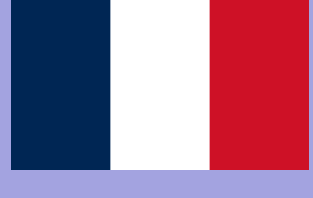
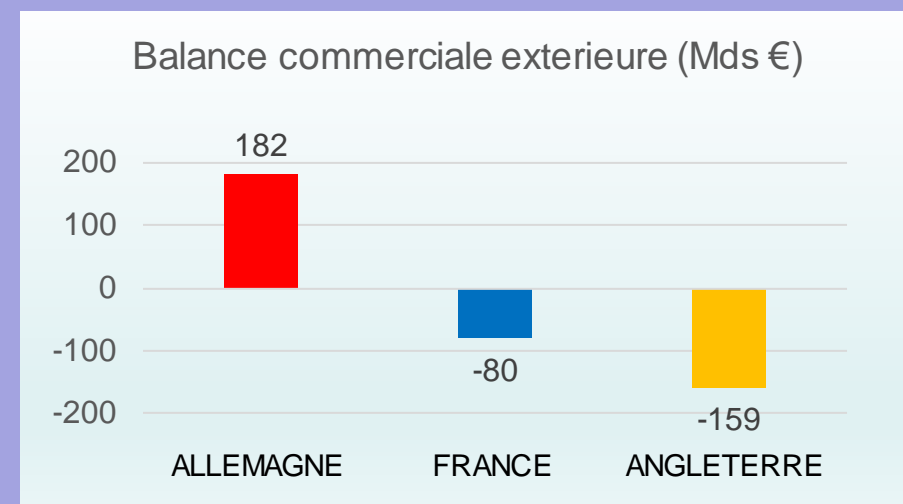
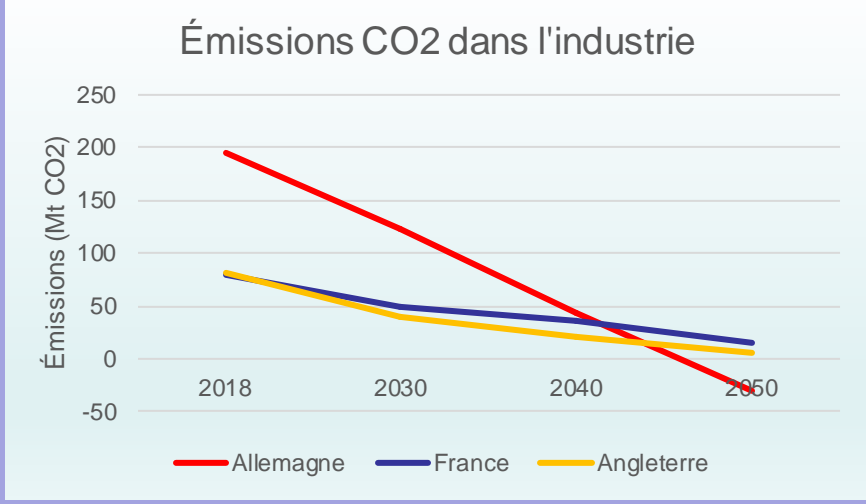


Industrie

L'industrie est aujourd'hui responsable pour 19% des émissions de GES dans le monde, c'est donc un des piliers de chaque stratégie de décarbonation. Pourtant, c'est aussi un des secteurs les plus compliqués à décarboner, car il nécessite beaucoup de procédés uniques (hautes températures, puissance électrique importante, chimie des matériaux). Chaque pays a donc une approche commune dans le fond, mais compte jouer plus ou moins sur différentes stratégies.



- **Industrie forte** et émissions localisées
- Décarbonation grâce à l'utilisation massive d'hydrogène produit sur place, mais aussi importé.
- La stratégie allemande repose sur l'abandon du charbon pour le passage à l'hydrogène pour la vapeur et la chaleur (avec la biomasse)
- L'Allemagne compte investir dans les **CCS et CCUS**, pour entre autres, décarboner l'industrie du ciment, mais aussi pour atteindre en 2050 un niveau d'émission négatif dans l'industrie.

