



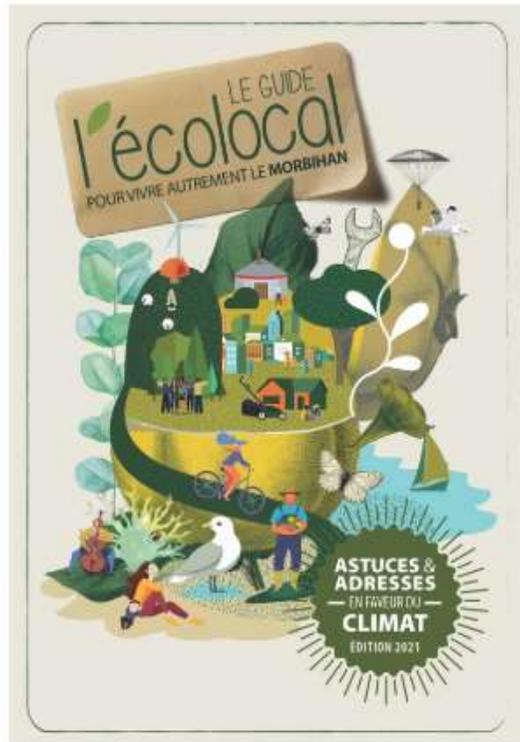
CYCLE DE FORMATION

DES AMBASSADRICES ET AMBASSADEURS

DU CLIMAT 2025

Comprendre le rôle, les enjeux et les facteurs de succès des Energies Renouvelables dans la transition énergétique

QUI EST CLIM' ACTIONS BRETAGNE ?



- **Association loi 1901** reconnue d'intérêt général, créée en 2015
Siège social à Vannes
- **Mission** : Laboratoire citoyen d'idées et d'actions pour anticiper, accompagner, agir de manière concrète, collaborative et positive sur les impacts du changement climatique
- **Objectif** : mobiliser les habitants, les acteurs sociaux, économiques, universitaires, institutionnels et politiques par des actions positives.
- **Outils** : plateforme de communication dédiée, guide Ecocal, réalisations de films et conférences, centre de ressources et outils pédagogiques, locaux de la ville de Vannes (fabrique du climat)
- **Agréments** : Protection de l'Environnement / Jeunesse et Éducation Populaire

CLIM' ACTIONS BRETAGNE EN CHIFFRE

1500
SYMPATHISANTS 

10 MEMBRES
COMITÉ
D'EXPERTS

20 
ADMINISTRATEUR.ICE.S

800 **6**
ADHÉRENTS ADHÉSIONS
DEPUIS 2015 CROISÉES

15 PARTENAIRES
ASSOCIATIFS
PARTENAIRES 
INSTITUTIONNELS

4500 ABONNÉS
SUR LES
RÉSEAUX SOCIAUX

14 COLLECTIVITÉS
TERRITORIALES
ADHÉRENTES

 **1** ENTREPRISE
ADHÉRENTE

6 CDI
2 SALARIÉES PARTAGÉES
1 MÉCÉNAT DE
COMPÉTENCE

RÉSEAUX ADHÉRENTS : FNE BRETAGNE, CRESS, RÉSEAU ACTION CLIMAT, REEB, AMCSTI

NOS ACTIONS

RECHERCHE ACTION

Précarité et climat



SENSIBILISATION

du primaire au lycée



GUIDE ECOLOCAL

Édition d'un guide pratique recensant les initiatives locales et durables. Édition 2025 en cours de réflexion



VERGERS DU CLIMAT

Un guide de formation à la plantation
Un lieu d'échanges et de montée en expertise



RENCONTRES & ÉVÉNEMENTS

30 rencontres mensuelles publiques



FORÊTS CLIMAT ET BIODIVERSITÉ

20 000 arbres plantés



CLIMAT DE FÊTE

7 éditions



CLIM'IMPACT

Programme de sensibilisation pour les entreprises, les collectivités et les associations

FILMS

20 films sur les initiatives locales
10 conférences



SCIC ÉNERGIE RENEUVELABLE

CENTRE DE RESSOURCES & FABRIQUE DU CLIMAT

Livres, outils pédagogiques, 10 actions clés pour mobiliser sur l'Alimentation, l'Agriculture et le Climat.



