de cette espèce pour les installations hydroélectriques.

En parallèle, le plan Rhin 2020, adopté lors de la conférence sur le Rhin à Strasbourg en 2001, a fixé comme objectifs de rétablir la continuité écologique sur le cours principal du Rhin, du lac de Constance jusqu'à la mer du Nord.

Afin d'équilibrer les usages de l'eau, entre la préservation des milieux aquatiques et la production d'énergie renouvelable via l'hydroélectricité, et pour répondre aux attentes des exigences européennes, le législateur a mis en place un ensemble de dispositions qui sont les suivantes :

- Le projet de révision des classements des cours d'eau au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement instaurant la mise en place de deux listes respectivement pour la préservation et la reconquête de la continuité écologique, y compris le transport solide. Cette disposition a pour vocation en Alsace de répondre aux objectifs d'atteinte du bon état écologique des masses d'eau concernées à l'horizon 2015 et de permettre la libre circulation piscicole des grands migrateurs au sein de la zone d'action prioritaire pour l'anguille et les principaux cours d'eau à saumon (Ill, Bruche, Giessen, Liepvrette, Fecht, Weiss, Doller).

Projet de classement en liste 1 au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement Région Alsace

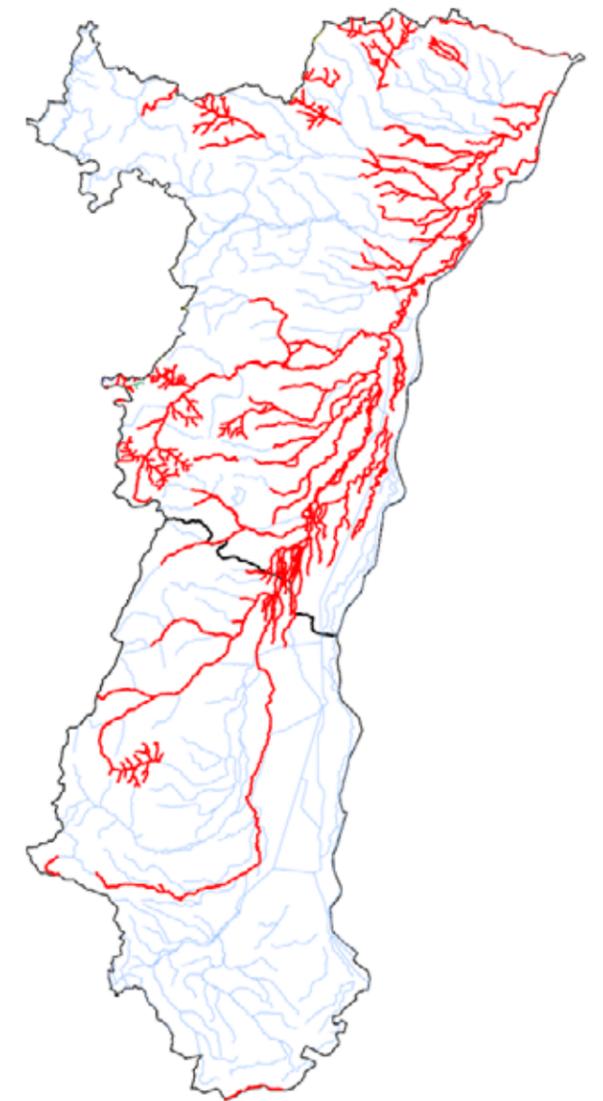


Illustration IV : Classement liste 1



**Projet de classement en liste 2  
au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement  
Région Alsace**



Illustration V: Classement liste 2

- Le relèvement des débits réservés au titre de l'article L.214-18 du code de l'environnement instaurant un débit minimal biologique permettant la préservation des milieux aquatiques. En Alsace, tous les cours d'eau sont concernés à l'exclusion du Rhin dépendant des accords internationaux cités ci-dessus.

- Les engagements du Grenelle de l'Environnement pour la préservation et la restauration de la biodiversité passent, entre autres, par la trame verte et bleue qui met en place des objectifs de maintien et/ou de reconquête de corridors écologiques. Par exemple, la préservation de l'anguille fait l'objet d'un règlement européen.

### 3.2. Tarif d'achat de l'électricité produite à partir de l'hydraulique

L'arrêté tarifaire du 1<sup>er</sup> mars 2007 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité produite à partir de l'hydraulique.

Deux éléments s'additionnent pour ce tarif :

- un tarif de base à 6,07 c€/ kWh ;
- une prime comprise entre 0,5 c€/ kWh et 2,5 c€/ kWh pour les petites installations et une prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production.

L'arrêté du 14 mars 2011, dit « arrêté rénovation », ouvre également le droit au tarif d'obligation d'achat pour les centrales hydrauliques qui ont ou vont faire l'objet d'investissements de rénovation. Il offre ainsi aux exploitants hydroélectriques la possibilité de bénéficier à nouveau de tarifs garantis par l'État pour la vente de leur électricité, sous réserve d'effectuer certains investissements validés par l'administration.

### 3.3. Objectif du Grenelle

Le Gouvernement s'est fixé des objectifs ambitieux en matière de production d'hydroélectricité avec une augmentation de la puissance nationale installée de 3000 MW en 2020 au regard des 21000 MW déjà installés, soit une augmentation de 15 % tout en maintenant la restauration des continuités écologiques (trame verte et bleue) et le bon état écologique des masses d'eau (66 % en bon état en 2015).

### 3.4. Renouvellement des concessions du Rhin

En France, l'exploitation de l'énergie hydraulique des cours d'eau est régie par la loi du 16 octobre 1919. Le texte établit que l'énergie contenue dans les chutes d'eau est un bien national dont l'État se réserve l'usage. Les ouvrages dont la puissance excède 4,5 mégawatts (MW) sont placés sous le régime de la concession, qui, selon la loi Sapin de 1993, se réalise à la suite d'une procédure d'appel d'offre. L'État est propriétaire des ouvrages mais le cahier des charges confie de larges prérogatives au concessionnaire : aménagement, entretien, respect des dispositions garantissant la sécurité et la protection de l'environnement.

Nom de l'installation	Date du décret/arrêté	Date d'expiration titre
KEMBS	17/06/2009	31/12/2035
OTTMARSHEIM	08/04/1928	31/12/2028
FESSENHEIM	25/09/1959	31/12/2032
VOGELGRUN	30/06/1962	31/12/2035
MARCKOLSHEIM	10/05/1971	31/12/2037
RHINAU	10/05/1971	31/12/2040
GERSTHEIM	10/05/1971	31/12/2044
STRASBOURG	10/05/1971	31/12/2048
GAMBSHEIM	18/02/1976	31/12/2049
BREISACH	Accord franco-allemand du 20/06/2000	31/12/2049

Tableau 8 : Échéances en matière de renouvellement des concessions hydroélectriques du Rhin

Le renouvellement des concessions hydroélectriques est un enjeu important pour l'État qui souhaite tirer le meilleur parti de ces installations en terme énergétique (puissance installée, capacité de modulation), économique (afin de tirer bénéfice de ces installations amorties) et environnemental (énergie renouvelable non émettrice de gaz à effet de serre) à condition de limiter l'impact des ouvrages sur les milieux aquatiques.

## 4. Avantages/Inconvénients

### 4.1. Environnemental

Un des atouts majeurs de la production d'hydroélectricité est qu'elle ne génère pas d'émissions atmosphériques. Elle s'appuie uniquement sur le cycle de l'eau.

Le principal impact des installations hydroélectriques sur l'environnement est qu'elles constituent une barrière pour la faune aquatique. Les installations sont des obstacles pour les poissons migrateurs (ex : saumon ou anguille en Alsace...).

Les barrages occasionnent également une rupture du transport solide à savoir le transport de sédiments (particules, argiles, limons, sables, graviers...) dans les cours d'eau pouvant s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit du fait des forces tractrices liées au courant essentiel à l'équilibre des cours d'eau et au maintien des habitats aquatiques.

Les installations hydroélectriques peuvent également entraîner une modification des conditions d'écoulement naturel des cours d'eau. Il existe un risque de rupture et donc d'inondation pour les installations sous forme de barrage. Les petites installations d'hydroélectricité ne sont que très peu concernées par ce risque du

fait de leur petite taille et de leur fonctionnement le plus généralement au fil de l'eau.

Certains sites peuvent perdre de leur esthétique en raison des constructions de l'installation.

### 4.2. Économique

Grâce à la production continue d'électricité, les ouvrages peuvent être rapidement rentables, en fonction de la nature des travaux à réaliser, et permettent de produire de l'électricité à un tarif compétitif.

Actuellement, les installations, dont la puissance est inférieure à 12 MW et qui ne fonctionnent pas en autoconsommation, bénéficient de l'obligation d'achat selon l'arrêté ministériel du 1er mars 2007.

### 4.3. Social

La petite hydraulique peut apporter de l'électricité dans des endroits reculés, maintenir ou créer une activité économique dans une zone rurale.

Des créations d'emplois peuvent être générées par la production d'hydroélectricité. On peut également signaler le risque de conflit d'usage entre l'hydroélectricité et d'autres activités (pêche, sports d'eau par exemple).



## 5. Potentiel de développement

### 5.1. Développement de la grande hydroélectricité

- **Équipement d'Iffezheim et de Gamsheim:** Par une convention additionnelle de mars 1994 à la Convention du 4 juillet 1969 relative à l'aménagement du Rhin, la France et l'Allemagne se sont entendues sur l'extension des usines d'Iffezheim et de Gamsheim. D'un point de vue pratique, les deux ouvrages étant parfaitement symétriques, il a été admis que la production de Gamsheim revenait à la France et la production d'Iffezheim à l'Allemagne.

Les travaux en cours de réalisation à Iffezheim consistent en un suréquipement des installations existantes avec la construction d'un cinquième groupe de turbinage. La mise en service de l'installation est programmée pour 2012. Pour rappel, la production d'Iffezheim est comptabilisée pour l'Allemagne.

Le projet actuel de Gamsheim consiste également en un suréquipement des installations existantes avec la construction d'un cinquième groupe de turbinage qui permettra à échéance 2015 :

- l'augmentation du débit turbinable de 300 à 400 m<sup>3</sup>/s,
- un gain de puissance de 28 MW (augmentation de 30 % de la puissance installée),
- un gain productible de 100 GWh/an (augmentation d'environ 15 % de la production annuelle).

- **Les marches en éclusées** sur le Rhin sont généralement interrompues lorsque le débit du Rhin à Kembs approche de 1 300 m<sup>3</sup>/s.

L'évolution proposée par EDF restant à acter par les commissions plénières, consisterait à abaisser, avant la saturation des centrales, tous les biefs de la hauteur correspondant au marnage autorisé, et ce en procédant à l'émission d'un sur-débit puis à ramener ensuite les biefs à la cote de retenue normale pendant l'épisode de crue. Le gain énergétique correspondant à l'extension de la marche en éclusées aux situations de pré-crues est de 2,5 GWh/an.

- **L'augmentation du débit réservé** dans le Vieux Rhin à savoir 52 m<sup>3</sup>/s et 150 m<sup>3</sup>/s en fonction des conditions du Rhin, en vigueur depuis janvier 2011, va engendrer une baisse cumulée de 86 GWh/an dans les centrales de Ottmarsheim, Fessenheim, et Vogelgrün. La production de l'aménagement de Kembs sera complétée par l'investissement dans une nouvelle centrale de restitution pouvant exploiter un débit de 90 m<sup>3</sup>/s, soit pour la France une production de 38 GWh/an.

Au final, le bilan est négatif avec une perte de production de 48 GWh/an ce qui représente moins de 1 % de la production annuelle moyenne du Rhin.

**La construction de passe à poissons** par EDF au droit de l'usine de Strasbourg d'ici 2015, prévue au titre de la continuité écologique, depuis la conférence interministérielle de Bonn en 2007, s'accompagnera d'une possibilité de turbinage d'une partie du débit d'attrait de la passe à poissons. Le potentiel n'est à ce jour pas encore connu.

Par ailleurs, une étude de faisabilité pour la réalisation d'une passe à poissons au droit de l'usine de Gerstheim est en cours. Il est également envisageable d'y installer une turbine pour valoriser l'énergie du débit d'attrait.

### 5.2. Développement de la petite hydroélectricité

Le potentiel résiduel a été calculé, à partir de l'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin Rhin-Meuse, sur les ouvrages existants.

Le croisement du potentiel d'installations nouvelles avec les enjeux environnementaux, notamment les classements des cours d'eau et la zone d'action prioritaire pour l'anguille, conduit à rectifier la répartition du potentiel d'installations nouvelles dans les trois catégories suivantes par rapport à celle présentée dans l'évaluation réalisée dans le cadre du SDAGE :

- catégorie 1: potentiel non mobilisable
- catégorie 2: potentiel mobilisable sous conditions strictes et très difficilement mobilisable
- catégorie 3: potentiel mobilisable « normalement »

Le tableau ci-dessous indique la répartition du potentiel en fonction des 3 catégories.

Catégorie	Ouvrages	Puissance en MW	Productible en GWh/an
1: potentiel non mobilisable	16	2	9,2
2: Potentiel mobilisable « sous conditions strictes » et « très difficilement mobilisable »	116	8	38
3: potentiel mobilisable normalement	16	1,75	8,2

Tableau 9: Tableau de répartition du potentiel mobilisable

Les cours d'eau sur lesquels existe un potentiel normalement mobilisables sont la Zinsel Nord, la Zorn, la Sarre, la Lauch et la Thur. La carte ci contre illustre plus précisément certains des seuils mobilisables.



illustration VI : carte indicative des ouvrages mobilisables



### 5.3. Autres pistes

L'aménagement des écluses des canaux de type Freycinet, peut éventuellement être envisagé pour exploiter les hauteurs de chute au droit de ces ouvrages. Il convient toutefois de noter que le potentiel exploitable sera fonction du trafic fluvial puisque le fonctionnement de ces écluses est conditionné au passage de bateaux. Actuellement ce type de trafic est faible en Alsace.

D'autres potentiels, non quantifiés à ce jour, existent sur les réseaux d'adduction en eau potable. En effet, la mise en place de microturbines sur ce type de réseau est possible. Une première installation a été réalisée à Nice en mai 2010.

### 5.4. Bilan de développement

Nature de l'opération	Puissance en MW	Productible en GWh/an
Équipement de Gamsheim	28	100
Marche en éclusées		2,5
Débit réservé du Vieux Rhin		- 86
Centrale de restitution Kembs	10,38	38
Petite hydroélectricité	1,75	8,2
<b>Total</b>	<b>40,13</b>	<b>62,7</b>

Tableau 10 : Bilan de développement en puissance et productible

**Un productible supplémentaire d'environ 54 GWh par an à l'horizon 2020 est ainsi envisagé avec les opérations en cours pour la grande hydraulique. Le potentiel mobilisable pour la petite hydroélectricité représente quant à lui de 8 GWh par an.**

**En intégrant également d'éventuelles améliorations des performances des installations sur le Rhin, la potentiel total estimé pour 2020 est de 10 ktep dont 9 ktep pour la grande hydraulique et 1 ktep pour la petite hydraulique.**



## Biomasse bois

La biomasse solide représente les matériaux d'origine biologique qui peuvent être employés comme combustibles pour la production de chaleur et/ou d'électricité. Ce sont principalement les ressources ligneuses d'origine:

- forestière, aussi appelées bois-énergie: le bois bûche, les granulés de bois, les déchets de bois, sous forme de plaquette ou de sciure, et les déchets industriels banals du bois;
- agricole, ou les matières organiques telles que la paille, les résidus de récoltes et les matières animales;
- urbaine, avec les déchets urbains solides renouvelables.

Le volet étudié ci-après est dédié au bois-énergie issu de la filière forêt-bois. Une autre partie est consacrée à la biomasse agricole, une autre encore aux déchets.

Le bois-énergie représente environ 45 % dans le mix énergies renouvelables de la France en 2010.

### 1. Présentation de la filière

La filière bois-énergie s'appuie sur différents produits de la filière forêt-bois pour obtenir ses combustibles:

- rémanents, bois d'éclaircies, houppiers;
- élagage;
- produits connexes de la première et de la seconde transformation (écorces, copeaux, sciures, chutes, etc.);
- broyats d'emballages perdus: palettes, caisses, cagettes.

Les types de combustibles sont donc divers, mais trois principaux produits se dégagent:

- le bois en bûche: il est principalement destiné aux particuliers et se développe de plus en plus auprès d'une clientèle d'urbains et de périurbains. Il peut être utilisé avec toute une série d'équipements (cheminées, inserts, poêles, cuisinières, etc.). Il s'agit du combustible bois nécessitant le moins de transformation (abattage, fendage).
- la plaquette: elle est principalement destinée aux chaudières collectives et à la cogénération (co-production d'électricité et de chaleur sous forme de vapeur d'eau). En effet, les capacités de stockage doivent être importantes pour garantir une autonomie suffisante à la chaudière. Deux types de plaquettes sont toutefois à distinguer:

- la plaquette forestière, qui est un produit à part entière issu du broyage de rémanents, houppiers, etc. Elle correspond à une valorisation de produits de la forêt ou

éventuellement de l'entretien des paysages qui, par ailleurs, ne trouvent pas ou peu de débouchés.

- la plaquette de scierie, qui est un sous-produit de l'industrie de la première transformation.
- le granulé (ou pellet): il s'agit de sciures compressées, destinées principalement aux particuliers. Le granulé permet l'utilisation de poêles, ou de chaudières à alimentation automatique qui, couplées à un silo de stockage, ne demande qu'un ou deux approvisionnements par an. L'utilisation de ce combustible est donc plus souple pour le particulier que la plaquette. Il nécessite enfin pour sa fabrication, la dépense énergétique la plus élevée de tous les combustibles bois, de par notamment son procédé de production (séchage de la sciure, compression à haute température, etc.).