- **Industrie faible** et émissions délocalisées
- La France compte développer sa filière industrielle en investissant massivement dans une production 100% autonome d'hydrogène produit par électrolyse grâce au réseau électrique français qui est déjà décarboné.
- La stratégie Française admet que l'industrie ne pourra pas être totalement décarbonée d'ici 2050, c'est pourquoi la France va investir dans des **CCS et CCUS pour compenser ces émissions**.

- **Industrie faible** et émissions délocalisées
- Décarbonation de l'industrie par l'utilisation massive de technologies de **CCUS naturelle ou industrielle**, (-9 MtCO₂ / an d'ici 2035) car de nombreuses industries ne peuvent se décarboner qu'avec l'électrification des procédés ou le passage à l'hydrogène.
- L'hydrogène anglais proviendrait en grande partie de site de production avec **capture et stockage de carbone**.



L'hydrogène est essentiel dans les 3 stratégies : dans l'industrie l'hydrogène est utilisé en sidérurgie pour remplacer les hauts fourneaux par des DRI, afin d'avoir de l'acier moins carboné. L'hydrogène est donc utilisé pour **réduire le fer**, mais aussi pour **générer de la vapeur**, et en tant que **matière première** pour certains produits chimiques, pour la **raffinerie du pétrole**, etc... Il a pour rôle d'être un **vecteur énergétique**.



Pour prévenir l'utilisation de nouvelles ressources, les 3 stratégies se basent sur une **augmentation du recyclage**, notamment dans la sidérurgie qui est un grand émetteur de CO₂, et dont le recyclage de matière première en grande quantité est réalisable.



La décarbonation de l'industrie va nécessairement de pair avec une **électrification des procédés**, c'est à dire **substituer les combustibles fossiles par des sources électriques** : par exemple l'évaporation, le séchage et autre procédé thermiques à faible température.



Les différentes stratégies comptent sur l'utilisation de la **biomasse comme piège carbone** mais aussi pour servir de **combustible de substitutions aux hydrocarbures** pour fournir de la haute chaleur.



Un des principaux freins aux différentes stratégies est de **garder une compétitivité des industries décarbonées** face aux autres consommatrices d'hydrocarbures, pour cela, les 3 gouvernements comptent **subventionner massivement les industries vertes et taxer le carbone encore plus qu'avant**.

Mix énergétique

Lorsqu'il est sujet de réduire notre empreinte carbone, la grande question évoquée est celle de l'énergie. L'enjeu est de produire, de manière durable, assez d'énergie pour satisfaire à des sociétés en croissance. Pour cela, chaque pays a proposé plusieurs stratégies et scénarios pour appréhender le mix énergétique, adaptés aux ressources géographiques de son territoire.

Les stratégies / scénarios retenus

Tableau comparatif des stratégies nationales de l'Allemagne, de la France et du Royaume-Uni.

Diminution de la quantité d'énergie consommée par personne en augmentant la part de l'électrique dans la consommation

Que font les trois pays pour arriver au net zero?

