### **UE 14** Terre et société Mini-projet

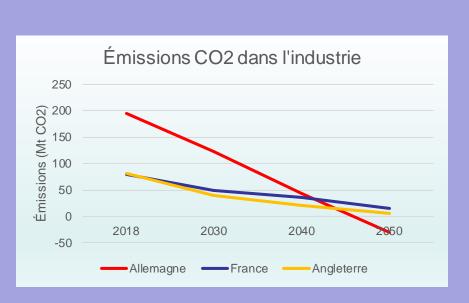
## Stratégie bas carbone: comparaison entre Allemagne, Grande-Bretagne et France

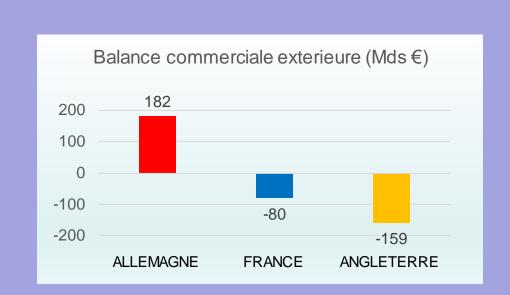


Projet N° 14 Malo MIGNARD, Stéphane ABDULNOUR, Maxime BOST, Paul PADILLA, Paul ETIENNE

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 a décarboner, car il nécessite beaucoup de procédés uniques (hautes température, 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 Industrie faible et émissions délocalisées - Décarbonation grâce à l'utilisation massive d'hydrogène produit sur place, mais aussi importé.

charbon pour le passage à l'hydrogène pour la vapeur et la chaleur (avec la biomasse) - L'Allemagne compte investir dans les CCS et CCSU, pour entre autres, décarboner l'industrie

- La stratégie allemande repose sur l'abandon du

du ciment, mais aussi pour atteindre en 2050 un

niveau d'émission négatif dans l'industrie.

- 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.

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

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.

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 plus 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 : Le Royaume-Uni compte réduire les factures énergétiques en mettant l'accent s 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.

Hydrogène

dans le secteur du chauffage:

résidentiels.

chauffage en 2026.

L'hydrogène pourrait s'avérer être une

solution novatrice dans la transition à

effectuer, mais son utilisation divise

- La France n'a prévu aucune mesure

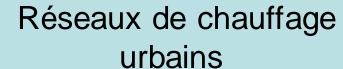
pour l'intégrer dans le réseau de gaz.

- L'**Allemagne** prévoit seulement de

industrielle et non dans les bâtiments

l'utiliser pour générer de la chaleur

- Le **Royaume-Uni**, veut lancer des essais à grande échelle pour prendre une décision sur son utilisation dans le



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.

# 2030

### Bâtiments et chauffage



d'activités et d'infrastructures. Il comprend par exemple les logements résidentiels et les locaux utilisés par le secteur tertiaire (entreprises, associations, service publique ...). Différents facteurs contribuent aux émissions du secteur tels que le chauffage ou la transformation de matériaux dédiés à la construction.

— France — Allemagne ---- Roy aume-Uni

Prévisions d'émissions du secteur du bâtiment et du chauffage

Pompe à Chaleur (PAC)

Elles sont un élément incontournable dans la décarbonation du secteur, au cœur de

**Utilisation des PAC** 

**Angleterre** 

600k installations par

Augmenter la fabrication

an d'ici 2028 puis peut

être jusqu'à 2M par an.

Viser une **baisse des** 

prix de 25 à 50 % d'ici

avec les chaudières à

gaz au plus tard en 2030.

2025 pour avoir **50/50** 

anglaise de PAC

Allemagne

En **2030, 6 M de PAC** 

installées et en 2050 14

M dans les habitations.

place importante dans

chauffage aux PAC d'ici

- Développer les **PAC à** 

l'échelle industrielle.

le milieu des années 2020

- Donner une

le marché du

l'électrification des moyens de chauffage et elles vont permettre l'éradication des

chaudières à carburants fossiles

France

Utilisation massive dans

individuels, collectifs et

- Soutenir l'émergence de

Valoriser la chaleur fatale

les logements

pour l'agriculture.

PAC françaises à

l'échelle industrielle.

des industries via des

Financements La transition vers des bâtiments moins émetteurs est un investissement majeur, estimé en Grande-Bretagne de l'ordre de £ 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 consacrent 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.



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.

produits chimique, pour la raffinerie du pétrole, etc... Il a pour rôle d'être un vecteur énergétique.



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.

### le GIEC a alerté des dangers qui accompagnent un réchauffement inévitablement atteint avec

GIEC

A de multiples occasions,

supérieur à 1,5° C,

les émissions actuelles

**Grande** –

Bretagne

- Population: 66 M

- 450 Mt CO<sub>2eq</sub>

d'émissions annuelles

(1er secteur =

transport)

- Net Zero Strategy:

### **ZERO** 2050

France

- 67,5 M d'habitants

- 300 Mt CO<sub>2eq</sub> d'émissions

annuelles (1er secteur:

transport)

- Stratégie Nationale Bas

Carbone (SNBC)

### Allemagne

**COP 21** 

La convention des parties de

2015 invite chaque participant à

détailler leur stratégie au long

terme pour réduire leurs

émissions de GES.