Ces différents combustibles sont utilisés dans des unités de combustion variant en fonction des types de projet (insert, poêle en habitat individuel, chaudière pour l'habitat collectif ou les collectivités, chaufferie industrielle, unité de cogénération, etc.) et destinés à produire de la chaleur et/ou de l'électricité.

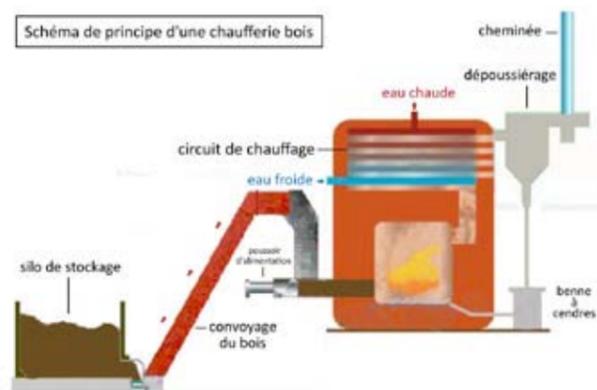


Illustration 1: Schéma de principe d'une chaufferie bois

## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Plusieurs études, dont la liste se trouve dans les cahiers techniques, ont été déjà réalisées pour la filière bois-énergie en Alsace sur les dix dernières années, en particulier pour estimer et suivre la ressource en bois-énergie disponible.

### 2.2. Ressources

Avec une forêt qui couvre 38 % de la surface régionale, soit près de 316450 hectares (source: Inventaire Forestier National -IFN- 1999-2002), l'Alsace est la 5e région forestière en France en terme de taux de boisement et représente 2 % de la surface forestière nationale (source: IFN).

Son volume sur pied est d'environ 78 millions de m<sup>3</sup> (source: IFN 1999-2002), ce qui correspond à 4 % du volume total de la forêt française.

La forêt alsacienne est productive: son volume à l'hectare est de 245 m<sup>3</sup>/ha (source: IFN 1999-2002) contre 161 m<sup>3</sup>/ha au niveau national (source: IFN 2008) et sa production brute annuelle biologique (augmentation en un an du volume de bois sur pied) est de 10,2 m<sup>3</sup>/ha/an (source: IFN 1999-2002) contre 6,9 m<sup>3</sup>/ha/an au niveau national (source: IFN 2008).

La propriété des forêts alsaciennes est atypique, puisque 75 % des forêts sont publiques (24 % de forêts domaniales -État- et 51 % de forêts appartenant à 658 communes forestières -source: Association des Maires des communes Forestières -AMCF-, soit plus des deux tiers des communes alsaciennes) et les 25 % restants appartiennent à plus de 85000 propriétaires privés, dont plus de 91 % ont moins de 1 hectare de forêt et représentent un peu plus de 26 % de la surface forestière privée (source: Centre Régionaux de la Propriété Forestière -CRPF- Lorraine-Alsace). Cette proportion de la part de forêt publique par rapport à la forêt privée est inversée au niveau national.

Ainsi, la forêt alsacienne est majoritairement gérée par l'Office National des Forêts (ONF), qui intervient en forêts domaniales et communales. Cela implique que la gestion et l'exploitation des bois sont relativement optimisées en Alsace et qu'il n'existe donc que peu de marges de manœuvre en terme de mobilisation supplémentaire, contrairement à d'autres régions françaises. Cette mobilisation supplémentaire se trouve principalement en forêt privée.

Enfin, avec près des 3/4 de ses surfaces forestières certifiées par le label de gestion durable Plan European Forest Certification (PEFC), l'Alsace est la première région forestière française dans ce domaine, garantissant ainsi une bonne gestion de son patrimoine forestier (source: PEFC Alsace 31 mars 2010). La récolte en Alsace est de 1,4 million de m<sup>3</sup> (source: Enquête Annuelle de Branche 2009).

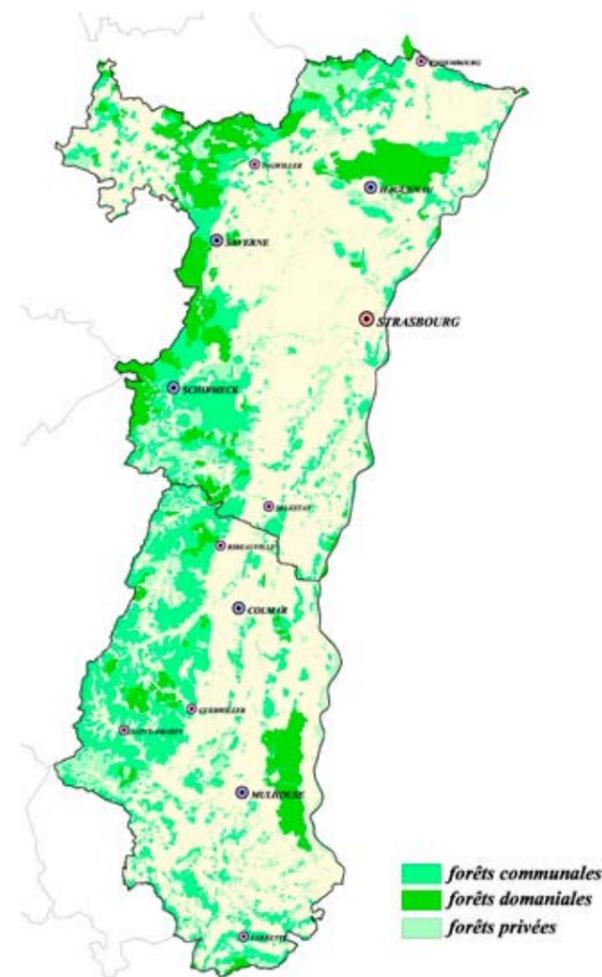


Illustration 2: Carte des forêts Alsaciennes par type

### 2.3. Installations et projets

Le détail des projets et les coefficients de conversion pour arriver aux chiffres en ktep figurent dans les cahiers techniques.

Destination	Consommation (ktep/an)
<b>Particulier (bois de chauffage)</b>	<b>218,19</b>
Bois en bûche d'origine forestière	167,54
Chaufferies individuelles (granulés en vrac)	2,93
Autres bois	47,72
<b>Chaufferies collectives et industrielles (plaquettes)</b>	<b>40,32</b>
<b>Chaufferies collectives (granulés en vrac)</b>	<b>1,37</b>
<b>TOTAL</b>	<b>259,88</b>

Tableau 1: Synthèse des consommations des produits bois à destination de l'énergie (2009)



Le bois bûche représente donc la part la plus importante de la consommation alsacienne, soit 75%.

La consommation, présentée page précédente, correspond à celle des installations sur le territoire indépendamment de la provenance des matières.

Combustibles bois	Production (ktep/an)
<b>Bois en bûche d'origine forestière</b>	<b>167,54</b>
Part issue des professionnels du bois de chauffage	13,6
<b>Plaquettes forestières</b>	<b>10,56</b>
<b>Produits connexes de scierie</b>	<b>22,27</b>
Plaquettes de scierie	3,37
Copeaux-Sciures	5,34
Écorces	12,64
Purges de grumes, dosses, délignures, etc.	0,92
<b>Produits connexes de seconde transformation</b>	<b>2,71</b>
Copeaux-Sciures	1,84
Autres bois propres	0,51
Autres bois souillés	0,36
<b>Granulés</b>	<b>0</b>
<b>Déchets industriels Banals</b>	<b>11,28</b>
Broyats de bois propres	3,22
Broyats de bois souillés	6,51
Autres produits bois	1,55
<b>TOTAL</b>	<b>214,36</b>

Tableau 2: Synthèse des productions des produits bois à destination de l'énergie (2009)

La consommation annuelle de bois-énergie en Alsace est estimée à 259,88 ktep tandis que la production régionale est de 214,36 ktep, en considérant uniquement le bois-énergie produit sur le territoire alsacien. La seule production alsacienne n'est donc pas suffisante pour faire fonctionner l'ensemble des installations, sauf pour le bois bûche qui ne fait pas l'objet d'importation provenant d'autres régions (production = consommation).

#### Bilan de la consommation prévisionnelle en bois énergie pour les projets en cours de réalisation ou programmés en Alsace

Pour les projets en cours de réalisation ou programmés en Alsace (projets de la Commission de Régulation de l'Énergie -CRE- 3 et 4, projets fond chaleur dont Bois Chaleur Industrie Agriculture Tertiaire -BCIAT- et projets du programme Energivie), les ressources nécessaires seraient d'environ 475000 tB/an soit 114 ktep dont 330000 tB/an à prélever en Alsace soit environ 79 ktep.

### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1 Mesures de protection

L'Alsace est concernée par un ensemble de mesures de protection à caractères réglementaires assez conséquent :

86800 hectares de forêts sont inscrits à l'inventaire Natura 2000, Zones Spéciales de Conservations (ZSC) et Zones de Protections Spéciales (ZPS),

- 7500 hectares de forêts sont classés comme forêt de protection à but écologique, notamment le long du Rhin,
- 2100 hectares sont protégés au titre des Réserves Naturelles Nationales (RNN) où aucune exploitation n'est possible,
- 2100 hectares de forêts sont classés en Réserves Naturelles Régionales (RNR).

L'ONF s'est en outre fixé un objectif de 3 % des forêts domaniales en îlots de vieillissement et de sénescence (certaines de ces surfaces sont pour parties intégrées aux précédentes).

Enfin, la surface des Réserves Biologiques Intégrales (RBI) est de 1709 ha (source: PEFC). Dans ces milieux, la mobilisation du bois est soumise à des contraintes plus élevées et les niveaux de récolte ne sont pas les mêmes que dans les autres forêts.

#### 3.2 Émissions de particules

Le plan particules du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a prévu de limiter les émissions de particules issues du bois-énergie.

#### 3.3 Tarif d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse

L'arrêté tarifaire du 27 janvier 2011 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse.

Deux éléments s'additionnent pour définir ce tarif :

- un tarif de base à 4,34 c€/kWh,
- une prime comprise entre 7,71 c€/kWh et 12,53 c€/kWh attribuée selon des critères de puissance, de ressources utilisées et d'efficacité énergétique. Le niveau de la prime est calculé en fonction de cette dernière.

L'accès à la prime ne concerne cependant qu'un nombre très restreint d'acteurs puisque, pour bénéficier de ce tarif, la puissance électrique minimale de l'installation doit être au moins de 5 MW. Ce seuil est abaissé à 1 MW pour les entreprises de sciage et rabotage du bois dont l'énergie thermique est exclusivement valorisée pour le séchage et autre traitement thermique de la production.

### 3.4 Code de l'Environnement

Les installations de combustion de bois sont soumises au Code de l'Environnement.

#### 3.5 Dispositions particulières

Des aides financières peuvent être apportées en fonction du type de projet aussi bien au niveau national (crédit d'impôt, appel à projets de la Commission de Régulation de l'Énergie ou de l'ADEME) que régional (subventions des collectivités locales principalement). Le détail des dispositifs existants est disponible dans les cahiers techniques.

### 4. Avantages/Inconvénients

#### 4.1. Environnemental

Le bois-énergie présente un bilan CO<sub>2</sub> neutre. En effet, on considère que le CO<sub>2</sub> absorbé lors de la croissance de l'arbre est restitué dans l'atmosphère lors de sa combustion.

Cette technique permet également la valorisation d'une ressource renouvelable souvent de proximité et l'utilisation de certains produits qui ne trouvent pas de débouchés par ailleurs. Cela permet d'ailleurs de pratiquer certaines opérations sylvicoles qui à terme sont favorables à la production de bois d'œuvre.

Le bois-énergie permet aux communes forestières de se gérer en direct et d'être plus indépendantes énergétiquement. De plus c'est une énergie qui, comme l'hydraulique, peut être stockée : cela permet une régulation de l'énergie et l'adaptation aux besoins par le stock de la matière combustible.

D'un point de vue environnemental, il est nécessaire d'appréhender la problématique de manière globale. Même si, à première vue, il paraît plus intéressant de favoriser le développement de l'utilisation du bois comme source d'énergie, et si cela s'opère au détriment de certains acteurs, une analyse plus complète permet de nuancer cette vision. En effet, une valorisation matière du bois en tant que matériau au travers de la construction, présente plusieurs avantages :

- stockage de carbone,
- utilisation d'un matériau renouvelable,
- utilisation d'un matériau faiblement consommateur d'énergie pour sa production et sa mise en œuvre (en comparaison du métal et du béton largement répandus en France),

- développement d'habitats constructifs de type "maison basse consommation" car d'un point de vue rapport qualité-prix-technique, le bois est un des matériaux de prédilection pour ces solutions.

Ainsi, l'émergence d'une forte demande de bâtiments économes en énergie, associée à un souhait de développer l'utilisation de matériaux renouvelables possédant un faible impact environnemental, vont probablement entraîner une demande importante de constructions en bois. Or, cette demande ne pourra être satisfaite, que si l'offre, notamment en panneau, est suffisante en quantité et est compétitive en terme de prix (pour mémoire, l'ossature bois s'avère le système constructif en bois le plus répandu, est composée en grande partie à base de panneaux).

À l'heure actuelle, ce problème de conflit d'usage est accentué par le fait que les prix moyens du bois d'industrie, du bois de palette, du hêtre tout usage confondu, sont très proches du prix moyen du bois-énergie. Ainsi, le passage d'un usage à un autre peut se faire assez facilement.

La sensibilité physique et chimique des sols (tassement et fertilité) est également à signaler en raison de l'exportation des minéraux compris dans les rémanents forestiers en dehors de la forêt (problème de la fertilité des sols). Concernant ce dernier point, il est de bonnes pratiques de laisser au moins en forêt les branches inférieures à 7 cm de diamètre pour la reconstitution du sol. La Direction territoriale de l'ONF a déjà pris depuis plusieurs années des dispositions en ce sens. Par ailleurs, la prise en compte de la problématique des sols et donc des exportations minérales, notamment sur sols acides, réduit également les possibilités de récolte par une nécessité de retour de la minéralité.

La combustion du bois peut également constituer une source importante de polluants atmosphériques, notamment en ce qui concerne les particules fines et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Il apparaît donc nécessaire de développer l'utilisation du bois-énergie tout en veillant à limiter les émissions de polluants atmosphériques.



## 4.2. Économique

L'exploitation du bois est liée :

- au coût d'exploitabilité (pente, accessibilité, etc.),
- à la décision du propriétaire de mettre sur le marché ses bois. Même si certains volumes sont potentiellement disponibles, dans la pratique, à cause du morcellement de la forêt privée, ils sont difficilement mobilisables.

L'utilisation de bois ronds à destination de l'énergie peut se faire au détriment des bois à destination de l'industrie dans un premier temps, mais également au détriment de la palette dans un second temps. Il existe donc une possibilité de réorientation des débouchés des bois en fonction du marché. De même, pour la plaquette de scierie et les sciures, des conflits d'usage peuvent apparaître en fonction des prix pratiqués entre une valorisation matière ou énergie.

D'un point de vue économique, les produits forestiers ont toutefois un coût supérieur aux produits connexes de scierie. Ainsi, les produits connexes de la première transformation présenteront toujours un fort attrait et intérêt pour les exploitants d'installation consommant de la biomasse ligneuse.

## 4.3. Social

L'aspect négatif de la déforestation est présent dans les esprits des gens, même si ce n'est pas du tout le cas en Alsace et en France en général (importance des labels de gestion durable : PEFC, etc.).

D'un point de vue social, dans le cadre d'une démarche de filière, il est nécessaire de maintenir l'ensemble des activités de transformation du bois, notamment par une incitation forte à l'utilisation des produits forestiers qui ne peuvent être valorisés qu'en énergie et qui permettent de créer de l'activité et de la richesse supplémentaire. En effet, en termes d'emplois, une industrie lourde représente au minimum une centaine d'emplois directs, alors qu'une co-génération ne va représenter au plus qu'une dizaine d'emplois directs à consommation de bois équivalente.

Le secteur du bois-énergie couvre les activités telles que la production et le commerce de combustibles bois, la fabrication d'appareils de chauffage au bois, le commerce d'appareils de chauffage au bois, ou le ramonage. Il regroupe environ 100 établissements en Alsace soit 730 emplois.

Le bois-énergie dégage un taux de marge qui représente environ le quart de sa valeur ajoutée, ce qui est relativement plus élevé que dans les autres secteurs. À signaler que 44 % des emplois du bois-énergie sont situés dans la zone d'emploi de Molsheim - Schirmeck. Ce secteur, dynamique en Alsace, est porté par le développement des énergies renouvelables, et notamment du bois qu'il soit sous forme de bûches, de granulés (pellets) ou de plaquettes.

## 5. Potentiel de développement

Des études au niveau national sur la disponibilité supplémentaire en forêt ont été réalisées avec des résultats déclinés par région. Ces études sont critiquées et remises en cause par les professionnels de la filière qui estiment que les volumes annoncés sont surévalués. En effet, certains des aspects suivants ne sont pas pris en compte ou le sont que partiellement :

- forêts classées en espace protégé,
- sensibilité physique (tassement) et chimique (retour de la minéralité) des sols,
- non-récolte des bois < à 7 cm,
- organisation foncière de la propriété forestière privée,
- volonté ou non du propriétaire de mettre sur le marché ses bois,
- pertes d'exploitation pour les bois ronds de plus de 7 cm comprises entre 20 et 30 % en Alsace, etc.