HABITANTS SENTINELLES OBSERVATOIRE

Sciences participatives
Le carnet de bord des marqueurs du climat

AMBASSADRICES ET AMBASSADEURS DU CLIMAT

NOS PROGRAMMES ET INTERVENTIONS



PLUS DE
50
ANIMATIONS
VARIÉES ET
ADAPTÉES
AUX PUBLICS

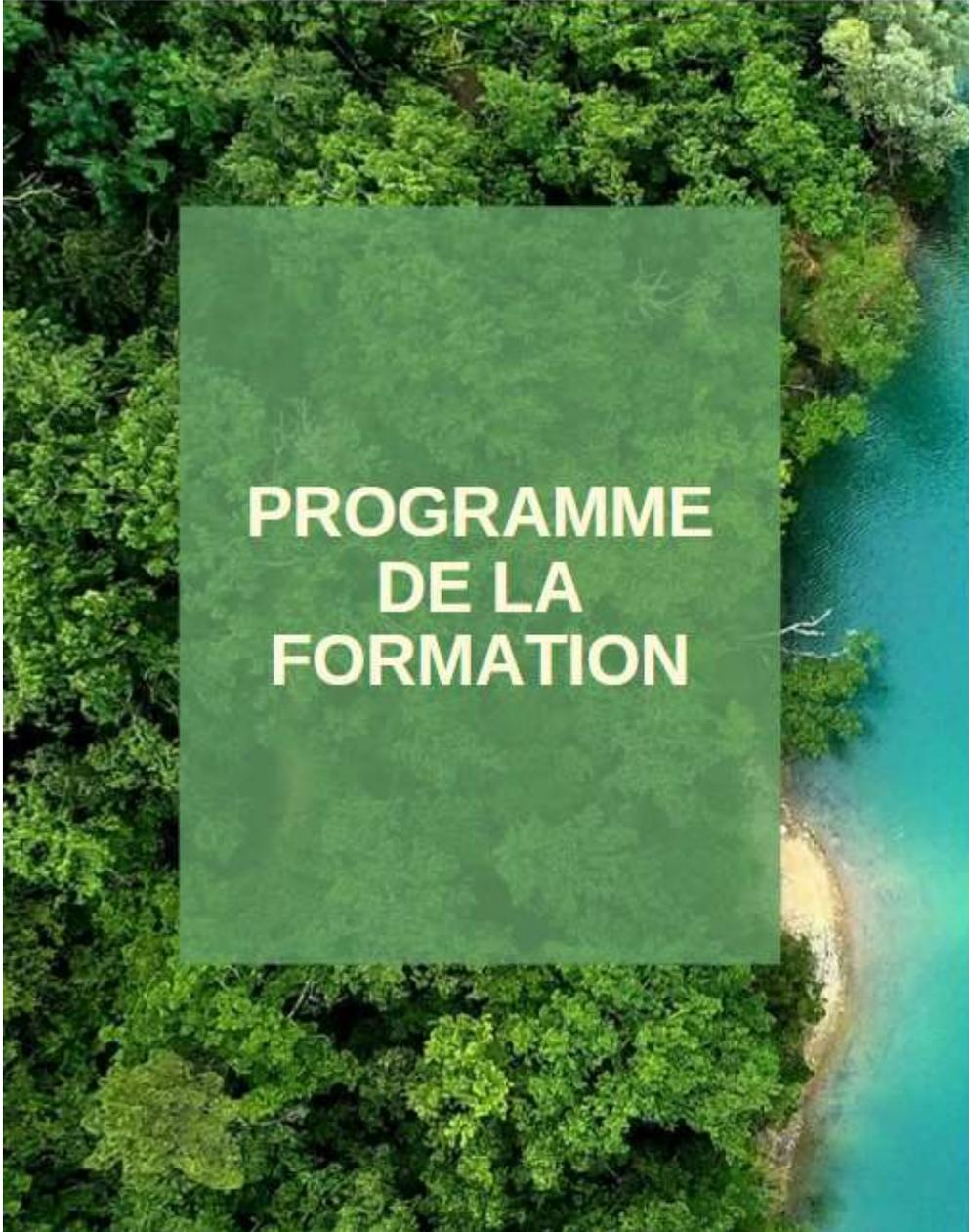


POUR LES SCOLAIRES
(de la maternelle au supérieur)

**POUR LES ENTREPRISES, LES
COLLECTIVITÉS TERRITORIALES,
LES MÉDIATHÈQUES ET LES
CENTRES DE LOISIRS**



Programmes à télécharger sur www.climactions-bretagne.bzh



PROGRAMME DE LA FORMATION



J1 - Tout savoir sur le climat



J2 - Climat et biodiversité (demain)