- 83,1 M habitants - 660 Mt CO<sub>2eq</sub> d'émissions annuelles (1er secteur = production d'énergie) - Towards a Climate-

**Neutral Germany** 

énergétique vers la

### 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.

Rénovation des bâtiments (résidentiels et tertiaire)

- 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

- 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.

### Mix énergétique

Lorsqu'il est sujet de réduire notre empreinte carbone, la grande question évoquée est celle de l'énergie. L'enjeux 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.

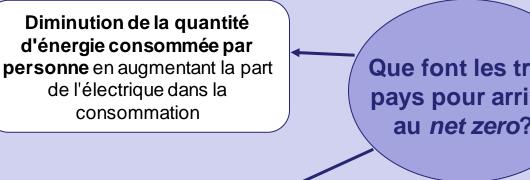
### Les stratégies / scénarios retenus

Allemagne: publie en 2021 le scénario

France: La Stratégie Nationale Bas Carbone L'agence Agora EnergieWende (SNBC) est la stratégie mise en viqueur en France depuis 2020. Klimaneutral 2045, inscrit Plusieurs scénarios sont proposés, dans la loi du pays. celui présenté ici est le scénario Nucléaire 1.

Le Climate Change Commitee (CCC) met en avant quatre scénarios dont Balanced Pathways, le scénario central.

Angleterre:



Que font les trois pays pour arriver au net zero?

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

Développement des renouvelables

#### fossiles d'ici 2050 Réduction des émissions de GES d'ici 2030 (par rapport à 1990): • France: - 40% Allemagne: - 65% Angleterre: - 68% Bilan carbone nul d'ici 2050

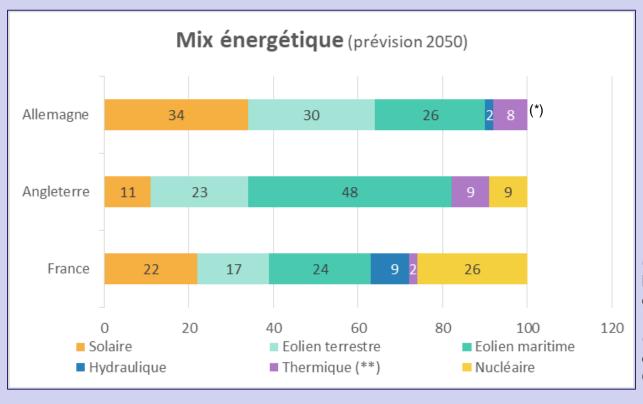
Électrification des systèmes en industrie, en transport et en chauffage

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

Améliorer les processus de production (ex: électrolyse de l'hydrogène) ainsi que les moyens de stockage et de distribution.

### D'où vient l'énergie?

Sortir complètement des énergies



(\*) L'Allemagne a renoncé à l'utilisation du nucléaire depuis la catastrophe de Fukushima en 2011. (\*\*) Inclus les biogaz et gaz de synthèse, avec et sans

### Les particularités et limites des scénarios



Les scénarios allemands font

En effet, dû à la taille du pays, sa

forte industrialisation actuelle et sa

à franchir pour arriver au Net Zero

stratégie 100% renouvelable, le pas

parties des plus ambitieux.

est conséquent.





La France cherche l'indépendance La stratégie Angleterre repose sur énergétique. Cela implique des un surdimensionnement de la installations de production et de production du mix énergétique: une stockage d'énergie sur tout le production électrique qui dépasse la demande. Cela permettrait de territoire. Il s'en suit également une nécessité de développement de remédier à l'intermittence liée aux énergies renouvelables et les excès techniques qui surpassent les possibilités actuelles. seraient exportés.

### 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.



carbone anthropique - L'industrie et secteur énergétique doit être un acteur majeur avec la BECCS, qui doit à terme servir à terme d'alternative

au charbon. - Accès aux gisements épuisés de la mer du nord via gazoducs déjà existants pour séquestration, discussions avec la Norvège pour

Réutilisation du CO2 avec des

l'enfouissement

hydrocarbures de synthèse et des biopolymères.

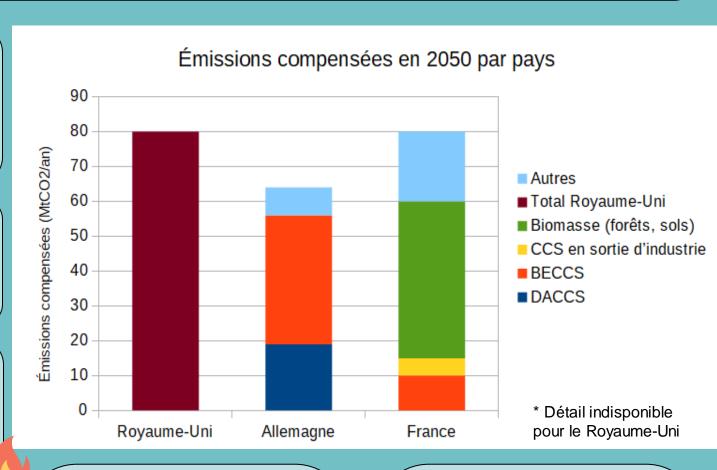


#### **Build Back Greener OBJECTIFS** Effectuer une transition

#### 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).



#### 

Politique très ambitieuse de développement de capture carbone anthropique.