Une étude spécifique à l'Alsace montre en effet des volumes disponibles nettement plus faibles. Celle-ci a intégré des critères technico-économiques mais également la volonté du propriétaire de mettre sur le marché ses bois puisque les informations proviennent de ceux-ci.

La disponibilité supplémentaire en Bois Industrie - Bois Énergie (BIBE) a ainsi été estimée, suite à la concertation des membres de la filière forêt-bois alsacienne en 2010, à 118000 tB/an. L'ONF annonce également une disponibilité supplémentaire conjoncturelle pour l'Alsace, sur quelques années, de 100000 m<sup>3</sup>/an (lisière, bord de route, etc.) soit 90000 TB/an.

**Le gisement supplémentaire sur l'Alsace pour les bois ayant un usage potentiel en bois-énergie ou en bois d'industrie est donc à l'heure actuelle de 208000 TB/an avec le conjoncturel soit environ 50 ktep.**

**Au vu des chiffres présentés précédemment et des projets en cours de réalisation ou programmés en Alsace (79 ktep), la ressource alsacienne en biomasse-bois est déjà fortement mobilisée.**



## Biomasse déchets

Selon la définition des directives européennes, la biomasse est « la fraction dégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets non dangereux d'origine industrielle ou issus des collectes municipales ».

Le volet étudié ci-après est dédié à la biomasse issue de la fraction biodégradable de ces derniers déchets. Cette fraction participe à environ 6 % dans le mix énergies renouvelables de la France en 2010.

### 1. Présentation de la filière

Une hiérarchie des modes de traitement des déchets a été définie par l'Union européenne dans ses directives. La priorité va à la diminution de la production, puis à la valorisation par recyclage ou compostage, à la valorisation énergétique et enfin à la mise en décharge réservée aux déchets ultimes.

Le Grenelle de l'Environnement a repris ces orientations avec des objectifs chiffrés :

- diminution du volume des déchets ménagers et assimilés de 7 % par habitant d'ici 2015;
- valorisation matière et organique de 35 % en 2012 et 45 % en 2015 pour les déchets ménagers et 75 % dès 2012 pour les déchets des entreprises et les emballages;
- réduction de 15 % de la quantité de déchets destinés à l'enfouissement ou à l'incinération d'ici 2012, de manière à réduire les nuisances sanitaires et environnementales induites.

On distingue trois principales catégories de déchets :

- Les déchets dangereux, essentiellement d'origine industrielle,
- Les déchets non dangereux qui couvrent plusieurs sous-catégories de déchets :
  - Les déchets ménagers et assimilés, qui sont gérés dans le cadre du service public de gestion des déchets,
  - Les déchets banals des entreprises, qui sont gérés directement sous la responsabilité des entreprises productrices,
  - Les boues de stations d'épuration,
  - Les déchets agricoles et forestiers.
- Les déchets inertes.

Dans le présent volet, seuls sont traités les déchets non dangereux (DND) à l'exclusion des déchets agricoles et sylvicoles qui sont traités respectivement dans les parties biomasse agricole et biomasse bois.

La valorisation du potentiel énergétique des déchets rentre dans le bilan des énergies renouvelables depuis la directive européenne 2001/77/CE qui a considéré que la biomasse inclut la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

Les principaux procédés de production énergétique à partir des déchets sont les suivants :

- l'incinération avec récupération d'énergie : consiste en une combustion des déchets qui permet de produire de l'énergie thermique et/ou électrique (cogénération). Bien que les directives européennes demandent que l'élimination soit utilisée en dernier recours, l'incinération a été considérée comme un procédé pouvant bénéficier du statut de valorisation. L'arrêté ministériel du 8 novembre 2007 relatif aux garanties d'origine de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables ou par cogénération, a dans son article 2, précisé que : « la production d'énergies renouvelables 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 »;
- la production de combustibles solides de récupération (CSR) : après un tri des déchets visant à obtenir un pouvoir calorifique homogène et à extraire les substances indésirables (PVC notamment), les produits obtenus peuvent être valorisés dans des installations industrielles spécifiques (cimenteries, papeteries, fours à chaux...) ou dans des usines d'incinération adaptées;
- la méthanisation : produit à partir de déchets organiques, le biogaz est ensuite injecté dans un réseau ou brûlé pour fournir de l'énergie (voir volet traitant du biogaz);



© EcoEmballages

## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Différentes études ayant trait à la valorisation énergétique des déchets ont été menées dans le cadre de la révision des plans départementaux de prévention et de gestion des déchets non dangereux portés par les Conseils Généraux. Aussi, ces derniers disposent d'observatoires statistiques sur la gestion de ces déchets.

### 2.2. Ressources

#### 2.2.1. L'incinération des déchets issus des collectes municipales

La production annuelle de déchets ménagers collectés par les installations ayant la compétence de collecte en Alsace est de l'ordre d'un million de tonnes (60 % pour le Bas-Rhin et 40 % pour le Haut-Rhin). Parmi les modes de gestion, l'incinération concerne environ 60 % de ces déchets.

L'Alsace compte quatre unités d'incinération d'ordures ménagères (UJOM) qui traitent environ 0,6 million de tonnes de déchets par an. Les capacités des quatre unités sont les suivantes :

Unités	Capacité maximale d'incinération en t/an	Énergie produite	
		Type	Production en MWh/an
Strasbourg (67)	250000	thermique	288000
		électrique	70000
Schweighouse sur Moder (67)	76000	thermique	64000
		électrique	15600
Colmar (68)	78000	thermique	122000
Sausheim (68)	175000	électrique	65400
<b>Total</b>	<b>579000</b>		<b>625000</b>

Tableau 1 : Énergie produite par les UJOM alsaciennes

Ces quatre unités produisent de l'énergie thermique et/ou électrique.

La production d'énergie de ces quatre unités est de l'ordre de 625000 MWh/an soit environ 55 ktep, ce qui en appliquant la règle de comptage pour une usine d'incinération de déchets, correspond à une production d'énergie renouvelable de l'ordre de 27 ktep par an.

#### 2.2.2. Les gaz de décharges

Quatre principaux centres de stockage des déchets non dangereux (CSDND) existent en Alsace (trois dans le Bas-Rhin et un dans le Haut-Rhin.)

Le centre de Retzwiller dans le Haut-Rhin a mis en place un système de captage du biogaz issu de la décharge. Le gaz est ensuite dirigé vers un groupe turbo-alternateur. La production d'électricité ainsi obtenue est de l'ordre de 10000 MWh par an soit l'équivalent de 0,86 ktep par an.

#### 2.2.3. L'incinération d'autres déchets organiques

D'autres déchets organiques peuvent être également incinérés. La production d'énergie à partir de ces déchets est estimée à environ 4 ktep.

La production d'énergie à partir des déchets considérés ci-dessus est ainsi estimée à 32 ktep en 2009 pour l'Alsace.

## 3. Cadre réglementaire

### 3.1. Code de l'environnement

Les incinérateurs, les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés, les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) sont soumis à la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

### 3.2. Tarif d'achat de l'électricité produite à partir des déchets ménagers

L'arrêté tarifaire du 2 octobre 2001 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité à partir de l'incinération de déchets.

Deux éléments s'additionnent pour définir ce tarif :

- un tarif de base de 4,5 à 5 c€/ kWh;
- une prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 0,3 c€/ kWh.



## 4. Avantages/Inconvénients

### 4.1. Environnemental

La production d'énergie à partir de déchets se substitue pour l'essentiel à des ressources fossiles et contribue ainsi à diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

Les usines d'incinération émettent cependant des polluants à l'atmosphère. Ceux-ci doivent être traités dans des équipements de dépollution performants dont les limites d'émission sont fixées par les textes réglementaires en vigueur.

### 4.2. Économique

Cette filière peut participer au développement de l'économie locale par des créations d'emplois : activités logistiques, transformation et exploitation d'installations de production d'énergie.

La faisabilité économique des projets de récupération d'énergie se heurte cependant à divers freins et dépend des aides ou avantages apportés par la puissance publique (subventions ou tarifs de rachat par exemple).

### 4.3. Social

L'incinération jouit d'une mauvaise image de marque, malgré les progrès réalisés en matière de traitement de polluants comme les dioxines et les oxydes d'azote. L'acceptabilité locale de nouveaux projets est donc très sensible.

La construction d'unités de valorisation énergétique, de quelque nature qu'elle soit risque donc de se heurter à une forte opposition locale.

## 5. Potentiel de développement

### 5.1. Performance énergétique des installations d'incinération

Plus de la moitié des déchets ménagers produits en Alsace est traitée par incinération. Sans augmenter les quantités de déchets incinérés, l'optimisation technique de la production d'énergie des quatre unités d'incinération existantes en Alsace est à mieux appréhender.

Dans le Haut-Rhin, la performance énergétique de l'UIOM de Sausheim est en retrait par rapport aux autres unités existantes en Alsace. Le Syndicat Intercommunal de Traitement des Ordures Ménagères de Colmar et Environs, maître d'ouvrage de l'UIOM de Colmar a lancé une étude pour le remplacement de cet équipement par une Unité de Valorisation Énergétique (UVE) des déchets. La valorisation énergétique sera faite par cogénération et une extension du réseau de chauffage actuel est prévue. La production annuelle d'énergie serait alors comprise entre 120000 MWh et 135000 MWh.

Dans le Bas-Rhin, un projet de modernisation de l'UIOM de Strasbourg est en cours, permettant une amélioration de la valorisation énergétique combinant méthanisation de la matière organique et production de chaleur.

### 5.2. Combustibles solides de récupération

Les nouveaux potentiels susceptibles d'être mobilisés sont les déchets actuellement mis en décharge, qui sont composés essentiellement de déchets banals des entreprises. On estime cette quantité à environ 360000 tonnes par an dont 174000 tonnes pour le Haut-Rhin et 186000 tonnes pour le Bas-Rhin.

Une étude interdépartementale conduite par les deux Conseils Généraux a permis de montrer que la piste la plus réaliste pour valoriser ces déchets était la fabrication de Combustibles Solides de Récupération (CSR), telle qu'elle est pratiquée notamment à Ludres en Lorraine (54).

La production annuelle d'énergie électrique et thermique à partir de ces combustibles pourrait être comprise entre 500000 et 1000000 MWh en fonction du type d'installation mise en œuvre.

Enfin, une partie des déchets ménagers, essentiellement des déchets encombrants, est encore mise en décharge. Par exemple dans le Haut-Rhin, environ 44000 tonnes, enfouies pourraient être valorisées notamment au travers de la fabrication de CSR.

Les débouchés pour les CSR restent cependant actuellement rares du fait des réglementations applicables et de la difficulté de susciter de nouveaux projets industriels pouvant les accueillir.

### 5.3. Bilan

**On peut estimer que la performance énergétique des unités d'incinération existantes pourrait être améliorée et ainsi permettre une production annuelle d'énergie de l'ordre de 700000 MWh soit 60 ktep et 30 ktep en comptage énergie renouvelable.**

**Par ailleurs, la fabrication de CSR et leur incinération permettrait de produire au moins 500000 MWh d'énergie soit 43 ktep et 21 ktep en comptage énergie renouvelable.**

**Au final, la production d'énergie renouvelable à partir des déchets pourrait atteindre 50 ktep environ à 2020 et également à 2050 pour rester conforme aux objectifs du Grenelle énoncés en introduction (réduction du volume des déchets et des quantités destinées à l'incinération).**



## Biomasse agricole et agrocarburants

Le volet étudié ci-après est dédié à la biomasse issue de la filière agricole (telles que les matières organiques comme la paille, les résidus de récoltes et les matières animales) et aux agrocarburants.

La biomasse agricole représente environ 1 % et les agrocarburants 10 % du mix énergies renouvelables de la France.

### 1. Présentation de la filière

La filière agriculture-énergie peut s'appuyer sur différents produits de la filière agricole :

- la paille (issues des céréales) et les menues pailles (débris de paille, enveloppes qui entourent les graines, petits grains, débris de tiges et graines d'adventices) ;
- les rafles et spathes de maïs ;
- le foin ;
- les cultures bio-énergies (céréales plantes entières, miscanthus, taillis à courte rotation (TCR), chanvre, lin...).

Ces différents produits peuvent être utilisés dans des unités de combustion ou pour la production d'agrocarburants qui désignent des carburants constitués de dérivés industriels obtenus après transformation de produits d'origine végétale ou animale. Plus concrètement le préfixe « agro » est utilisé pour tous les carburants issus de cultures agricoles, de déchets (bois, huiles usagées...), d'algues, de graisses animales, de micro-organismes...

La biomasse agricole à destination de l'énergie constitue un gisement quasiment inexploité à ce jour. Seules les rafles de maïs, sarments de vignes ou quelque tonnes de céréales secondaires sont utilisées marginalement dans le cadre d'installations individuelles. Elle est par contre déjà utilisée pour la production d'agrocarburants.

La biomasse agricole n'est pas forcément disponible immédiatement et en quantité suffisante. Il convient donc, dans un premier temps, de connaître précisément quelles matières pourront être mobilisées et dans quels délais.

### 2. État des lieux en Alsace

#### 2.1. Études

Il existe une seule étude d'évaluation de la ressource en biomasse agricole, jointe dans les cahiers techniques. Elle a été réalisée au niveau du pôle d'excellence rural « Alsace Nord » par la Chambre

d'Agriculture du Bas-Rhin en 2008.

#### 2.2. Ressources

Le territoire alsacien compte 40 % de surface agricole utilisée (SAU), soit 337749 hectares (ha). La surface toujours en herbe occupe près de 40 % de la SAU alsacienne et les cultures céréalières plus de la moitié, pour les trois quarts en maïs et le reste essentiellement en blé. Le vignoble alsacien représente 1,9 % des surfaces cultivées et les cultures industrielles (houblon, tabac, betteraves industrielles) contribuent à la diversification de l'agriculture régionale, notamment dans le Bas-Rhin.

Les superficies cultivées (source INSEE 2007) sont les suivantes :

- Terres arables (céréales, oléagineux, jachères): 238264 ha ;
- Cultures fruitières: 1200 ha ;
- Vignes: 15650 ha ;
- Surfaces toujours en herbe des exploitations: 81245 ha.

L'agriculture alsacienne se caractérise par la diversité de ses productions. Chaque année, l'Alsace fournit 4 % de la production nationale de maïs et de blé, et 16 % de celle de tabac. Elle occupe le premier rang des régions pour la production de houblon et de choux à choucroute.

En 2007, l'arboriculture alsacienne a fourni 43 % de la production nationale de quetsches, fruit caractéristique de la région. L'Alsace produit également chaque année 3 % de la production nationale de fraises ainsi que 7 % de celle d'asperges. L'élevage n'y est pas très développé, mais presque toutes les productions animales y sont présentes. La région produit respectivement 0,9 % et 0,5 % de la production nationale de viande bovine et porcine. Elle fournit en moyenne 1,3 % de la production laitière nationale et 1,9 % de celle d'œufs de consommation.

#### 2.3. Installations et projets

##### Combustion

Il n'y a pas de projet en fonctionnement à ce jour en Alsace (sauf quelques initiatives individuelles avec des installations de petite taille) mais des projets sont en cours d'expérimentation ou à l'étude notamment pour exploiter les rafles de maïs.

La production pour la combustion de biomasse agricole en 2009 est donc de 0 ktep.

##### Agrocarburants

La société Roquette à Beinheim qui exploite une amidonnerie assure une production de bioéthanol à partir de blé (100000 tonnes) provenant du Grand Est.

Le papetier UPM Stracel projette d'implanter une unité de production de biodiesel sur son site de Strasbourg. Ce procédé de fabrication de biocarburant de seconde génération s'appuierait par contre sur la biomasse - bois.

La production d'agrocarburants en 2009 est de 23 ktep.

### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1 Émissions de particules

Tout comme la biomasse bois, il conviendra d'être vigilant quant aux émissions suite à la combustion de biomasse agricole, et notamment celles de poussière et de particules. Cela devra également être analysé au niveau des unités de production d'agrocarburants ou lors de l'utilisation de ces derniers.

#### 3.2 Tarif d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse

L'arrêté tarifaire du 27 janvier 2011 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse agricole.

Deux éléments s'additionnent pour définir ce tarif :

- un tarif de base à 4,34 c€/kWh,
- une prime comprise entre 7,71 c€/kWh et 12,53 c€/kWh attribuée selon des critères de puissance, de ressources utilisées et d'efficacité énergétique. Le niveau de la prime est calculé en fonction de cette dernière. L'accès à la prime ne concerne cependant qu'un nombre très restreint d'acteurs puisque, pour bénéficier de ce tarif, la puissance électrique minimale de l'installation doit être au moins de 5 MW. Ce seuil est abaissé à 1 MW pour les entreprises de sciage et rabotage du bois dont l'énergie thermique est exclusivement valorisée pour le séchage et autre traitement thermique de la production.

#### 3.3 Code de l'Environnement

Les installations de combustion de biomasse agricole et de production de biocarburants sont soumises au Code de l'Environnement.

#### 3.4 Dispositions particulières

Des aides financières peuvent éventuellement être apportées en fonction du type de projet aussi bien au niveau national (crédit d'impôt, appel à projets de la Commission de Régulation de l'Énergie ou de l'ADEME) que régional (subventions des collectivités locales principalement).

### 4. Avantages/Inconvénients

#### 4.1. Environnemental

Tout comme la biomasse bois, la biomasse agricole constitue une ressource renouvelable de proximité et présente des produits qui peuvent ou non trouver des débouchés par ailleurs.