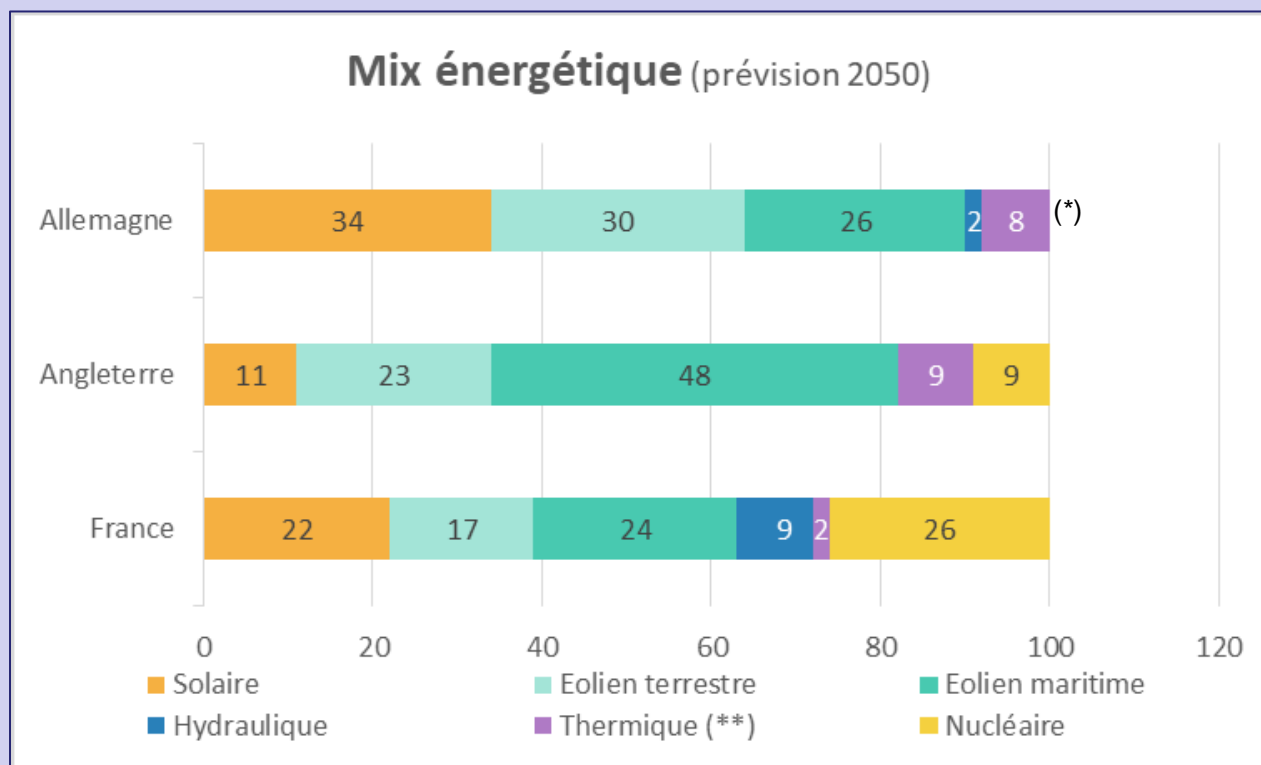
Développement des renouvelables et du nucléaire (sauf l'Allemagne): Amélioration de l'efficacité énergétique et du stockage d'énergie

Sortir complètement des énergies fossiles d'ici 2050

Électrification des systèmes en industrie, en transport et en chauffage

Développement de nouveaux vecteurs d'énergie là où l'électricité ne suffit pas

D'où vient l'énergie?



Les particularités et limites des scénarios

Tableau des particularités et limites des scénarios pour l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni.

Efficacité énergétique

Un des leviers pour réduire les émissions de GES est de **réduire la consommation énergétique**. Soit par la **sobriété** dans les usages comme s'y intéresse la France (consommer moins et mieux) soit par une **grande efficacité énergétique des systèmes** (consommer moins pour la même utilisation). Pour ce faire, l'**électrification des moyens de chauffage est essentielle**. Les trois pays veulent **bannir les nouvelles chaudières à GPL, fioul ou charbon d'ici 2025 et les faire disparaître après 2030**. Le prix de l'énergie étant croissant, les gouvernements veulent **limiter les factures d'énergie**: La **Royaume-Uni** compte réduire les factures énergétiques en mettant l'accent sur des **standards de performance pour tous les bâtiments augmentant graduellement**. Les deux autres pays comptent baisser les consommations énergétique et électrique en s'appuyant sur un **éclairage plus efficace et des appareils électroménager moins consommateurs**.

Réseaux de chauffage urbains

D'autres modes de chauffage respectueux de l'environnement sont envisagés : **biomasse, géothermie** - mais dans les **zones urbaines**, ils sont parfois complexes à installer (**manque de place**). Pour y arriver, les trois pays envisagent la **démocratisation des réseaux de chauffage urbains** où une unité de chauffage centralisée serait installée en dehors de la ville qui serait ensuite alimentée par un fluide caloporteur. L'Angleterre estime que ce moyen de chauffage pourrait représenter 20% de la demande en chaleur en 2050.