- Fort enthousiasme envers les technologies encore développement (ex : DACCS). Plan d'investissement d'un milliard £ (CCS Fund)

Reconversion des champs d'hydrocarbures épuisées 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)

**=** 

<del>+</del> +

#### 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 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.

### **Transport**

Electrification massive des véhicules particuliers



- 2030: 35% des véhicules particuliers électriques - 2040 : 100% des ventes de véhicules particuliers électriques - Amélioration de l'efficacité des

véhicules : 4L/100km pour un véhicule thermique neuf d'ici

2030 et **12.5 kWh** pour les

véhicules électriques d'ici 2050

- Plus de vente de véhicules thermiques en 2030 et vente uniquement de véhicules zéro émission à partir de 2035 Automotive Transformation Fund (1.3 milliards £) pour transformer l'industrie automobile britannique

- 14 millions de voitures électriques d'ici 2030, **30** millions d'ici 2050 Financement de 2.6 milliards € du gouvernement dans la recherche sur l'électrique et l'hydrogène - Investissement de 15 milliards

€ de l'industrie automobile allemande dans la mobilité électrique - Développement d'infrastructures de recharge (politiques d'aménagement territorial, aides

financières et mesures avec notamment 300 millions € investis par le gouvernement allemand depuis 2017 et un plan de 2 milliards £ du gouvernement britannique) - Bonus/malus/taxes pour favoriser l'adoption de l'électrique chez le particulier

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

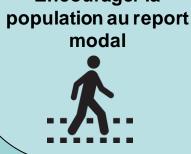
Usage du vélo 96

France: passage de 3 à 12% de part modale dans les déplacements à courte distance pour le vélo dès 2030 et 15% d'ici 2050 - Développement d'infrastructures (pistes cyclables, itinéraires sécurisés...) avec le National Cycle Paths Plan en Allemagne et un investissement de 2 milliards £ en Grande-Bretagne

**Amélioration des** transports en commui et des réseaux ferroviaires

France: Renforcement des offres et amélioration des performances des réseaux transiliens, TER et RER (+7pts de part modal des transports collectifs entre 2015 et 2050) Grande-Bretagne: National Bus Strategy (4000 nouveaux bus zéro émission (hydrogène ou électrique)), des trains plus fréquents et plus grands avec des tarifs plus

**Encourager la** l'intermodalité (concept de "ville compacte" en Allemagne) et rendre ces types de



Allemagne: augmenter l'attractivité du transport ferroviaire particulier (+19.2% pour le volume de transport ferroviaire passager) - Amélioration des infrastructures et des environnements urbains pour favoriser

transport plus attractifs avec aussi des tarifs préférentiels... Développement des outils numériques pour une plus grande lisibilité des infrastructures de transports et d'une intermodalité de plus en plus complexe pour le particulier mais aussi d'outils d'analyse pour améliorer l'efficacité des réseaux ferroviaires par exemple

#### Un transport des marchandises repensé - Electrification du réseau ferroviaire dans les 3 pays

Rôle renforcé et repensé du transport ferroviaire pour les marchandises Des poids-lourds aux motricités différentes et plus

efficaces

Grande-Bretagne - Des trains plus grands et plus fréquents (inclut la création de ligne à grande vitesse en Grande-Bretagne et l'amélioration des réseaux de transports régionaux)

ainsi que mise en place de trains à hydrogène en

- France: utilisation de gaz naturels véhicule (GNV), électricité et biocarburants, ambition importante sur l'amélioration de l'efficacité (+35 à 40% d'ici 2050) - Allemagne : réduction visée de 30% d'ici 2030 des émissions par poids-lourd et par kilomètre, électrification des poids-lourds mais surtout usage d'hydrogène et de

Report modal, circuits courts et efficacité



biocarburants - Report modal du transport routier vers le transport fluvial, ferroviaire et les vélos-cargo pour les courtes

- Favoriser l'économie circulaire et les circuits courts, encourager les entreprises à revoir leurs mobilités - Améliorer l'efficacité des livraisons avec des outils numériques d'optimisation

#### 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'avions 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

en carburants bas carbone et faciliter la conversion aux technologies bas carbone

Développement d'infrastructures et de technologies zéro émission dans les ports : démocratiser les ravitaillements







**Bibliographie:** 

https://www.agora-energiewende.de/en/publications/towards-a-climate-neutral-germany-executive-summary/ https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy#:~:text=This%20strategy%20builds%20on%20that,reduce%20\_emissions%20 for%20\_each%20\_sector https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021 04 KNDE45/A-EW 213 KNDE2045 Summary EN WEB.pdf https://assets.rte-france.com/prod/public/2022-02/BP50 Principaux%20re%CC%81sultats fev2022 Chap6 Europe.pdf https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts de en.pdf

R E S E A R C H U N I V E R S I T Y