J3 - Climat et eau (29/01)



J4 - Climat et énergie (30/01 à Malansac)



J5 - Climat et alimentation (3/02)



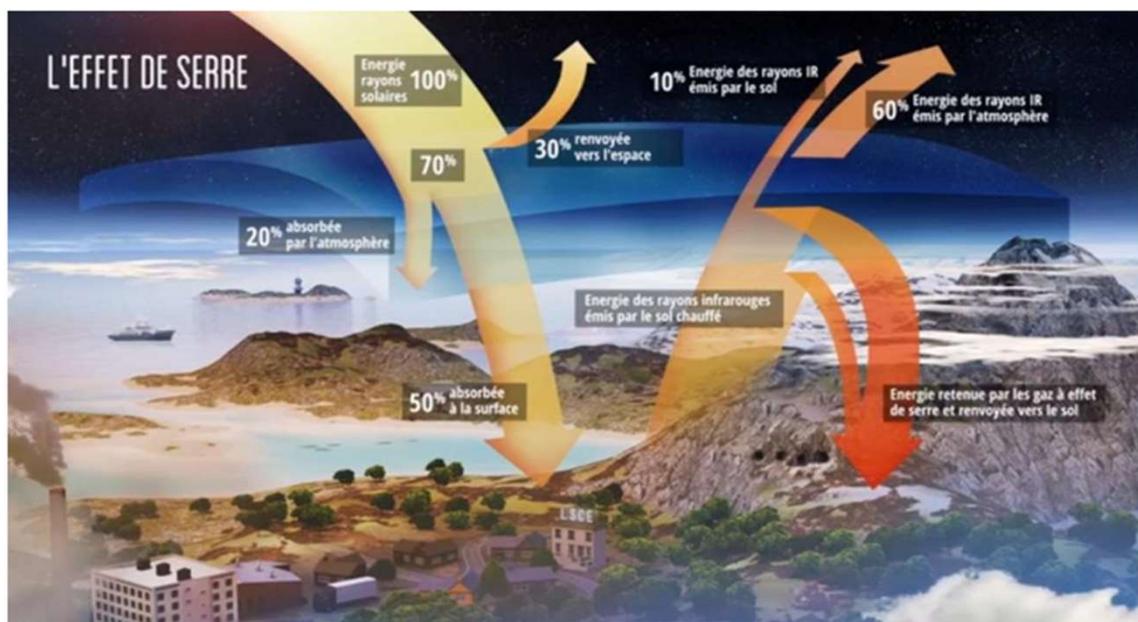
J6 - Climat et santé (4/02)



Climat – Energie et biodiversité

Partie 1: Energie et Climat

Energie-Climat: effet de serre

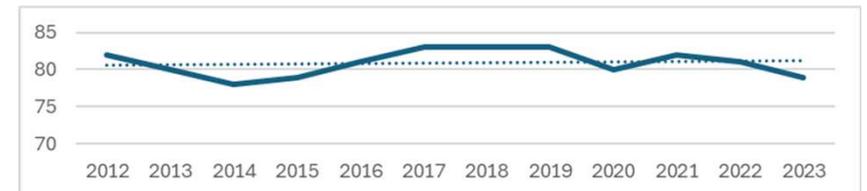
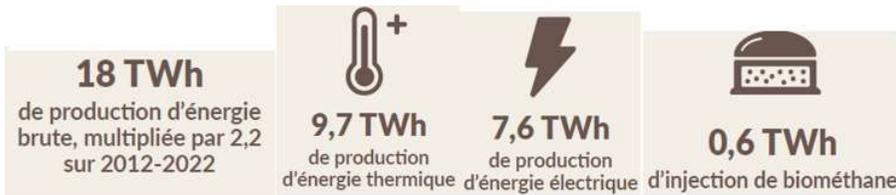
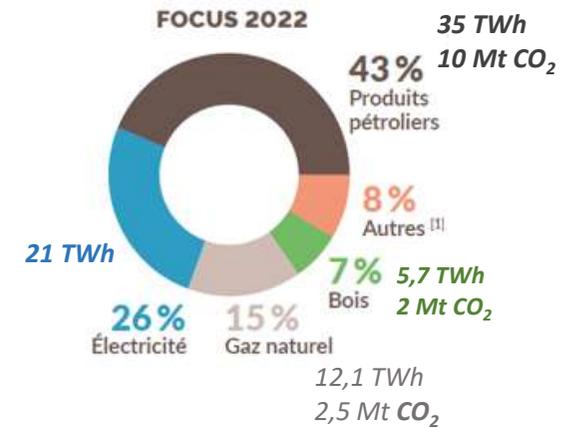
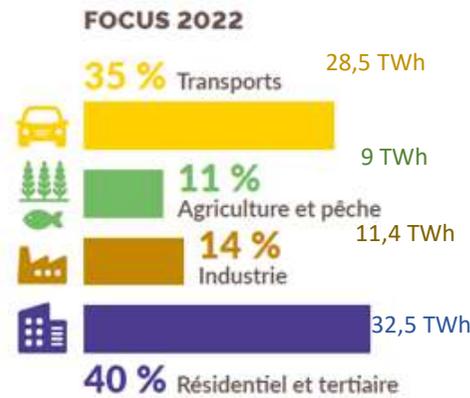