Les pailles par exemple jouent un rôle important dans le maintien du contenu en matière organique des sols, notamment dans certaines régions où les terres sont appauvries par des systèmes d'exploitation trop intensifs. La mobilisation de ce type de ressources doit donc être mesurée en fonction des conditions et exigences du milieu.

La menue paille, quant à elle, est actuellement rejetée sur le champ par la moissonneuse. Ce produit pourrait être utilisable en alimentation, litière et énergie. Récupérée, elle permettrait également de réduire considérablement les repousses au champ après récolte.

Les cultures bioénergies, à développer, pourraient présenter un gisement non négligeable de biomasse agricole mobilisable. Ces cultures permettent également la valorisation de terres dites marginales, gels, friches ou autres terres interdisant la production de cultures alimentaires. Plusieurs espèces de ces nouvelles cultures énergétiques dédiées ont été sélectionnées pour leur forte productivité en biomasse et leurs faibles exigences relatives en intrants (économie de traitements phytosanitaires notamment). Certaines précautions seront tout de même à observer par rapport à ces nouvelles cultures : types de sol à mobiliser, rendement, invasion des sols, réversibilité...

Une vigilance doit également être accordée à la question des émissions de polluants atmosphériques aussi bien pour la combustion de biomasse agricole que pour la production et l'utilisation des agrocarburants.



#### 4.2. Économique

Les ressources à mobiliser sont susceptibles d'impacter l'outil de production de denrées agroalimentaires. Il faut donc veiller à ne pas créer de concurrence entre production alimentaire et énergétique. La paille, par exemple, peut servir à la production de fraises pour éviter tout contact entre le fruit et le sol tandis que les herbes peuvent servir à l'alimentation des ruminants.

La densité énergétique de la biomasse agricole est généralement faible et son coût de transport sur des distances trop importantes rendrait nul son bilan énergétique.

#### 4.3. Social

Les nouvelles valorisations des ressources agricoles peuvent contribuer au développement et à la diversification des activités agricoles et offrir de nouvelles opportunités à des territoires ruraux actuellement délaissés ou menacés de l'être.

L'implantation d'unités de production d'énergie peut avoir des conséquences positives sur l'emploi local tant en terme de consolidation qu'en terme de création.

#### 5. Potentiel de développement

L'étude effectuée en 2008 a permis uniquement une estimation du potentiel en biomasse agricole au niveau de l'Alsace du Nord :

- la quantité de pailles a été évaluée à 5250 tonnes et celle de menues pailles à 2400 tonnes.
- les rafles de maïs mobilisables avec un dispositif de type « récupérateur de rafles » correspondraient à un total de 22000 tonnes.
- a priori il n'y pas de possibilité de valorisation du foin dans la mesure où le département du Bas Rhin a un déficit de surfaces en herbes. Certaines pourraient cependant, ponctuellement, trouver un débouché énergétique.
- la surface potentielle qui pourrait être affectée aux cultures bioénergies au niveau de l'Alsace du Nord est de 1137 ha.

Cette étude pourrait être complétée pour obtenir une évaluation sur la totalité de la région.

**Sur ces bases, la production estimée est de 5 ktep pour la biomasse agricole et 30 ktep pour les agro-carburants en 2020.**



## Géothermie

La géothermie est l'exploitation de la chaleur provenant du sous-sol (roches et aquifères). L'utilisation des ressources géothermales se décompose en deux grandes familles: la production d'électricité et/ou la production de chaleur. En fonction de la ressource en termes de température et de débit, de la technique utilisée et des besoins, les applications sont multiples. Le critère qui sert de guide pour bien qualifier la filière est la température du milieu dans lequel on prélève la chaleur.

La géothermie représentait, en 2010, une contribution de moins de 1 % dans le bouquet des énergies renouvelables en France.

### 1. Présentation de la filière

La géothermie peut se diviser comme suit:

- La géothermie haute énergie: elle concerne les fluides qui atteignent des températures supérieures à 150 °C. La ressource se présente soit sous forme d'eau surchauffée, soit sous forme de vapeur sèche ou humide. En Alsace, elle est généralement localisée à des profondeurs importantes (1 500 à 5 000 m) et dans des zones au gradient géothermal anormalement élevé, révélateur de zones faillées actives. De par les puissances thermiques atteintes et les investissements à réaliser, cette ressource est réservée aux grands consommateurs de vapeur d'eau ou à la production d'électricité.
- La géothermie moyenne énergie: elle se présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide à une température comprise entre 90 °C et 150 °C. Elle se situe dans les zones propices à la géothermie haute énergie mais à des profondeurs inférieures à 1 000 m. On la trouve également dans les bassins sédimentaires à des profondeurs allant de 2 000 à 4 000 m. Cette technique est utilisée pour assurer la production d'électricité, via un fluide intermédiaire, et la distribution de chaleur en chauffage urbain.
- La géothermie basse énergie: elle consiste en l'extraction d'une eau à moins de 90 °C et jusqu'à 30 °C dans des gisements situés en général entre 1 500 et 2 500 m de profondeur. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les couches aquifères des bassins sédimentaires comme ceux présents par exemple dans le Bassin Aquitain et dans la Région Île de France. Le niveau de chaleur est insuffisant pour produire de l'électricité mais convient parfaitement pour le chauffage d'habitations et certaines applications industrielles.

- La géothermie très basse énergie: concerne l'exploitation des aquifères peu profonds et l'exploitation de l'énergie naturellement présente dans le sous-sol à quelques dizaines, voire quelques centaines de mètres. La géothermie très basse énergie ne permet l'utilisation de la chaleur par simple échange que dans des cas d'applications spécifiques et sous certaines conditions comme le chauffage de serre, de bassins de piscicultures, éventuellement de piscines, voire de refroidissement en free-cooling. Par contre, pour le chauffage d'habitations, elle nécessite la mise en œuvre de pompes à chaleur (PAC) qui, sur le principe du cycle thermodynamique, élèvent l'énergie basse température apportée par la géothermie à un niveau suffisant. Cette opération requiert de l'énergie électrique et l'utilisation d'un fluide frigorigène dont le changement d'état (vapeur ou liquide) permet de transférer les calories captées dans le sous-sol vers les logements. Ainsi, une PAC géothermique qui assure 100 % des besoins de chauffage d'un logement consomme en moyenne 30 % d'énergie électrique, les 70 % restants étant puisés dans le milieu naturel. À noter que ce système est réversible et qu'il peut éventuellement servir à la production de froid.

**Nota:** une PAC fonctionne avec une faible consommation d'énergie électrique au regard de l'énergie thermique restituée: pour 1 kWh d'énergie électrique consommée, ce sont 2 à 4 kWh d'énergie thermique qui sont restitués au bâtiment.

Soit 1 à 3 kWh d'énergie qui sont récupérés, transférés et utilisés pour le chauffage ou parfois pour la production d'eau chaude. Une PAC est donc une forme de chauffage utilisant l'électricité. Plus le rapport entre l'électricité consommée et la chaleur restituée est important, plus son coefficient de performance (COP) est élevé. C'est le COP qui intéresse le consommateur car il prend en compte le fonctionnement réel de la PAC en intégrant les périodes où son fonctionnement n'est pas optimal.

Actuellement, à travers le crédit d'impôt développement durable, l'État soutient l'installation de pompes à chaleur avec un COP supérieur à 3,4.

La géothermie très basse énergie peut se subdiviser en deux parties:

- Géothermie PAC sur aquifère: ces aquifères peu profonds, d'une température inférieure à 30 °C, sont largement répandus sur l'ensemble du territoire français. Il s'agit soit de nappes alluviales qui accompagnent les cours d'eau, soit d'aquifères présents à différentes profondeurs. L'eau de la nappe est amenée par pompage à la pompe à chaleur puis réinjectée dans celle-ci après prélèvement des calories.

- Géothermie PAC sur champ de sondes verticales et sur capteurs horizontaux: En France, la température moyenne au niveau du sol est en général de 10 à 14 °C et au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans le sous-sol, celle-ci augmente en moyenne de 3 °C tous les 100 m (gradient géothermal). La chaleur emmagasinée dans le sol est accessible en tout point du territoire. Les techniques de capture de cette énergie sont adaptées en fonction des besoins thermiques et des types de terrains rencontrés. Le système est composé de sondes géothermiques verticales, de 30 à 150 mètres de profondeur et parfois plus, ou de capteurs horizontaux à faible profondeur, de un à quelques mètres. Un fluide circule dans les sondes, permettant de prélever les calories du sous-sol pour les amener à la pompe à chaleur.

Le concept de géothermie très basse énergie recouvre des applications qui vont du chauffage de maisons individuelles jusqu'au chauffage de petits réseaux de chaleur. Ce type de géothermie se montre particulièrement adapté au chauffage de logements collectifs ou de locaux du secteur tertiaire (hôpitaux, administration, centres commerciaux...) ou à la production de froid (tertiaire, industriel).

Il existe d'autres pompes à chaleur dites aérothermiques dont la source chaude est l'air. Elles ne sont pas étudiées dans cette partie. Cette technique est utilisée depuis longtemps en production de froid et de chaleur (climatiseur, chauffage) dans les secteurs tertiaire et industriel (groupes froids en agroalimentaire). Plus récemment, elles se sont développées dans le secteur résidentiel. Le climat alsacien n'est pas le plus adapté pour les équipements prélevant leur source chaude sur l'air extérieur. Certaines solutions techniques utilisant l'air dit « extrait », extrait d'un circuit de ventilation, bénéficient quant à elles de bonnes performances.

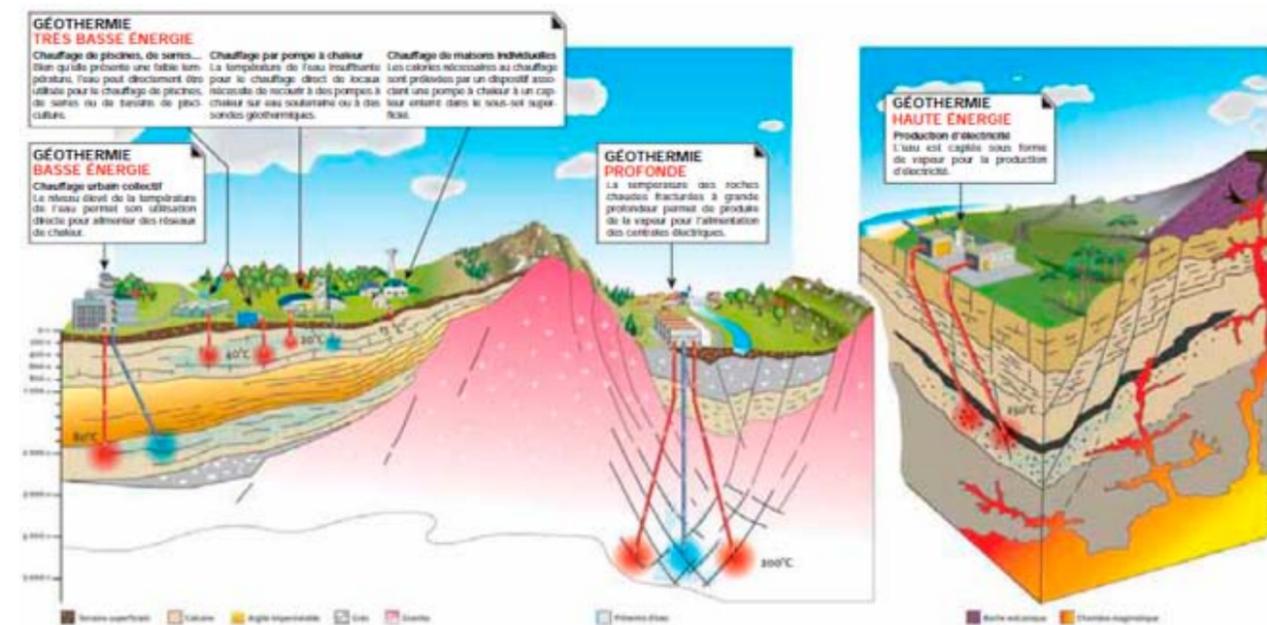


Illustration 1: Schéma de principe pour les différents types de géothermie, source ADEME



## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Plusieurs études, dont la liste se trouve dans les cahiers techniques, ont déjà été réalisées pour estimer le potentiel alsacien. Actuellement, l'un des volets du projet européen INTERREG « GEORG » a pour objectif une mise à jour transfrontalière des informations disponibles pour caractériser les potentialités géothermiques profondes du fossé rhénan. Cette mise à jour débouchera sur des modélisations à différentes échelles sur certaines zones.

### 2.2. Ressource

#### 2.2.1. La géothermie haute, moyenne et basse énergie

Dans le contexte tectonique et géologique particulier de l'Alsace du Nord (Outre Forêt), seul le captage d'un aquifère, naturel ou artificiel (Soultz-sous-Forêts) présent en profondeur dans une zone faillée peut permettre l'exploitation industrielle d'une ressource géothermale (température et débit suffisants) économiquement viable. En effet, les formations tectonisées jouent le rôle de drains dans lesquels les fluides thermo-minéraux peuvent circuler abondamment. Une bonne circulation de ces eaux géothermales est donc essentielle pour permettre leur remontée, via des boucles convectives au sein du réseau de failles. La recherche de ressources géothermiques « haute énergie » économiquement exploitables pour une application industrielle impose donc l'implantation des puits de façon à atteindre en profondeur un contexte tectonique favorable.

En Alsace, notamment l'ensemble du soubassement de la plaine, contiendraient des potentialités géothermales liées à des aquifères profonds qui restent à caractériser.

#### 2.2.2. La géothermie très basse énergie

##### Géothermie PAC sur aquifère

L'Alsace est particulièrement favorisée par la présence de la nappe alluviale rhénane qui est l'une des plus importantes réserves en eau souterraine d'Europe. La quantité d'eau stockée, pour sa seule partie alsacienne, est estimée à environ 35 milliards de m<sup>3</sup> d'eau. Sa température varie peu au fil des saisons, entre 8 et 12 °C, gage d'une efficacité élevée même en hiver, dans le cas de son exploitation à travers des pompes à chaleur.

Trois critères peuvent être retenus pour qualifier le potentiel géothermique de très basse température lié à l'utilisation de PAC eau/eau :

- la productivité d'aquifère;
- la profondeur d'accès à la ressource;
- la température;

Ces critères sont loin d'être déterminés pour l'ensemble des ressources en Alsace. Néanmoins, il est possible d'exprimer les tendances générales de la potentialité sur la base des grands découpages en zone géologique de l'Alsace.

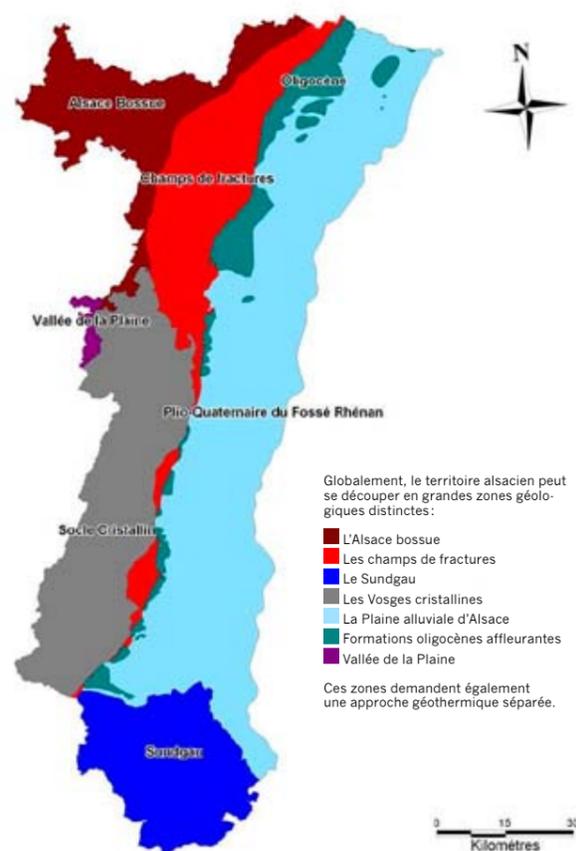


Illustration II : Carte des différentes zones de potentiel géothermique PAC sur aquifère sur le territoire alsacien

De par l'accessibilité de sa ressource et par les débits de pompage élevés dans les alluvions, la **Plaine d'Alsace avec la nappe alluviale rhénane** (en bleu clair sur la carte) se dégage comme le potentiel majeur pour l'exploitation géothermique sur aquifère. Les formations pliocènes qui affleurent dans le Nord sont incluses dans cette entité d'ordre régional bien que leurs potentialités soient plus aléatoires que la nappe alluviale stricto sensu. L'**Alsace Bossue** comprend les séries sédimentaires structurellement liées au système du bassin parisien. À ce titre, le potentiel géothermique sur aquifère est lié à deux systèmes aquifères distincts dont les potentialités exactes restent à déterminer. Les **champs de fracture** en bordure de la plaine d'Alsace constituent des zones géologiquement et hydrogéologiquement complexes aux potentialités variables. Ces zones fracturées demandent également des applications géothermiques bien encadrées en raison des risques liés aux aquifères captifs. Les **Vosges cristallines** sont globalement peu propices à la géothermie sur aquifère, hormis peut-être sur les nappes alluviales d'accompagnement des principales rivières vosgiennes ou bien encore dans les formations gréseuses du Trias qui surplombent localement le socle cristallin dans sa partie Nord. Le **Sundgau** regroupe plusieurs situations géologiques et hydrogéologiques contrastées (Aquifères des cailloutis du Sundgau, Horst de Mulhouse, Jura alsacien) qui demandent des approches détaillées pour en définir les potentiels particuliers. Les **formations oligocènes** essentiellement marneuses sont peu propices au développement de géothermie sur aquifère.