Chauffage

- Le chauffage représente l'essentiel des émissions de GES du bâtiment.
- Le secteur résidentiel/tertiaire émet à hauteur de 15 à 20% des émissions nationales dans les 3 pays, il paraît urgent de décarboner ce domaine.
- Cette transition s'articule autour de :
+ La réduction de la consommation énergétique des foyers : **l'efficacité énergétique**.
+ La diminution des émissions directes des moyens de chauffage : **développer de nouveaux moyens de chauffage décarbonés tel que les pompes à chaleur**.

Hydrogène

L'hydrogène pourrait s'avérer être une **solution novatrice** dans la transition à effectuer, mais son **utilisation est divisée** dans le secteur du chauffage :
- La **France** n'a **prévu aucune mesure** pour l'intégrer dans le réseau de gaz.
- L'**Allemagne** prévoit seulement de l'utiliser pour générer de la **chaleur industrielle** et non dans les bâtiments résidentiels.
- Le **Royaume-Uni** veut lancer des **essais à grande échelle** pour prendre une décision sur son utilisation dans le chauffage en 2026.

Bâtiments et chauffage

Bâtiments

Le milieu du bâtiment représente une **large gamme d'activités et d'infrastructures**. Il comprend par exemple les **logements résidentiels et les locaux utilisés par le secteur tertiaire** (entreprises, associations, services publics...). Différents facteurs contribuent aux émissions du secteur tels que le **chauffage ou la transformation de matériaux dédiés à la construction**.

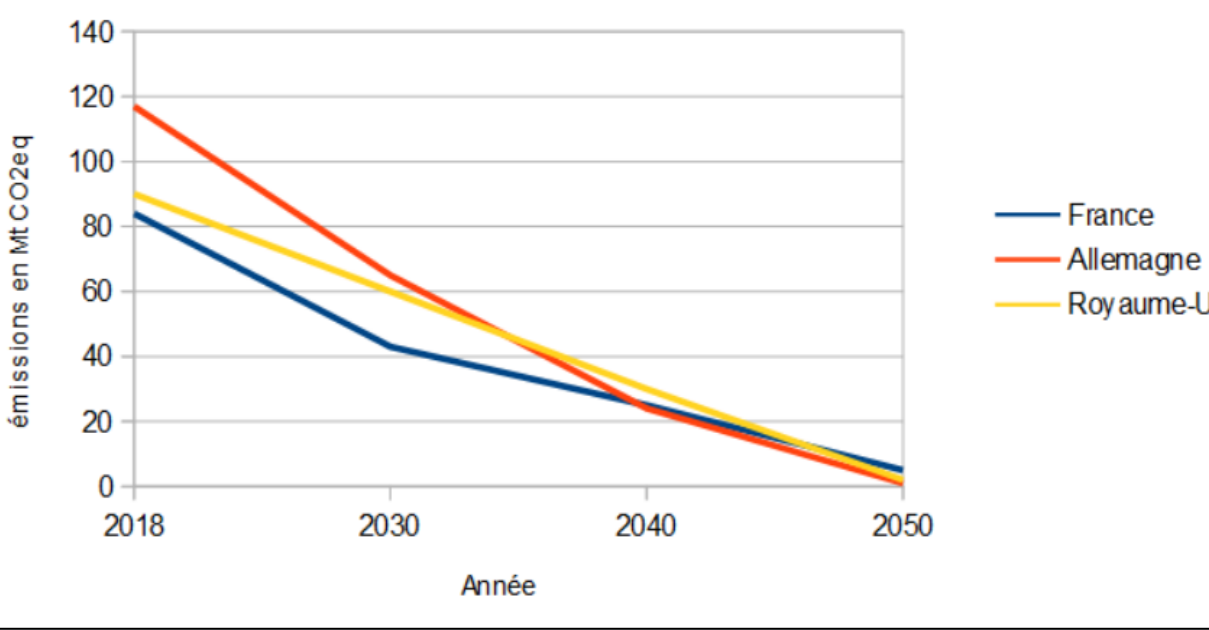
Pompe à Chaleur (PAC)

Les **PAC** sont des systèmes qui permettent de prélever de la chaleur d'un milieu froid (extérieur en hiver et intérieur en été), pour la transférer vers un milieu chaud (vice versa). Elles sont un **élément incontournable** dans la **décarbonation du secteur**, au cœur de l'**électrification des moyens de chauffage** et elles vont permettre l'**radicalisation des chaudières à carburants fossiles**.