Les gaz à effet de serre (H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , ...) sont ~transparents au rayonnement solaire (longueur d'onde visible) et opaques au rayonnement IR ré-émis par la terre. La chaleur est piégée.

1. Le soleil émet de l'énergie sous forme de **rayonnement visible** et invisible (rayonnements **infrarouge** et **ultraviolet**).
2. Le rayonnement **infrarouge du soleil** traverse l'espace et l'atmosphère terrestre. Il est **absorbé à 70%** par la surface de la Terre, réchauffant naturellement les **sols et les océans**, qui émettent à leur tour un rayonnement infrarouge.
3. Le reste est **réfléchi** vers l'atmosphère sous **l'effet de la réverbération**.
4. Dans l'atmosphère, une partie du rayonnement provenant de la surface terrestre s'échappe vers l'espace.
5. **L'autre partie reste piégée dans l'atmosphère** par les gaz à effet de serre. Ces gaz absorbent le rayonnement et le renvoient vers la surface terrestre



Énergie Bretagne : état des lieux



Scenario référence: 50% réduction conso 2012 en 2050 pour zero émission CO₂.

⁽¹⁾ : impact carbone local # 4t/an/h impact Carbone offshore # 4 t/an/h : produits manufacturés importés et transportés

Energie Climat en Bretagne

INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'ÉNERGIE EN FONCTIONNEMENT EN 2022

⚡ PUISSANCE ÉLECTRIQUE **🌡️ + PUISSANCE THERMIQUE**

1479 MW
dont 472 MW pour la CCG de Landivisiau
697 MW en 2012

420 MW
93 MW en 2012

1289 MW
742 MW en 2012

408 MW
130 MW en 2012

276 MW
277 MW en 2012

39 MW
8 MW en 2012

47 MW
13 MW en 2012

29 MW
31 MW en 2012

160 MW
151 MW en 2012

14 MW
0 MW en 2012

402 MW
209 MW en 2012

5 700 MW
4 900 MW en 2012

Estimation

2 900 MW
600 MW en 2012

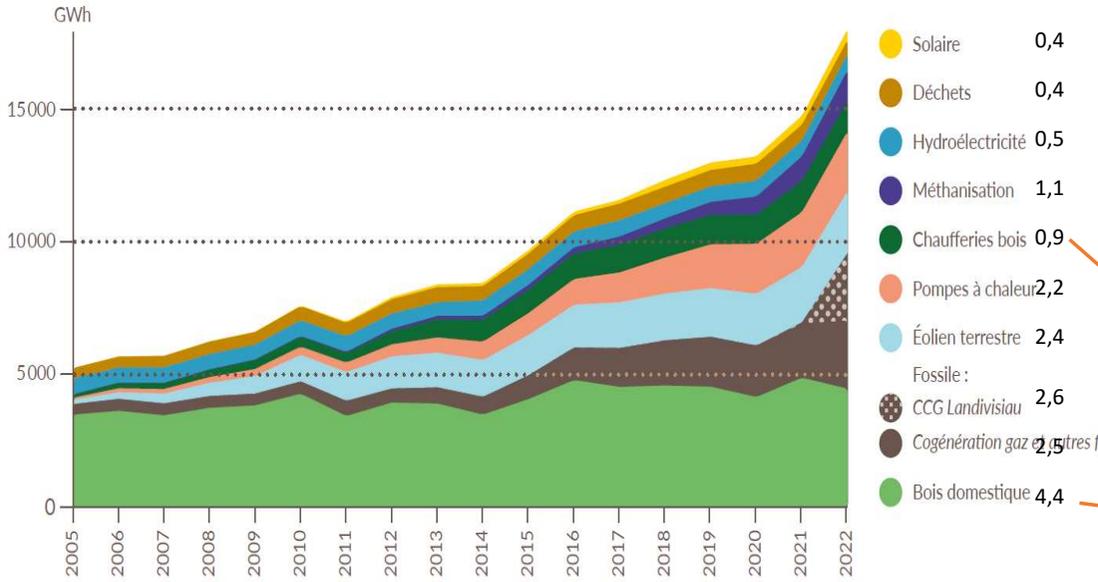
Estimation

Exploitation 1500 h

Exploitation 800 h

COP 2à4 : Conso 1000 MWe?