Le BRGM a édité en juin 1985 une cartographie détaillée des potentialités et des contraintes de géothermie basse température en Alsace. Il s'agit d'un jeu de cartes, avec notices, réalisé pour chaque département (cartes « AQUAPAC »).

#### Géothermie PAC sur champ de sondes verticales et sur capteurs horizontaux

Le sous-sol alsacien présente globalement les mêmes caractéristiques thermiques (peu de variation de température jusqu'à 100/150 m) que celui du reste de la métropole avec une diversité naturelle en matière de taux d'humidité et de conduction thermique des matériaux le composant. Cependant, une incertitude existant localement au niveau des propriétés thermiques réelles du sous-sol, il est fortement conseillé de réaliser un test de son potentiel thermique, notamment lorsqu'il s'agit de projets de grande ampleur mettant en œuvre un champ de plusieurs dizaines de sondes verticales.

De la même manière que pour les PAC sur aquifères, les applications doivent être bien encadrées en raison des risques liés aux aquifères captifs ou à la spécificité du terrain.

## 2.3. Installations et projets

### 2.3.1. La géothermie haute, moyenne et basse énergie

Deux installations sont implantées en Alsace :

- le projet de géothermie de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin), géré par le Groupement européen d'intérêt économique (GEIE) Exploitation minière de la chaleur, est un programme de recherche qui a nécessité 16 années d'études. Ce programme consiste à démontrer la faisabilité de l'utilisation de la chaleur des roches fracturées. Le 13 décembre 2007, ce projet pilote est entré dans sa phase industrielle avec la pose d'une turbine qui lui permet de produire de l'électricité. Il pourra éventuellement également alimenter des réseaux de chaleur. La puissance électrique nette produite devrait atteindre 1 MW.
- la source des Helions II : cette installation a alimenté en chaleur le bâtiment de la communauté de communes Sauer Pechelbronn à Merckwiller Pechelbronn. En 2009, des travaux d'aménagement de la source thermique ont été entrepris afin d'éviter les rejets d'eaux salées dans la nature et ainsi de pérenniser son utilisation sous sa forme actuelle. La puissance attendue devrait se situer autour de 100 kW thermiques.



La carte ci-dessous présente les positions géographiques des projets:

- en cours: l'usine Roquette à partir du site de Rittershoffen, qui vise la construction d'une chaufferie géothermique de 24 MW,
- au stade de l'étude de faisabilité: les villes de Wissembourg, d'Illkirch-Graffenstaden, de Cernay, de Rixheim et du parc de loisirs d'Ungersheim



Illustration III: Cartographie des projets à haute énergie

### 2.3.2. La géothermie très basse énergie

Les PAC nécessitent de l'énergie électrique pour fonctionner. Les calculs, pour estimer la production alsacienne, ont intégré les besoins couverts et l'énergie électrique consommée par les PAC. La différence entre le besoin et la consommation constitue l'apport énergétique du sous-sol, considéré comme la production d'énergie renouvelable.

### Géothermie PAC sur aquifère

C'est la technique la plus largement utilisée en Alsace pour la géothermie à très basse énergie, pour des raisons naturelles favorables (nappe alluviale) et une relative simplicité de mise en œuvre.

Aucun recensement exhaustif, à l'échelle de la région, n'a été entrepris concernant le suivi du nombre d'installations.

Une étude de recensement à l'échelle de la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) a déjà été réalisée et offre un éclairage particulier sur la présence d'installations géothermiques dans une zone d'agglomération dense. Il manque cependant des informations concernant les installations de grosses puissances. Elles représentent une part déterminante dans le bilan régional.

En 2009, l'estimation de l'énergie totale soutirée du sous-sol alsacien au travers des PAC sur aquifère est d'environ **127812 MWh**.

### Géothermie PAC sur champ de sondes verticales

Ces pompes à chaleur sont généralement installées dans les constructions neuves. Il s'agit d'une technique récente en France et aussi en Alsace, alors que d'autres pays comme la Suisse et l'Allemagne l'utilisent depuis très longtemps. Cette méthode présente des résultats très positifs si un minimum de précautions sont prises lors de sa mise en œuvre.

En 2009, l'estimation de l'énergie totale soutirée du sous-sol alsacien au travers des PAC sur sondes géothermiques verticales est d'environ **5378 MWh**. De 2002 à 2009, l'essentiel des PAC sur sondes géothermiques verticales ont été installées chez des particuliers. Bien que la nappe phréatique d'Alsace constitue le territoire privilégié pour le développement de PAC, on s'aperçoit qu'une quantité non négligeable de sondes y ont été également installées. Ces installations, malgré leur nombre, couvrent une part relativement modeste du besoin thermique régional.

### Géothermie PAC sur capteurs horizontaux

Cette méthode est surtout utilisée aujourd'hui dans l'habitat individuel neuf.

En 2009, l'estimation de l'énergie totale soutirée du sous-sol alsacien au travers des PAC sur capteurs horizontaux est d'environ **5709 MWh**.

D'après les données à disposition, on peut estimer que la géothermie a assuré en 2009 une production d'énergie renouvelable de 138899 MWh environ équivalente à 12 ktep.

Ce chiffre de production d'énergie renouvelable obtenu en énergie finale et à moduler en fonction du rendement de production et distribution du système électrique français qui est intégré dans le calcul de l'énergie primaire.

La base de données Banque de données du Sous-Sol (BSS) permet de cartographier les forages à vocation géothermique (basse température) qui ont fait l'objet d'une déclaration. Il s'agit ici d'une représentation à minima, car de nombreux ouvrages n'ont vraisemblablement pas été déclarés.

Les cartes ci-dessous donnent un aperçu de l'évolution des ouvrages répertoriés jusqu'en 2008.

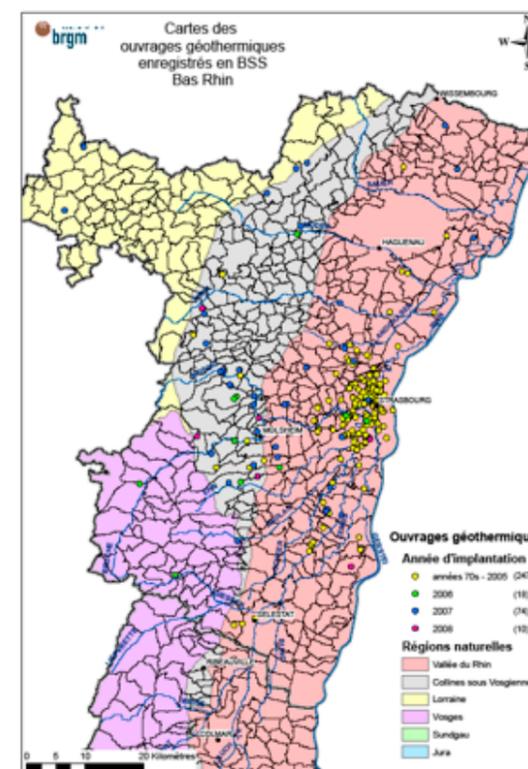


Illustration IV: Carte des ouvrages géothermiques enregistrés en BSS Bas Rhin

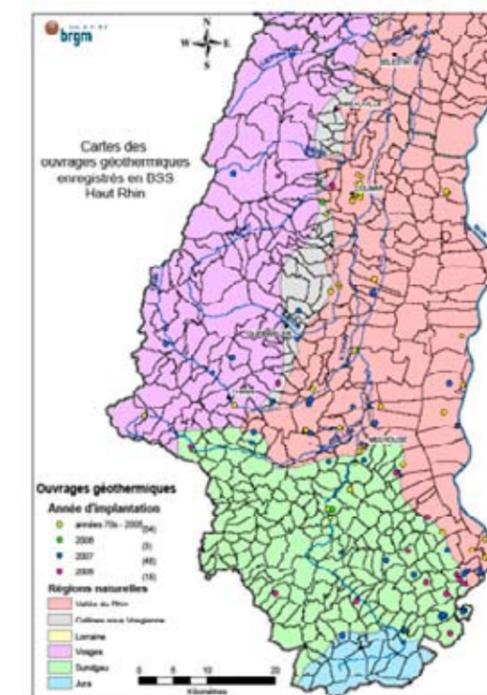


Illustration V: Carte des ouvrages géothermiques enregistrés en BSS Haut Rhin

## 3. Cadre réglementaire

### 3.1 Code Minier et Code de l'Environnement

La réglementation qui s'applique au forage est encadrée par le Code Minier et le Code de l'Environnement.

Le Code Minier implique:

- la déclaration de tout forage supérieur à 10 m de profondeur;
- une autorisation pour tout ouvrage supérieur à 100 m de profondeur.

Le Code de l'Environnement implique le dépôt à minima d'une déclaration, voire une autorisation au titre de l'article R214-1 pour les rubriques:

- Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau;



- Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé;
- Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil;
- Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques.

### 3.2 Tarif d'achat de l'électricité produite par le biais de la géothermie

L'arrêté tarifaire du 23 juillet 2010 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité produite à partir de la géothermie.

- un tarif de base à 20 c€/ kWh;
- une prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 8 c€/ kWh.

### 3.3 Dispositions particulières

Des aides financières peuvent être apportées aux différents types de projets de géothermie, au niveau national (appel à projets Bois Chaleur Industrie Agriculture Tertiaire, fonds chaleur, crédit d'impôt) ou au niveau régional (subvention des collectivités locales ou des distributeurs d'énergie dans le cadre du dispositif des certificats d'économie d'énergie).

Des couvertures concernant les risques de forage existent pour la géothermie et sont gérées par différents organismes en fonction du type de projet.

## 4. Avantages/Inconvénients

### 4.1. La géothermie haute, moyenne et basse énergie

#### Avantages

- ▶ L'Alsace est une des 3 régions favorables en France,
- ▶ Grosses puissances thermiques disponibles,
- ▶ Implication d'entreprises locales pour le développement,
- ▶ Pas d'émissions directes de gaz à effet de serre sur l'installation.

#### Inconvénients

- ▶ Potentiel restreint aux zones ayant un sous-sol rendu localement perméable grâce aux zones fracturées créées par les mouvements tectoniques,
- ▶ Risques minier, sismique, chimique,
- ▶ Risque de mise en relation d'aquifère par forages mal suivis,
- ▶ Fluides géothermaux fortement minéralisés, entraînant des risques de dépôts et de corrosion,
- ▶ Filière en cours de développement,
- ▶ Délais de réalisation important,
- ▶ Investissements élevés.

### 4.2. La géothermie très basse énergie

#### • Géothermie PAC sur aquifère

##### Avantages

- ▶ Technologie éprouvée,
- ▶ Retours d'expérience disponibles,
- ▶ Fort potentiel sur la région.

##### Inconvénients

- ▶ Problèmes possibles d'entartrage, de floculation ou de corrosion du circuit hydraulique lié à la qualité de l'eau souterraine,
- ▶ Risque de conflit d'usage (agriculture, captage AEP...),
- ▶ Utilisation de fluides frigorigènes.

#### • Géothermie PAC sur champ de sondes verticales

##### Avantages

- ▶ Réalisable sur quasiment tous les terrains (ne nécessite pas d'aquifère),
- ▶ Conflit d'usage limité, emprise au sol limitée,
- ▶ Technologie éprouvée pour le particulier.

##### Inconvénients

- ▶ Nécessite des longueurs importantes de forage, et donc un coût élevé,
- ▶ Risque de mise en relation d'aquifère par forages mal suivis,
- ▶ Filière en cours de développement pour les projets de puissances importantes,
- ▶ Utilisation de fluides frigorigènes.

#### • Géothermie PAC sur capteurs horizontaux

##### Avantages

- ▶ À puissance équivalente, l'installation de capteurs horizontaux est moins chère que l'installation de capteurs verticaux ou de forage sur aquifère,
- ▶ Réalisable sur tous les terrains (ne nécessite pas d'aquifère),
- ▶ Technologie éprouvée.

##### Inconvénients

- ▶ L'emprise au sol est bien plus élevée que pour les sondes verticales,
- ▶ Technique réservée essentiellement à l'habitat rural,
- ▶ Limite l'usage du terrain équipé,
- ▶ Utilisation de fluides frigorigènes.

## 5. Potentiel de développement

### 5.1. La géothermie haute, moyenne et basse énergie

La réussite des opérations de Soultz-sous-Forêts et de Rittershoffen (projet de l'usine Roquette) déterminera à moyen terme l'avenir de cette filière. Ainsi, concernant la production d'électricité d'origine géothermique, une projection de trois nouvelles centrales de 3 MW net chacune en 2020 et huit centrales de puissance équivalente en 2050 paraît réaliste. Ces centrales seront optimisées de manière à pouvoir produire en cogénération (électricité et chaleur).

Concernant la chaleur industrielle, la problématique se situe au niveau des consommateurs potentiels d'importance qui restent à identifier ou à attirer au voisinage de centrales géothermiques qui pourraient voir le jour à l'endroit où les sous-sols sont favorables, pour en exploiter le maximum de l'énergie produite. À côté de cela, des réseaux de chaleur alimentés par la géothermie sont au stade d'étude de faisabilité et sont susceptibles de se développer en Alsace, comme par exemple l'étude menée pour le compte de la ville d'Illkirch-Graffenstaden et destinée à recenser des zones à fort potentiel de consommation d'énergie raccordables à de tels réseaux.

### 5.2. La géothermie très basse énergie

#### Géothermie PAC sur aquifère

L'observatoire de surveillance de la nappe du Rhin sur la CUS a constaté des variations anormales de températures dans certaines zones qui proviendraient des pompes à chaleur exploitant cette nappe. Dans l'avenir, les conclusions de cet observatoire risquent de freiner le développement des opérations sur nappes afin de préserver celles-ci.

L'utilisation de la géothermie en Alsace connaît un développement croissant depuis quelques années. On observe ainsi une demande d'information grandissante des acteurs dans ce domaine (entreprises de forage, installateurs de système de récupération de chaleur, maître d'ouvrage tel que décideurs publics, industriels, particuliers).

#### Géothermie PAC sur champ de sondes verticales

Cette technique est relativement récente en France mais le potentiel est réel et de nombreuses installations devraient pouvoir se réaliser, stimulées notamment par le fond chaleur.

#### Géothermie PAC sur capteurs horizontaux

Cette solution est privilégiée pour les maisons individuelles. En Alsace, ce marché semble s'essouffler au profit des sondes verticales moins gourmandes en surface de terrain.

**Sur ces bases, qui intègrent la capacité de la ressource moyennant des contraintes à observer en particulier sur aquifères (distance des installations, rejet dans la nappe, aquifère captif...), un potentiel a été estimé à environ 46 ktep (dont 20 ktep pour la haute, moyenne et basse énergie et 26 ktep pour la très basse énergie) pour 2020 et 85 ktep (dont 38 ktep pour la haute, moyenne et basse énergie et 47 ktep pour la très basse énergie) pour 2050.**



## Solaire thermique

L'énergie provenant du soleil peut contribuer, soit à la production d'eau chaude sanitaire et/ou chauffage (solaire thermique), soit à la production d'électricité (solaire photovoltaïque).

L'étude ci-après est dédiée au solaire thermique. Une autre fiche est consacrée au solaire photovoltaïque.

La production solaire thermique représente en 2010 moins de 1 % du mix des énergies renouvelables en France.

### 1. Présentation de la filière

L'énergie solaire thermique peut contribuer à la production d'eau chaude sanitaire et/ou au chauffage à l'aide de capteurs solaires. La chaleur produite dans les capteurs est transportée par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur jusqu'au stockage d'eau où l'on récupère, par l'intermédiaire d'un échangeur, l'énergie produite.

Il existe trois types d'installations solaires capables de produire de l'eau chaude sanitaire et/ou du chauffage sur le marché:

■ **Les chauffe-eau solaires individuels (CESI)** qui sont destinés à satisfaire les besoins annuels en eau chaude sanitaire d'une famille selon un taux de couverture compris entre 50 et 70 %. Ce taux de couverture correspond au ratio entre la production solaire et les besoins en eau chaude. En moyenne, il faut compter 3 à 5,5 m<sup>2</sup> de capteurs et un ballon de 100 à 250 litres pour une famille composée de 3 à 4 personnes en Alsace (zone 1) équipée d'un CESI.

■ **Les systèmes solaires combinés individuels (SSCI)** qui permettent de couvrir 20 à 40 % des besoins annuels en chauffage et eau chaude sanitaire, selon la région et la taille de l'installation. Une source d'énergie d'appoint est donc nécessaire dans ce cas. Le SSCI s'avère toutefois plus complexe car il doit répondre à des exigences différentes pour la production d'eau chaude et le chauffage, notamment en ce qui concerne les besoins en température et la durée de sollicitation. D'une manière générale, la surface des capteurs mise en œuvre dans un système solaire combiné varie, selon la localisation et la taille de la maison, de 7 à 20 m<sup>2</sup>. Les solutions privilégiant l'aspect esthétique, le respect des contraintes liées à l'architecture seront favorisées.

■ **Les chauffe-eau solaires collectifs (CESC)** peuvent être utilisés dans plusieurs cas de figures. Le tableau ci-dessous récapitule les usages et les rations de consommation moyenne d'eau chaude à 60 °C.