Utilisation des PAC

Tableau comparatif de l'utilisation des PAC en France, Angleterre et Allemagne.

Prévisions d'émissions du secteur du bâtiment et du chauffage



Financements

La transition vers des bâtiments moins émetteurs est un investissement majeur - estimé en **Grande-Bretagne de l'ordre de 2 200 Mds** (sources publiques et privées). La France en dédie une partie à des **aides pour les travaux de rénovation et le changement de moyen de chauffage**, les Anglais consacrant **plusieurs millions au développement de nouvelles et meilleures PAC**. Les trois pays sont aussi prêts à intervenir dans la **régulation du marché de la chaleur** par exemple en affectant les prix des carburants carbonés pour **rendre compétitives les alternatives bas-carbone**.

Rénovation des bâtiments (résidentiels et tertiaire)

Chacun des pays abrite de l'ordre de la dizaine de millions de bâtiments, dont certains extrêmement vieux ou mal isolés qui sont devenus des **"passoires énergétiques"** et qui ne demandent qu'à être rénovés. Les trois pays envisagent donc une **campagne de rénovation massive** :
- Le **Royaume-Uni**, en **augmentant les standards de performance minimale** en 2035 puis de façon plus exigeante encore en 2050.
- L'**Allemagne** veut **augmenter de 50% son taux annuel de rénovations** pour atteindre **1,6% du parc immobilier rénové chaque année**. Avec comme objectif **90% des espaces d'habitation rénovés d'ici 2050**.
- La France veut elle **améliorer rythme et qualité des rénovations**, **700k logements par an rénovés après 2022**. Auxquels s'ajoutent les bâtiments hébergeant une activité tertiaire qui seront rénovés suivant l'exemple des bâtiments publics, pour faire disparaître les "passoires énergétiques" en 2028.

Transport

Electrification massive des véhicules particuliers

Tableau comparatif de l'électrification des véhicules particuliers en France, Angleterre et Allemagne.

Le report modal vers les transports collectifs, le vélo et la marche

Tableau comparatif des mesures de report modal en France, Angleterre et Allemagne.

Un transport des marchandises repensé

Tableau comparatif des mesures de repensement du transport des marchandises en France, Angleterre et Allemagne.

Transports aérien et maritime : entre R&D et nouveaux carburants

Mise en avant conséquente, pour les 3 pays de la R&D avec pour visée une **amélioration significative de l'efficacité énergétique** et/ou le **développement d'aviation à hydrogène ou électrique**.
- Utilisation de **biocarburants**, possibilité du **kérosène de synthèse** en France, possibilités de l'**ammoniac** et de l'**hydrogène** pour les bateaux en Grande-Bretagne qui vise à terme la **vente de bateaux zéro-émission**.
- Utilisation de l'**électricité pour former des carburants de synthèse** ensuite utilisés dans l'aviation et le transport maritime
- **Développement d'infrastructures et de technologies zéro émission dans les ports** : démocratiser les ravitaillements en carburants bas carbone et faciliter la conversion aux technologies bas carbone

France

- 67,5 M d'habitants
- 300 Mt CO_{2eq} d'émissions annuelles (1^{er} secteur : transport)
- **Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)**

GIEC
A de multiples occasions, le GIEC a alerté des dangers qui accompagnent un réchauffement supérieur à 1,5°C, inévitablement atteint avec les émissions actuelles de GES.

COP 21
La convention des parties de 2015 invite chaque participant à détailler leur stratégie à long terme pour réduire leurs émissions de GES.