Production bretonne totale 2022 : 18 TWh



Energie et climat

émissions CO2 Energies fossiles: quelques chiffres

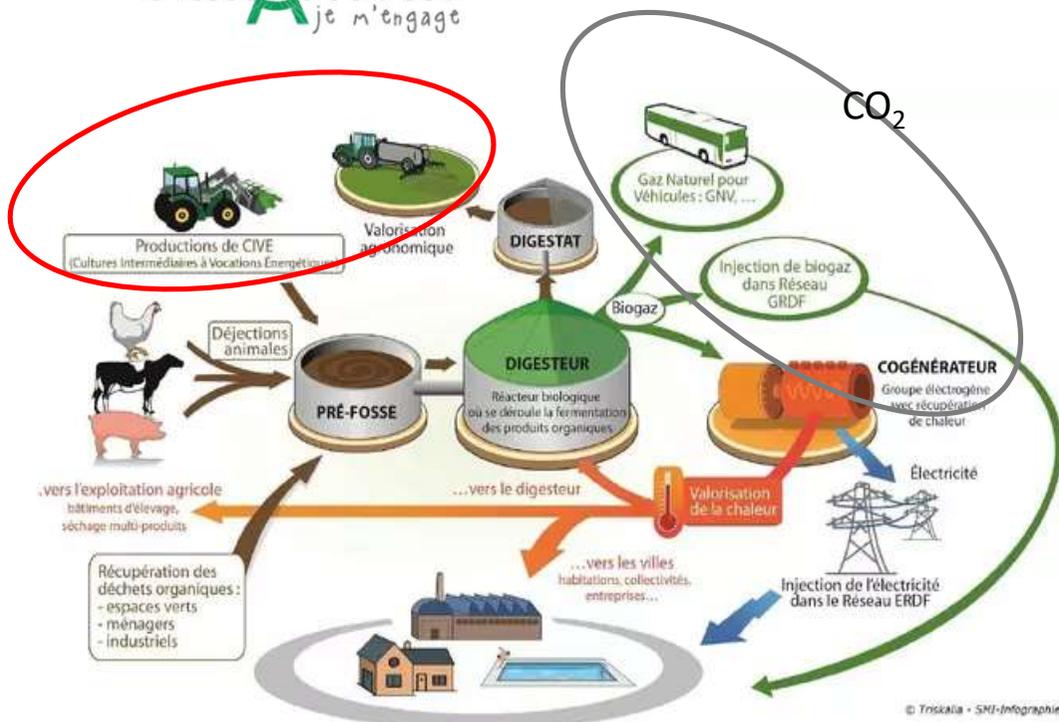
		12	1		44				pouvoir calorifique			
		C	H	M C _n H _{2n+2}	M CO ₂	kg CO ₂ /kg	densité (kg/l)	kg.CO ₂ /l	kWh /Nm ³	kWh /kg	kWh /l	kg CO ₂ / kWh
Hydrogen			1		0	0		0		33		120 MJ/kg
Charbon	C	1		12	44	3.66				9.5		0.385
methane	CH ₄	1	4	16	44	2.75			10	14		0.196
butane	C ₄ H ₁₀	4	10	58	176	3.03			30.4	12.7	7.4	0.239
propane	C ₃ H ₈	3	8	44	132	3.00			23.7	12.8	6.6	0.234
essence	C ₇ H ₁₆	7	16	100	308	3.08	0.75	2.31			9.2	0.251 42MJ/kg
gasoil	C ₂₁ H ₄₄	21	44	296	924	3.12	0.85	2.65			9.2	0.288
Bois /gran	CH _{1.44} O _{0.66}									5		0,030-0,350

Bretagne : 35 TWh produits pétroliers > 10 Mt CO₂, 12,1 TWh « gaz » > 2,5 Mt CO₂

Energie et climat

La méthanisation est-elle une EnR?