<b>Habitat</b>	30 litres par jour et par personne
<b>Équipements sportifs</b>	20 litres par jour et par personne
<b>Restauration</b>	5 litres par repas
<b>Cuisine de réchauffage</b>	2 litres par repas
<b>Maisons de retraite</b>	35 litres par jour et par personne
<b>Hôtellerie</b>	35 litres par nuitée et par personne. <i>Estimation faite à partir de la fréquentation et non à partir du nombre de chambre, modulée en fonction du niveau de prestation.</i>

Actuellement, ce sont les bailleurs sociaux en Alsace qui montrent l'exemple en intégrant des CESC dans leurs projets, neuf ou réhabilitation.

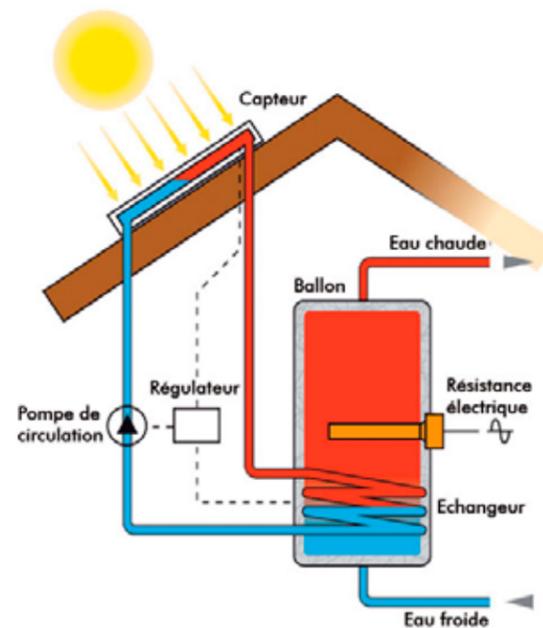


Illustration 1: Schéma de principe d'une installation solaire thermique

## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Plusieurs études, dont la liste se trouve dans les cahiers techniques, ont été réalisées en Alsace concernant le solaire thermique, particulièrement pour faire des états des lieux successifs des installations et définir le potentiel alsacien.

### 2.2. Ressources

L'énergie solaire reçue est inégalement répartie sur la surface du globe. En moyenne, le rayonnement solaire reçu en France est de 1400 kWh/m<sup>2</sup>/an avec une différence d'ensoleillement est importante entre le nord (1 100 kWh/m<sup>2</sup>/an) et le sud du territoire (1700 kWh/m<sup>2</sup>/an).



Illustration 2: Ensoleillement en France métropolitaine en kWh/m<sup>2</sup>/jour (Source TEC-SOL)

L'Alsace, avec ses 1600 heures d'ensoleillement par an, reçoit 35 à 50 % de rayonnement solaire en moins que dans le Midi. Une surface de capteurs plus grande est donc nécessaire dans le nord pour obtenir la même production que dans le sud.

### 2.3. Installations et projets

#### 2.3.1. Les installations solaires individuelles

	CESI	SSCI	CESI + SSCI	Évolution
Avant 2000	50	13	63	
2001	319	30	349	454 %
2002	550	42	592	70 %
2003	897	38	935	58%
2004	913	55	968	4%
2005	1222	19	1241	28%
2006	2148	129	2277	83%
2007	2106	274	2380	5%
2008	1311	380	1691	-29%
2009	1067	423	1490	-12%
<b>Total</b>	<b>10583</b>	<b>1403</b>	<b>11986</b>	

Tableau 1: Nombre d'installations individuelles installées par année et évolution en Alsace, source: investissements soutenus par le Conseil Régional et l'ADEME

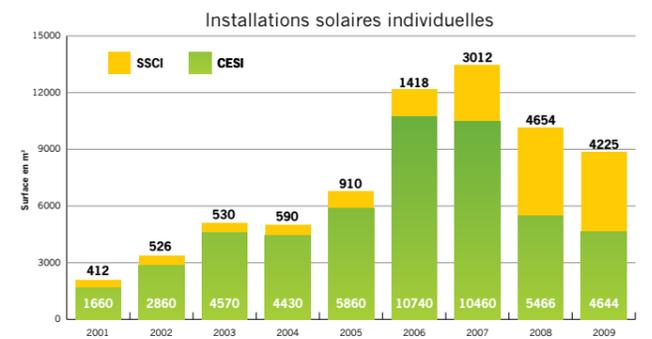


Illustration 3: Surfaces annuelles de capteurs installés (CESI et SSCI), source: investissements soutenus par le Conseil Régional et l'ADEME

#### 2.3.2. Les installations solaires collectives

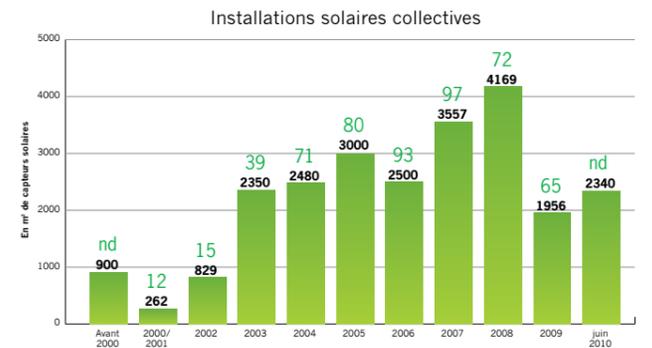


Illustration 3: Nombre d'installations collectives et surfaces de capteurs correspondantes, source: investissements soutenus par le Conseil Régional et l'ADEME

#### 2.3.3. Production solaire thermique

La production d'énergie thermique (eau chaude et chauffage) est estimée à partir des ratios suivants:

- 350 kWh/m<sup>2</sup>. an de capteurs pour les CESI et les SSCI;
- 450 kWh/m<sup>2</sup>. an de capteurs pour les CESC.

En 2009, on estime ainsi la production d'énergie thermique à 33 356 MWh/an en Alsace équivalente à 2,87 ktep.

Le niveau d'ensoleillement moyen de l'Alsace n'est pas un frein au développement du solaire thermique. Plusieurs régions ayant les mêmes caractéristiques (Allemagne, Suisse, Pays-Bas) ont déjà de nombreuses références en la matière.

La politique incitative menée par les pouvoirs publics a permis à l'Alsace de se trouver parmi les régions françaises les plus avancées en termes de surface de capteurs installée par habitant (4 m<sup>2</sup>/1000 habitants en France contre 49 m<sup>2</sup>/1000 habitants en Alsace).



### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1. La Réglementation Thermique 2012 (RT 2012)

L'eau chaude sanitaire peut représenter jusqu'à 25 % des consommations énergétiques dans un bâtiment, voire devenir le premier poste de consommation dans un logement BBC.

Il apparaît d'autant plus important d'agir sur ce poste afin d'atteindre les performances énergétiques annoncées dans la RT 2012, à savoir une consommation d'énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an, modulable en fonction des régions.

Le solaire thermique peut alors contribuer à l'atteinte de ces objectifs en tant que chaleur totalement renouvelable. Les professionnels envisagent donc un fort développement de la filière d'ici à 2020 pour répondre aux objectifs des futures réglementations thermiques envisagées pour les bâtiments à énergie positive (BEPOS).

#### 3.2. La Réglementation Eau Chaude Sanitaire

Quatre arrêtés sont actuellement en vigueur en ce qui concerne l'eau chaude sanitaire :

- Arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire
- Arrêté du 13 janvier 2010 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la production d'eau chaude sanitaire indirecte, avec stockage, avec ou sans appoint, par une pompe à chaleur à absorption à chauffage direct au gaz dans la réglementation thermique 2005
- Arrêté du 29 juillet 2009 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte des appareils électriques individuels de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique dans la réglementation thermique 2005
- Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public

Par ailleurs, pour un bâtiment existant, une déclaration de travaux est obligatoire à partir du moment où l'installation de capteurs modifie l'aspect extérieur du bâtiment. Lorsque les travaux sont prévus dans le périmètre d'un site classé, l'accord de l'Architecte des Bâtiments de France sera nécessaire. Il est recommandé aux porteurs de projet de se rapprocher du Service Territorial de l'Architecture et du Patrimoine dès la mise en forme du projet.

En cas de construction du bâtiment, la demande de permis de construire doit inclure le chauffe-eau solaire prévu (articles L. 4121-1 et L. 421-6 du Code de l'Urbanisme).

#### 3.3. Dispositions particulières

Des aides financières peuvent être apportées en fonction du type de projet aussi bien au niveau national (crédit d'impôt, TVA bonifiée, éco prêt à taux zéro, fonds chaleur, ANAH\*) que régional (subventions des collectivités locales ou des distributeurs d'énergie dans le cadre du dispositif des certificats d'économie d'énergie). Le détail des dispositifs existants est disponible dans les cahiers techniques.

### 4. Avantages/Inconvénients

#### 4.1. Environnemental

Le soleil est une énergie propre, inépuisable et gratuite. Ainsi l'utilisation de capteurs solaires thermiques dans un objectif de production d'eau chaude sanitaire et/ou de chauffage est particulièrement intéressante d'un point de vue environnemental puisque cela contribue de manière durable à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

De par leur intégration architecturale dans les toitures, les capteurs ont un impact visuel limité. En moyenne 4 à 5 m<sup>2</sup> de capteurs suffisent pour produire l'eau chaude sanitaire nécessaire à un foyer de quatre personnes. La pose de panneaux solaires est aussi possible en site protégé, à condition de ne pas avoir un impact visuel trop important et d'avoir un avis favorable de l'Architecte des Bâtiments de France.

Les capteurs solaires thermiques sont principalement constitués de verre et de métaux, leur recyclage est donc techniquement tout à fait réalisable et les filières existent déjà pour ces capteurs.

\* Agence Nationale de l'Habitat

#### 4.2. Économique

Le solaire thermique aide à réaliser des économies sur les charges d'énergie quelle que soit la situation géographique de l'installation, mais l'équipement et sa mise en œuvre restent chers, bien que de nombreuses aides soient dispensées pour les rendre plus attractifs.

Le solaire thermique connaît actuellement une crise conjoncturelle liée à de multiples facteurs (crise économique, filière française en pleine structuration, recul des prix des énergies fossiles, concurrence d'autres énergies renouvelables...).

Le dimensionnement des installations présente un vrai enjeu et doit correspondre aux besoins réels en eau chaude sanitaire. La tendance est aujourd'hui au surdimensionnement des installations souvent préjudiciable à leur productivité. Il est également souvent fait mention de la complexification des installations tandis que leur simplification permettrait d'augmenter leur fiabilité et de diminuer les coûts de matériel et de main-d'œuvre.

Enfin, l'utilisation de l'énergie solaire doit tenir compte de l'ensoleillement comme des besoins en chaleur des usagers. Les capteurs produisent plus en été, les usagers consomment plus d'eau chaude en hiver. Les équipements les plus rentables ont des besoins réguliers et répartis tout au long de l'année.

#### 4.3. Social

ENERPLAN<sup>(1)</sup> a évalué que la filière permettrait la création de 48000 emplois d'ici 2020. Ils se répartissent sur divers secteurs :

- étude/ingénierie ;
- conseil/accompagnement ;
- réalisation/installation ;
- maintenance/exploitation ;
- production industrielle/fabricants ;
- distribution/vente/marketing maîtrise d'ouvrage.

La filière doit continuer à se structurer et à améliorer les compétences de ses différents intervenants.

Aucune estimation du nombre d'emplois créés n'est connue en Alsace.

Les consommateurs ont des garanties sur la qualité du produit du fait des certifications qualité des installateurs (Qualisol, Qualibat, Solar Keymark...).

Enfin, cette forme d'énergie renouvelable bénéficie d'une image positive chez les Français.

### 5. Potentiel de développement

Plusieurs études ont déjà estimé le potentiel de développement de la filière solaire thermique en Alsace.

Les chiffres retenus pour le SRCAE sont les derniers en date, proposés en 2009, par le bureau d'études AERE qui a estimé les productions d'énergie thermique issues du solaire selon un scénario visant l'atteinte du Facteur 4.

Elles atteignent 24 ktep en 2020 et 96 ktep en 2050.

<sup>(1)</sup>ENERPLAN: association professionnelle de l'énergie solaire



## Solaire photovoltaïque

L'énergie provenant du soleil peut contribuer, soit à la production d'eau chaude sanitaire et/ou chauffage (solaire thermique), soit à la production d'électricité (solaire photovoltaïque).

Le volet étudié ci après est dédié au solaire photovoltaïque.

Une autre fiche est consacrée au solaire thermique.

La production solaire photovoltaïque représente en 2010 moins de 1 % du mix énergies renouvelables de la France.

### 1. Présentation de la filière

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique.

Un système photovoltaïque (ou générateur photovoltaïque) est composé de modules photovoltaïques, eux-mêmes composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles, qui permettent de produire de l'électricité disponible sous forme d'électricité directe ou stockée à l'aide de batteries ou à injecter dans le réseau. Les cellules les plus répandues sont issues de lingots de silicium cristallin, découpés en fines tranches. Les matériaux photosensibles, comme le silicium, ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant

électrique. Ce courant continu de micropuissance calculé en watt crête (Wc) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.

Parmi les systèmes photovoltaïques nous pouvons distinguer deux catégories :

#### Les sites raccordés au réseau :

- installations sur toiture : les panneaux photovoltaïques sont positionnés sur la toiture d'un bâtiment ou sur une structure et le système produit de l'électricité qui est ensuite injectée sur le réseau ;

- centrales au sol : les panneaux sont posés sur des structures porteuses à même le sol et l'installation est raccordée au réseau pour injection de l'électricité produite.

#### Les sites autonomes :

- Ce sont des systèmes photovoltaïques intégrés en toiture ou posés/accrochés sur une surface quelconque servant à alimenter un lieu non raccordé au réseau (chalet de haute montagne par exemple pour un site isolé).

Ce type d'installation nécessite l'utilisation de batteries et de régulateurs/chargeurs.

- Pour information, nous pouvons signaler que le photovoltaïque est aussi utilisé pour les satellites artificiels, les appareils portables (calculatrices, montres...) ou encore d'autres applications professionnelles (bornes de secours autoroutières, horodateurs de stationnement...).

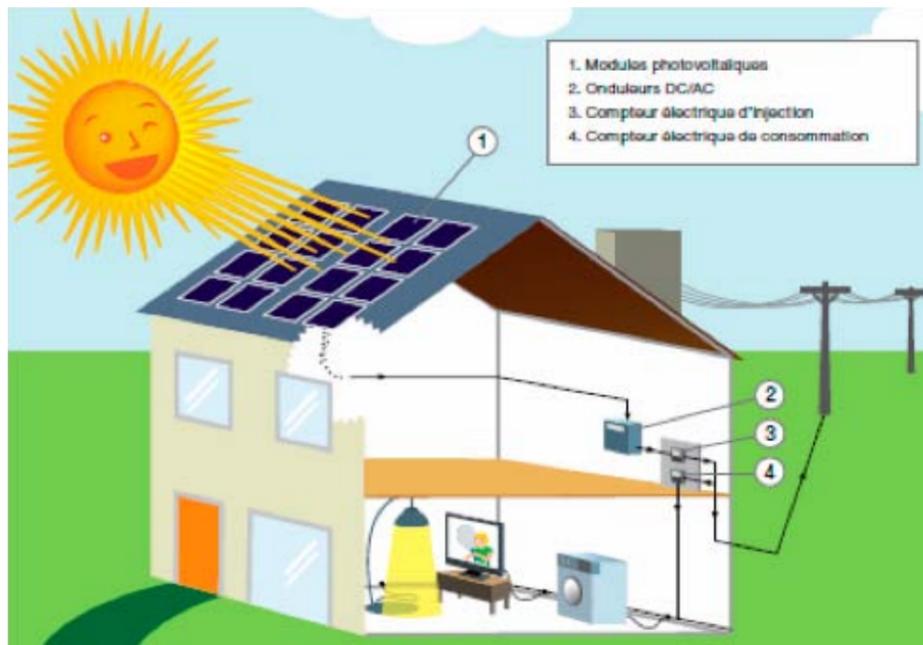


Illustration I : Schéma de principe d'une installation photovoltaïque, source : European Photovoltaic Industry Association - EPIA-

## 2. État des lieux en Alsace

### 2.1. Études

Il n'existe pas à ce jour d'étude en Alsace faisant un état des lieux précis, tant au niveau des installations en fonctionnement que du potentiel, sur la filière photovoltaïque.

### 2.2. Ressources

L'énergie solaire reçue est inégalement répartie sur la surface du globe. En moyenne, le rayonnement solaire reçu en France est de 1400 kWh/m<sup>2</sup>/an mais la différence d'ensoleillement est importante entre le nord (1100 kWh/m<sup>2</sup>/an) et le sud du territoire (1700 kWh/m<sup>2</sup>/an).



Illustration II : Ensoleillement en France métropolitaine en kWh/m<sup>2</sup>/jour, Source TEC-SOL

L'Alsace, avec ses 1600 heures d'ensoleillement par an, reçoit 35 à 50 % de rayonnement solaire en moins que dans le Midi. Une surface de capteurs plus grande est donc nécessaire dans le nord pour obtenir la même production que dans le sud.

### 2.3. Installations et projets

La puissance raccordée cumulée pour la région Alsace est de 14289,33 kWc soit 14,3 MWc pour 850 installations environ fin 2009.

La production estimée en 2009, en prenant un équivalent fonctionnement pleine puissance moyen de 950 heures, pour la puissance considérée ci dessus est de 13500 MWh soit 1,2 ktep.