NET ZERO 2050

Grande - Bretagne
- Population : 66 M
- 450 Mt CO_{2eq} d'émissions annuelles (1^{er} secteur = transport)
- Net Zero Strategy : Build Back Greener

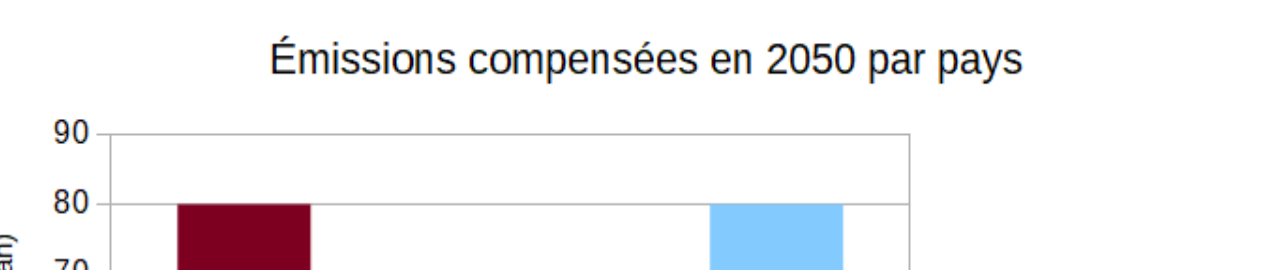
Allemagne
- 83,1 M habitants
- 660 Mt CO_{2eq} d'émissions annuelles (1^{er} secteur = production d'énergie)
- Towards a Climate-Neutral Germany

OBJECTIFS
Effectuer une transition énergétique vers la décarbonation de tous les secteurs émettant des GES.

Capture carbone

Le terme "capture carbone" désigne un ensemble de méthodes capable de soustraire du dioxyde de carbone à l'atmosphère. La capture carbone constitue un levier de compensation d'émissions commun aux trois pays, particulièrement différenciant dans les différentes politiques vers le net zero. Il en est de deux types : la capture naturelle (capture par des phénomènes biologiques ou géologiques) et la capture anthropique (nécessitant l'usage de technologies développées par l'Homme).

CCS : Carbone Capture and Storage. Captage du CO₂ puis séquestration géologique (cavité saline, aquifère, gisement épuisé...)



DACCS : Direct Air CCS. Technologie peu mature à ce jour, elle extrait le CO₂ directement depuis l'air.

BECCS : Bio Energy CCS. Capture de CO₂ après combustion de biomasse. Fortement envisagée pour la chaleur industrielle.

- Politique ambitieuse de développement de capture carbone anthropique.
- Fort enthousiasme envers les technologies encore en développement (ex : DACCS).
- Plan d'investissement d'un milliard £ (CCS Fund)
- Reconversion des champs d'hydrocarbures épuisés de la mer du Nord, adaptation des infrastructures préexistantes.
- 20 à 30 Mt/an de CCS d'ici 2030.
- 1GW de production d'hydrogène bleu prévu à l'horizon 2050 (i.e. vaporeformage + CCS)

- Politique prudente envers les techniques de CCS (15 Mt/an à l'horizon 2050).
- Ne mise presque pas sur la DACCS.
- L'ADEME est réticente pour l'usage des réservoirs géologiques onshore pour des raisons d'acceptabilité sociale.
- Moins de potentiel de stockage offshore que le Royaume-Uni.
- Encourage l'usage du bois comme stockage carbone.
- Réutilisation du CO₂ avec des hydrocarbures de synthèse.

- Politique très ambitieuse de développement de capture carbone anthropique.
- Fort enthousiasme envers les technologies encore en développement (ex : DACCS).
- Plan d'investissement d'un milliard £ (CCS Fund)
- Reconversion des champs d'hydrocarbures épuisés de la mer du Nord, adaptation des infrastructures préexistantes.
- 20 à 30 Mt/an de CCS d'ici 2030.
- 1GW de production d'hydrogène bleu prévu à l'horizon 2050 (i.e. vaporeformage + CCS)