Les 850 installations, exclusivement reliées au réseau, peuvent être classées en plusieurs familles :

- les installations concernant le secteur résidentiel, exclusivement intégrées en toiture avec la technologie cristalline, représentent en nombre la majorité des installations et ont des puissances comprises entre 2 et 3 kWc ;
- les installations concernant les secteurs agricole et industriel ou encore les collectivités locales, pour la majorité intégrées en toiture avec la technologie cristalline et dans de plus rares cas avec des cellules amorphes sur toit plat ou très faible pente, ont des puissances comprises entre quelques dizaines et plusieurs centaines de kWc. Ces installations, beaucoup moins nombreuses que celles dans le secteur résidentiel, représentent le poids le plus important en termes de puissance installée ;
- les installations au sol (plusieurs MWc) sont pour l'instant inexistantes en Alsace. La seule qui peut y être assimilée, bien qu'installée sur de grands hangars agricoles mono-pentes, est celle de Hanau Energies à Weinbourg pour une puissance de 4,4 MWc.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Cumul
<b>Puissance installée Bas-Rhin</b>	3	3,66	46,84	24,04	138,08	104,71	1071,74	10277,03	11669,1
<b>Nombre d'installations Bas-Rhin</b>	1	2	3	4	4	13	136	310	473
<b>Puissance installée Haut-Rhin</b>	0	0	17,86	43,16	5,97	145,03	549,96	1858,25	2620,23
<b>Nombre d'installations Haut-Rhin</b>	0	0	6	5	2	34	114	213	374
<b>Puissance installée Alsace</b>	3	3,66	64,7	67,2	144,05	249,74	1621,7	12135,28	14289,33
<b>Nombre d'installations Alsace</b>	1	2	9	9	6	47	250	523	847

Illustration III : Puissance raccordée en kWc au réseau en région Alsace au 31/12/2009, source : chiffres EDF et ES Énergies



Pour donner un ordre de grandeur par rapport aux surfaces nécessaires à l'installation de panneaux photovoltaïques, nous considérerons que 1 kWc représente 8 à 10 mètres carré en toiture et que 1 MWc représente 1 à 3 hectares pour les centrales au sol.

### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1. Droit de l'urbanisme et de l'environnement

Une déclaration de travaux ou un permis de construire sont nécessaires en fonction du type de projet à réaliser.

Pour les centrales au sol dépassant les 250 kWc. Un décret de novembre 2009 impose désormais d'obtenir un permis de construire avec enquête publique et étude d'impact (démarches relatives au code de l'environnement).

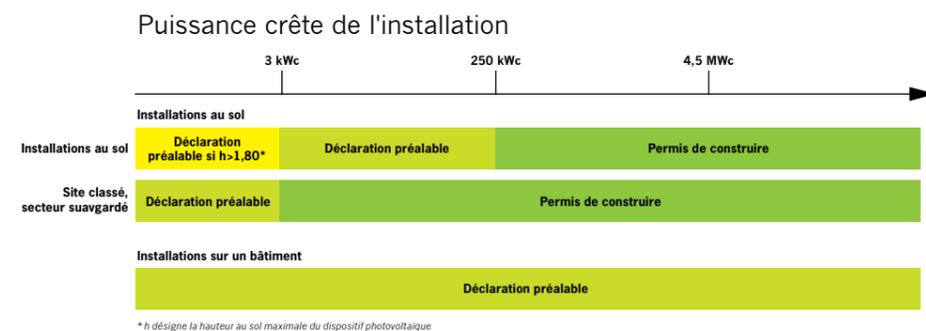


Illustration IV : Démarches administratives relatives au droit de l'urbanisme

#### 3.2. Droit électrique

Suivant sa puissance, une installation photovoltaïque est soumise à autorisation d'exploiter ou à déclaration préalable au titre électrique.

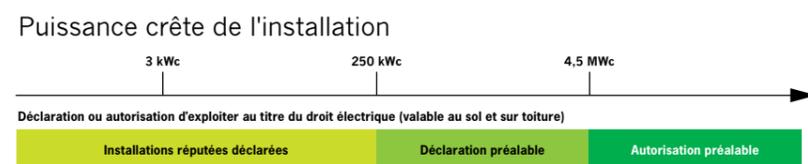


Illustration V : Démarches administratives relatives au droit électrique

Pour les centrales d'une puissance supérieure à 250 kWc, l'obtention d'un certificat ouvrant droit à obligation d'achat auprès de l'administration est également nécessaire.

Enfin une demande de raccordement au réseau doit être effectuée auprès du gestionnaire de réseau local et un contrat d'achat doit être conclu entre le producteur et le distributeur local pour pouvoir se faire acheter l'électricité produite.

L'obligation d'achat de l'électricité photovoltaïque permet aux producteurs de conclure un contrat de 20 ans avec leur distributeur durant lequel ce dernier achète l'électricité photovoltaïque produite à un prix fixe. Ce prix est fonction du type d'installation et du type de matériel installé.

Type d'installation			Tarifs en vigueur pour les installations dont la demande complète de raccordement a été envoyée :		
			avant le 1 <sup>er</sup> juillet 2011	entre le 1 <sup>er</sup> juillet 2011 et le 30 septembre 2011	entre le 1 <sup>er</sup> octobre 2011 et le 31 décembre 2011
Résidentiel	Intégration au bâti	[0-9kW]	46,00 c€/kWh	42,55 c€/kWh	40,63 c€/kWh
		[9-36kW]	40,60 c€/kWh	37,23 c€/kWh	35,55 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kW]	30,35 c€/kWh	27,46 c€/kWh	24,85 c€/kWh
		[36-100kW]	28,85 c€/kWh	26,09 c€/kWh	23,61 c€/kWh
Enseignement ou santé	Intégration au bâti	[0-9kW]	40,60 c€/kWh	36,74 c€/kWh	33,25 c€/kWh
		[9-36kW]	40,60 c€/kWh	36,74 c€/kWh	33,25 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kW]	30,35 c€/kWh	27,46 c€/kWh	24,85 c€/kWh
		[36-100kW]	28,85 c€/kWh	26,09 c€/kWh	23,61 c€/kWh
Autres bâtiments	Intégration au bâti	[0-9kW]	35,20 c€/kWh	31,85 c€/kWh	28,82 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kW]	30,35 c€/kWh	27,46 c€/kWh	24,85 c€/kWh
		[36-100kW]	28,85 c€/kWh	26,09 c€/kWh	23,61 c€/kWh
Tout type d'installation		[0-12MW]	12,00 c€/kWh	11,68 c€/kWh	11,38 c€/kWh

Illustration VI : Tableau indicatif des tarifs d'achat photovoltaïques en vigueur en 2011

#### 3.3. Dispositions particulières

Des aides financières peuvent être apportées en fonction du type de projet aussi bien au niveau national (crédit d'impôt, TVA bonifiée, éco prêt à taux zéro, appel à projets de la Commission de Régulation de l'Energie) que régional (subventions des collectivités locales principalement).

### 4. Avantages/Inconvénients

#### 4.1. Environnemental

Le photovoltaïque est exploitable partout dans la mesure où il utilise les rayonnements du soleil. L'énergie solaire gratuite et inépuisable.

Il n'occasionne pas d'émission de gaz à effet de serre, ni de déchet, ni de nuisance ou impact sur l'environnement (mouvement, bruit, odeur, émission quelconque) pendant son fonctionnement.

Les caractéristiques physiques des matériaux photovoltaïques ne s'altèrent pas dans le temps, et la baisse de rendement des panneaux est lente et limitée.

Les panneaux photovoltaïques peuvent faire l'objet de nuisances visuelles. Sur le patrimoine bâti, il peut notamment y avoir des restrictions dans des secteurs sauvegardés. Pour les centrales au sol, qui peuvent occuper des surfaces très importantes, des contraintes peuvent exister en fonction de la sensibilité des zones

concernées. Des problèmes de rayonnement/réverbération des installations ont également déjà pu être signalés.

Au niveau du recyclage, la filière s'organise autour de l'organisme PV Cycle pour organiser la gestion des panneaux photovoltaïques en fin de vie.

#### 4.2. Économique

Le fonctionnement des installations est simple, ce qui implique que la maintenance et les réparations sont réduites.

D'une manière générale et comme les autres énergies renouvelables, le photovoltaïque est une alternative aux énergies fossiles et doit pouvoir contribuer à la sécurité d'approvisionnement et à l'indépendance énergétique.

Le prix d'une installation sans aide publique rend encore le coût du kilowattheure photovoltaïque élevé. Cependant, avec la baisse du prix des panneaux et le renchérissement du prix des énergies classiques, le photovoltaïque n'est plus très loin d'atteindre des niveaux de coût de production proches de celui de l'électricité classique.

Au niveau des rendements, ceux-ci peuvent être encore améliorés. De nouvelles technologies continueront à émerger dans le futur, comme le photovoltaïque organique.



La production intermittante des installations ne permet pas une utilisation permanente de l'électricité produite. Le stockage dans des batteries reste nécessaire pour pallier à cette intermittence, mais reste un procédé encore très coûteux.

#### 4.3. Social

Le secteur photovoltaïque peut être à l'origine de création d'emplois au niveau local.

Au niveau industriel, des investissements ont été réalisés. Pour exemple en Alsace : l'usine Alsapan (fabrication de meubles en kit) s'est reconvertie en milieu d'année 2009 et a laissé place à Voltec Solar à Dinsheim sur Bruche (Bas-Rhin).

Le photovoltaïque bénéficie d'une bonne acceptabilité sociale et permet l'alimentation en électricité de sites isolés.

### 5. Potentiel de développement

**Les premières estimations, intégrant notamment les nouvelles conditions d'obligation d'achat, permettent d'envisager une puissance raccordée comprise entre 300 et 400 MWc d'ici 2020 équivalente à environ 28 ktep de production.**



## Biogaz

Le biogaz est un gaz inflammable au même titre que le gaz naturel. C'est un mélange de méthane et de gaz carbonique, produit à partir de matières organiques. Ces dernières libèrent le biogaz lors de leur décomposition selon un processus de fermentation dans ce que l'on appelle un digesteur ou méthaniseur. Le biogaz peut être valorisé pour produire de la chaleur ou de l'électricité, voire les deux simultanément avec des installations de cogénération. La loi Grenelle 2 a également instauré la possibilité de l'injecter, après épuration, dans le réseau gaz naturel.

En 2010, le biogaz représente 2,7 % du mix énergies renouvelables de la France.

### 1. Présentation de la filière

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques végétales ou animales en l'absence d'oxygène (anaérobie). Cette fermentation qu'on appelle également méthanisation se produit naturellement dans les milieux naturels (gaz des marais) ou spontanément dans les décharges contenant des déchets organiques, mais on peut aussi la provoquer artificiellement dans des

digesteurs (pour traiter des boues d'épuration, des déchets organiques industriels ou agricoles)

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (typiquement 50 à 70 %) et de gaz carbonique, avec des traces variables de vapeur d'eau, d'azote ou encore de soufre.

L'énergie issue du biogaz provient uniquement du méthane: le biogaz est ainsi la forme renouvelable de l'énergie fossile très courante qu'est le gaz naturel, qui lui contient essentiellement du méthane mais aussi du butane, du propane et d'autres éléments. On peut aussi utiliser le terme biométhane.

Les substrats pouvant faire l'objet d'un traitement par digestion anaérobie sont essentiellement:

- les bio-déchets;
- les déchets des industries agroalimentaires;
- les bio-déchets issus des ménages;
- les déchets ménagers et assimilés – déchets verts;
- les eaux usées urbaines;
- les effluents d'élevage;

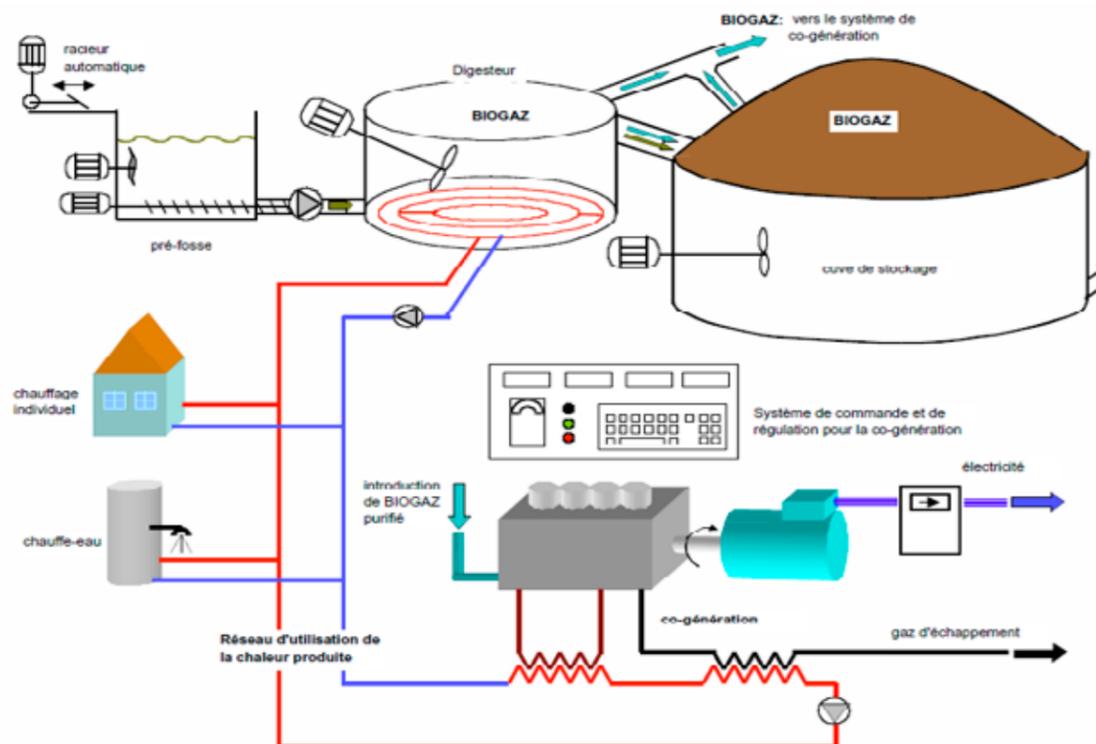


Illustration I: Schéma d'une installation de production et valorisation du biogaz

La technique de méthanisation est une technique relativement bien maîtrisée, en particulier en Allemagne ou en Autriche, mais certaines contraintes techniques sont à prendre tout de même en compte comme:

- le pouvoir méthanogène variable des différents substrats;
- la nécessité d'espaces de stockage des déchets servant de substrat à la méthanisation;
- la nécessité éventuelle de prévoir une phase de compostage pour traiter les déchets ligneux plus difficilement dégradables et pour finaliser la maturation de la matière organique;
- la variation de la qualité et de la quantité du biogaz produit.

### 2. État des lieux en Alsace

#### 2.1. Études

Une étude intitulée « Le biogaz en Alsace: potentiel, étude économique », qui figure dans les cahiers techniques ENR joints, a été réalisée en 2004 à l'initiative de l'ADEME et du Conseil régional. L'étude a évalué le potentiel régional en production de biogaz toutes filières confondues, avec un approfondissement sur la filière agricole, puis a cherché à déterminer les conditions de viabilité technico-économique d'un projet dit « à la ferme ». Une nouvelle étude est prévue en 2012 pour évaluer le gisement et la gestion de la matière organique ainsi que les perspectives de développement des installations de production de biogaz en Alsace.

#### 2.2. Ressource

L'étude citée ci-dessus a fait l'inventaire des différentes filières de production de biogaz en Alsace:

##### Industries agroalimentaires:

Considérant que chaque effluent d'unité agroalimentaire possède des spécificités propres l'étude n'a pas chiffré les potentialités alsaciennes.

Il est intéressant de connaître l'existence d'une telle industrie à proximité d'un site de production de biogaz issu d'une autre filière afin de récupérer d'éventuels produits organiques à ajouter en entrée du système de production.

##### Stations d'épuration:

La méthanisation est utilisée pour traiter les eaux usées urbaines et une station d'épuration est caractérisée par le volume d'eaux usées qu'elle est en mesure de traiter. Cette capacité est exprimée en équivalent-habitants (EH), sachant qu'un EH représente en

moyenne 18 kg de matière sèche/an (MS/an), soit environ 370 kg/an de boue.

Le retour d'expérience sur ces installations montre que 60 % de l'énergie produite est valorisée sous forme de chaleur et/ou d'électricité, et utilisée en premier lieu pour le chauffage (chaleur) et le brassage des digesteurs (moteurs électriques). Le biogaz non valorisé est brûlé en torchère de façon à ne pas rejeter de méthane dans l'atmosphère (impact sur l'effet de serre réduit).

En cumulant le potentiel théorique de toutes les stations d'épuration alsaciennes, l'étude conclut à une production annuelle potentielle de méthane (CH<sub>4</sub>) de:

- 6.6 millions de m<sup>3</sup>/an pour le Bas-Rhin
- 3.3 millions de m<sup>3</sup>/an pour le Haut-Rhin

Il est à noter que les trois stations de Strasbourg, Colmar et Mulhouse représentent à elles seules la moitié de ce potentiel.

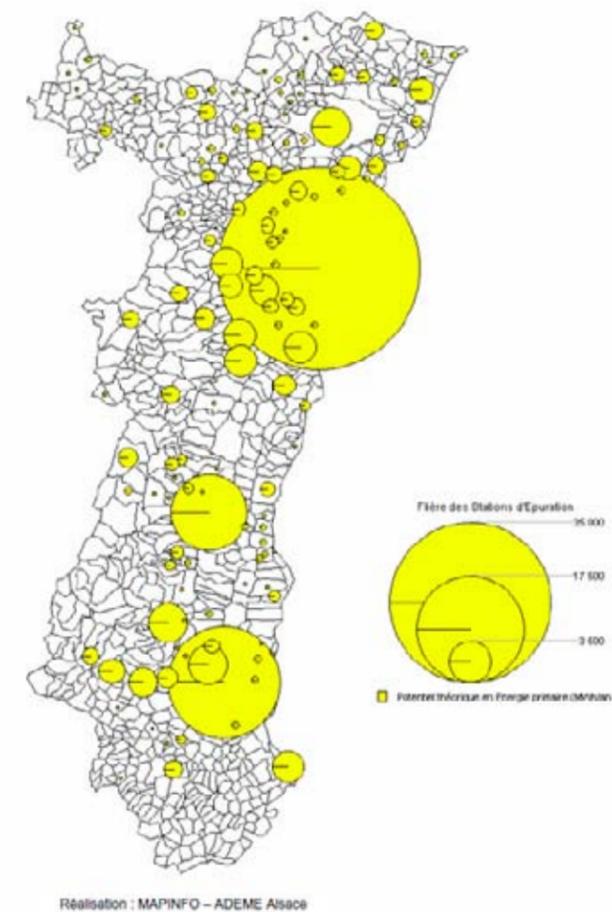


Illustration II: Production théorique en énergie des stations d'épuration Alsacienne, source: rapport sur le biogaz en Alsace Michel MAURER



### Déchets ménagers et assimilés – déchets verts :

Les ordures ménagères constituent une source importante de substrats de fermentation anaérobie: une personne produit en moyenne 1 kg d'ordure/jour, soit 360 kg/an, dont 2/3 correspondent à une fraction biodégradable, constituée de matière putrescible et de papier-carton. La valorisation de cette fraction organique par méthanisation suppose un tri préalable des ordures.

Le traitement des déchets peut être réalisé par plusieurs moyens: les centres de stockage de déchets non dangereux (CSDND), les réacteurs industriels et les usines d'incinération. Ces deux derniers ainsi que le compostage sont traités dans la partie déchets du volet énergies renouvelables.

Les CSDND sont des sortes d'immenses digesteurs où l'on peut favoriser le dégagement gazeux en installant un système de récupération de biogaz.

En Alsace, les déchets ménagers et assimilés issus des collectes des collectivités sont après tri, pour la plupart envoyés en usines d'incinération (Strasbourg, Schweighouse sur Moder dans le Bas-Rhin, Colmar et Sausheim pour le Haut-Rhin) ou encore vers des CSDND ou déchetteries. La chaleur produite par incinération permet de produire de l'énergie dans chaque usine d'incinération et la récupération des bio-déchets en amont perturberait cette production.

Une estimation du potentiel théorique des bio-déchets en Alsace a cependant été faite conduisant à une production en méthane d'environ 15 millions de m<sup>3</sup>/an.

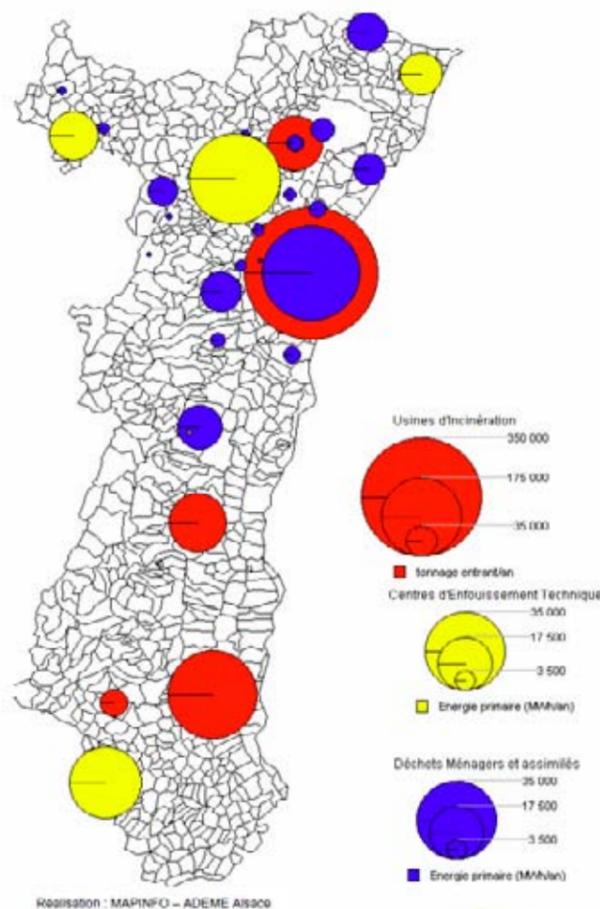


Illustration III: Potentiel des déchets ménagers en Alsace, source: rapport sur le biogaz en Alsace Michel MAURER

### Effluents agricoles :

L'élevage de trois espèces (bovins, porcins et volailles) émet chaque année en France près de 300 millions de tonnes de déchets, soit huit fois plus que la population humaine. Ces élevages permettent la production de plusieurs types de déchets: lisier, fumier et fientes.

Trois filières agricoles liées à l'élevage ont été retenues :

- filière bovine: le potentiel théorique tient compte de la production de lisier et de fumier. Ce calcul conduit à une fourchette de 11.9 à 36.1 millions de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> pour le Bas-Rhin et 6.4 à 19.3 millions de m<sup>3</sup> pour le Haut-Rhin.
- filière porcine: 4.5 millions de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> pour le Bas-Rhin et 930 000 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> pour le Haut-Rhin.
- filière volaille: un chiffre de 5.5 millions de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> pour la région Alsace est annoncé.

Au total, la filière agricole représenterait une potentialité de 29,2 à 66,3 millions de m<sup>3</sup> par an de CH<sub>4</sub> pour l'Alsace.

D'autres ressources d'origine agricole, riches en matière organique et à fort pouvoir méthanogène, peuvent également être utilisées pour la méthanisation, il s'agit :

- de cultures énergétiques: céréales ensilées (maïs, sorgho...),
- de coproduits des productions agricoles: pailles issues de traitement des céréales ou tri de légumes.

Les cultures énergétiques peuvent être mises en place en tant que "culture principale", elles sont alors considérées comme en concurrence avec les cultures à usage alimentaire. Une autre possibilité est de les implanter en "culture dérobée" (suite à une culture principale, en deuxième culture). Dans ce cas, la culture énergétique apparaît comme complémentaire à un usage principal alimentaire. Le développement de la méthanisation agricole sur la base de cultures énergétiques concurrentes d'un usage alimentaire, n'est pas souhaité.

## 2.3. Installations et projets

### 2.3.1. Industries agroalimentaires

Plusieurs installations industrielles (brasseries, amidonneries, papeterie, chimie, etc.) produisent du biogaz à partir d'effluents organiques. Dans le Bas-Rhin, on peut citer par exemple Kronembourg à Obernai ou Roquette à Beenheim. Pour le Haut Rhin, Syral à Marckolsheim ou encore Rhodia à Chalampé.

### 2.3.2. Stations d'épuration

La station d'épuration de la Communauté Urbaine de Strasbourg a été réhabilitée et mise aux normes internationales. L'installation permet de traiter annuellement quelque 23 000 t de boues primaires et biologiques et possède une unité de cogénération.

### 2.3.3. Déchets ménagers

Les CSDND sont au nombre de quatre en Alsace et brûlent leur méthane en torchère. Seul celui de Retzwiller (Haut-Rhin) valorise le biogaz par production d'électricité seule, une production de chaleur n'étant pas facilement utilisable sur place.

### 2.3.4. Effluents agricoles

Il n'y aurait pas de projet en fonctionnement à ce jour en Alsace en 2010.

Plusieurs projets en cogénération, retenus dans le cadre d'appels à projets du ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP), sont en cours de réalisation :

#### Projets dans le Bas-Rhin :

- GAEC de la Marjolaine à Littenheim pour 530 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane
- Lycée Agricole à Obernai pour 318 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane
- EARL Fritsch à Friessenheim pour 355 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane
- GAEC Wangenberg à Wasselonne pour 127 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane
- SAS Hilmar Énergie à Lohr pour 543 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane

#### Projets dans le Haut-Rhin :

- SAS Agrivalor à Ribeauvillé pour 2523 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane

Aucun de ses projets n'étant en fonctionnement, il s'agit du prévisionnel de production renseigné sur la base des appels à candidature instruits par les services de l'État.

Tous les projets sont en cogénération, sauf le GAEC du Wangenberg qui est en injection directe (projet qui passera peut-être en cogénération, l'étude initiale étant actuellement en cours de révision).

Soit pour ces six projets une production de 4 396 000 m<sup>3</sup>/ an de méthane, équivalent selon les estimations faites pour chacun des projets à une production d'énergie d'environ 33 000 MWh/ an d'énergie valorisée répartie à part égale entre chaleur et électricité.

Plusieurs autres projets avaient été évoqués, au stade amont, mais n'ont jamais été réalisés.

La production de biogaz en Alsace en 2009 est de 3 ktep, exclusivement issue des industries agro alimentaires.



### 3. Cadre réglementaire

#### 3.1 Réglementation ICPE

Les installations de méthanisation et de combustion de biogaz sont soumises à la réglementation installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) suite à la récente création de rubriques spécifiques en 2009 et 2010.

#### 3.2 Tarif d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse et du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel

L'arrêté tarifaire du 19 mai 2011 permet d'obtenir un tarif d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz.

Trois éléments s'additionnent pour définir ce tarif :

- un tarif de base compris entre 8,1 et 9,7 c€/ kWh ;
- une prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 4 c€/ kWh,
- une prime pour le traitement d'effluents d'élevage.

Aussi, l'arrêté du 23 novembre 2011 fixe les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel.

#### 3.3 Dispositions particulières

Des aides financières peuvent être apportées en fonction du type de projet aussi au niveau national (appels à projets) que régional (subventions des collectivités locales).

### 4. Avantages/Inconvénients

#### 4.1. Environnemental

En apportant une réponse énergétique et écologique au problème du traitement des déchets organiques, la méthanisation est une activité de dépollution. Elle constitue une alternative à l'enfouissement ou au rejet de ces déchets, ainsi qu'à la consommation des énergies fossiles.

D'autre part, l'ensemble des déchets organiques, lors de leur décomposition, produisent naturellement d'énormes quantités de méthane et de gaz carbonique. Ces gaz gagnent les hautes couches atmosphériques et contribuent à l'augmentation de l'effet de serre. Le fait de récupérer ce biogaz et de le brûler, permet de diviser l'impact sur le réchauffement climatique des gaz libérés dans l'atmosphère. Les effets néfastes des gaz émis par les déchets organiques sont ainsi amoindris et les caractéristiques intéressantes de la partie des déchets organiques sont préservées après la digestion anaérobie.

#### 4.2. Économique

Le coût de l'investissement et le manque de connaissance du grand public concernant les techniques de valorisation des déchets organiques, représentent les principaux obstacles à la mise en place d'une installation productrice de biogaz.

Il existe également d'autres freins au développement, notamment le manque de références françaises et la complexité concernant le montage des projets (permis de construire, raccordement au réseau, procédure installations classées).

#### 4.3. Social

Au niveau local, la méthanisation représente un complément d'activité pour les agriculteurs, qui peuvent valoriser économiquement et énergétiquement les déchets agricoles de source végétale ou animale.

Elle peut également favoriser l'émergence de filières de recyclage au niveau des territoires et être créatrice d'emplois.

### 5. Potentiel de développement

#### Industries agroalimentaires :

Aucune étude précise n'a aujourd'hui été réalisée sur ce secteur. La filière des industries agroalimentaires représente potentiellement une source de matière organique intéressante. Les déchets des restaurants, cantines scolaires, grandes surfaces peuvent également entrer dans cette catégorie.

#### Stations d'épuration :

D'après l'étude de 2004, seuls les sites qui ont une capacité totale de traitement de plus de 30000 EH (Equivalent Habitant) sont intéressants pour l'éventuelle adjonction d'un système de valorisation de biogaz. Les chiffres actuels conduiraient à dire que le seuil est passé à 55000 EH.

Pour le Bas-Rhin, il existe six sites avec une capacité en EH supérieure à 30000. Seul le site de Strasbourg dépasse les 55000 EH.

Pour le Haut-Rhin, on dénombre cinq sites qui ont une capacité en EH supérieure à 55000 EH.

L'ensemble de ces sites dépassant les 55000 EH pourraient permettre une production d'énergie de 64750 MWh/an.

#### Déchets ménagers et assimilés – déchets verts :

La source essentielle de bio-déchets à valoriser sous forme de biogaz se trouve dans les déchets résiduels de collecte des ordures ménagères, qui sont aujourd'hui envoyés en usine d'incinération et en CSDND. Il faut se pencher sur ces flux de bio-déchets en Alsace pour estimer le volume de biogaz à valoriser.

Un potentiel de biogaz à partir de bio-déchets issus de la collecte sélective des déchets a été chiffré pour la région en 2002 qui représenterait environ 145000 MWh/an d'énergie produite.

Les déchets résiduels issus des collectes ne sont cependant pas facilement exploitables, s'il n'existe pas de collecte en amont. Il faudrait en effet organiser un tri supplémentaire pour séparer la fraction fermentescible du reste de déchets collectés. D'autre part, ces déchets ont déjà une place dans le circuit de traitement des déchets en Alsace, vers les usines d'incinération par exemple, et il n'est par conséquent pas évident de les soustraire pour en faire du biogaz.

Par ailleurs il serait intéressant de connaître le potentiel alsacien en déchet vert car le mélange déchet vert/déjections animales permet d'augmenter le rendement de la méthanisation.

#### Effluents agricoles :

La filière agricole représenterait la plus intéressante des sources en matière organique pour la production de biogaz en Alsace. Elle pourrait assurer, selon l'étude de 2004, une production énergétique comprise entre 240800 MWh et 590800 MWh/an.

**Sur ces bases, le potentiel de production est estimé à 12 ktep en 2020 et 40 ktep en 2050 pour la filière biogaz en Alsace. Une nouvelle étude prospective, permettant d'affiner ces chiffres, en évaluant notamment les différents gisements disponibles y compris les nouvelles possibilités (restauration, cantines, grandes surfaces...) a été lancée au début de l'année 2012.**



## Synthèse

Ce tableau a été élaboré dans le cadre de l'atelier « énergies renouvelables »

Filière de production	Production 2009 (ktep)	Potentiel réaliste 2020 (ktep)	Effort à mener d'ici 2020	Potentiel estimé 2050 (ktep)	Effort à mener d'ici 2050
<b>Hydroélectricité*</b>	650	660	10	690	40
<b>dont grande hydroélectricité</b>	647,5	656,5	9	685	37,5
<b>dont petite hydroélectricité</b>	2,5	3,5	1	5	2,5
<b>Biomasse bois**</b>	214	266	52	300	86
<b>Biomasse déchets</b>	32	50	18	50	18
<b>Biomasse agricole</b>	0	5	5	20	20
<b>Agrocarburants</b>	23	30	7	50	27
<b>Géothermie</b>	12	46	34	85	73
<b>dont géothermie profonde</b>	0	20	20	37	37
<b>dont géothermie de surface***</b>	12	26	14	48	36
<b>Solaire thermique</b>	3	24	21	96	93
<b>Solaire photovoltaïque</b>	1	28	27	50	49
<b>Biogaz</b>	3	12	9	40	37
<b>Éolien</b>	0	20	20	60	60
<b>Total</b>	<b>938</b>	<b>1141</b>	<b>203</b>	<b>1441</b>	<b>503</b>
<b>Production d'ENR/consommation finale d'énergie actualisée sur l'année considérée****</b>	<b>17,5 %</b>	<b>26,5 %</b>		<b>53,7 %</b>	

\* production moyenne entre 2006 et 2009 car la variation annuelle des débits peut être à l'origine de variation significative de la production

\*\* objectif 2020 déjà atteint en 2011 avec les projets en cours de montage et programmés et concerne uniquement la production provenant du bois Alsacien

\*\*\* les chiffres pour les pompes à chaleur aérothermiques ne sont pas pris en compte car non disponibles

\*\*\*\* pourcentage calculé sur la base d'une consommation finale actualisée sur l'année considérée (5 364 ktep en 2009, 5 364 ktep diminué de 20 % en 2020, 5 364 ktep diminué de 50 % en 2050)

Illustration 1: Tableau récapitulatif de l'état des lieux de la production ENR en 2009 et des potentiels estimés à 2020 et 2050 en Alsace.

Des chiffres sont proposés pour 2020 et 2050 soit lorsqu'une étude prospective a déjà été effectuée, soit par une première estimation dans l'attente d'études plus fines.

Une nouvelle étude prospective lancée dans le cadre de la CREA en décembre 2011, et faisant suite aux travaux du SRCAE, permettra d'affiner tous les chiffres concernant les potentiels à 2020 et 2050.

### Le schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables.

En lien avec la partie énergies renouvelables du SRCAE, le gestionnaire du réseau public de transport (RTE) élabore, en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution et après avis des autorités organisatrices de la distribution concernées dans leur domaine de compétence, un schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables, qu'il soumet à l'approbation du préfet de région dans un délai de six mois à compter de l'établissement du SRCAE.

Ce schéma définit :

- les ouvrages à créer ou à renforcer pour atteindre les objectifs fixés par le SRCAE,
- un périmètre de mutualisation des postes du réseau public de transport, des postes de transformation entre les réseaux publics de distribution et le réseau public de transport et des liaisons de raccordement de ces postes au réseau public de transport,
- leurs capacités d'accueil de production permettant d'atteindre les objectifs définis par le SRCAE,
- Il évalue le coût prévisionnel d'établissement des capacités d'accueil nouvelles nécessaires.