Question en débat



Revenu des agriculteurs

Détournement de surfaces agricoles

Génération de CH₄ « gaz naturel » dont l'usage produira du CO₂.... **Ennemi du climat**

Cycle CO₂ <> capture / émission neutre ? : temporalité

On compte sur la végétation (plantations...) pour capturer le CO₂..... > Pourquoi le remettre en circulation ?

....

Y a t il une option simultanée pour les agriculteurs et pour l'environnement ?

Enfouissement des résidus agraires et herboux
« Remise au sol du CO₂ » (SOLAGRO, ...)
<> régènerait le cycle naturel

Q ? Supprimer les émissions de CO₂ dans les transports

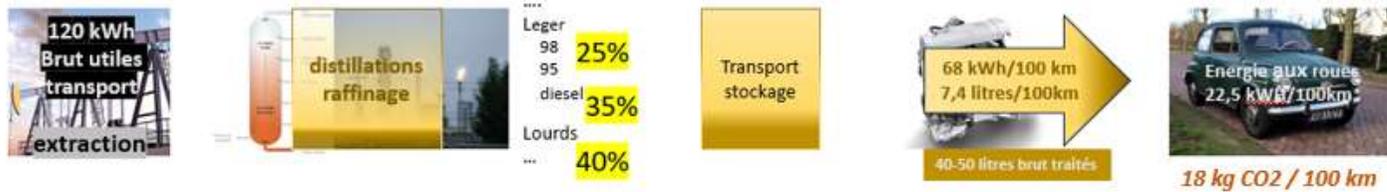
- 450 milliards de km parcourus en VL /an en France
 - 6l/100 km **67 Mt de CO₂ émis** : rendement « moteur » 30-35%
- 50 milliards de km parcourus en PL/an en France
 - 30-35l / 100 km **40 Mt CO₂ émis** : rendement moteur 30%
- **Moins de km parcourus + moins de CO₂ émis par km parcouru**
 - Réduction drastique de consommation émissive des véhicules
 - Rêves officiels VL 2L/100 km PL 15l/100
 - soit diminuer de plus de 50% les pertes thermiques et mécaniques
 - Résiduel émissions de CO₂ : **42 Mt de CO₂**!
 - Carburant de synthèse ? : coût probablement prohibitif, énergivore
 - **Toute combustion d'une chaîne carbonée produit du CO₂**
 - **électrification** > **stockage / transportabilité** > Batteries ou hydrogène ??



Le besoin breton net « au roues » serait de 10 TWh

Gain: -18,5 TWh

Pétrole

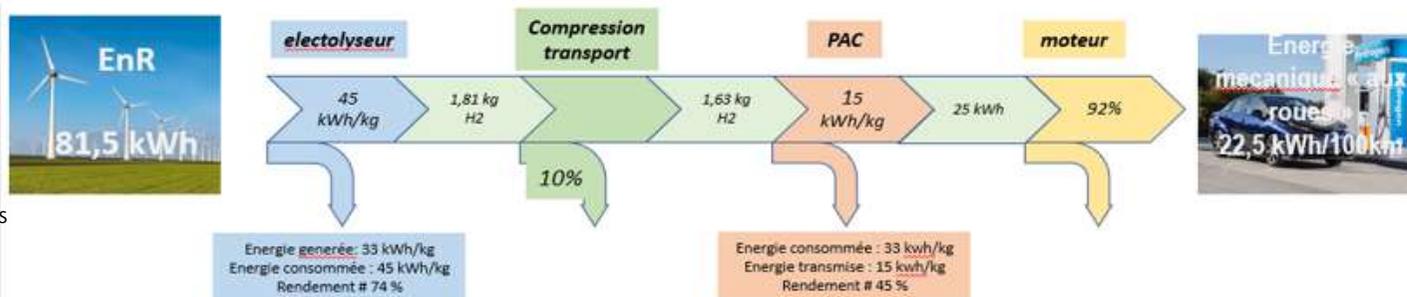


Electricité nucléaire (hors extraction enrichissement preparation et traitement déchets / infra)



EnR

Hors réseau RTE ENEDIS



Combien pour 100 km? : comparaison pétrole, Electrique nucléaire, électrique-hydrogène

Q ? Supprimer les émissions de CO₂ du chauffage énergies fossiles/domestique bâtiments



ISOLATION de l'existant

ECO-CONSTRUCTION du neuf

matériaux, architecture, BEP

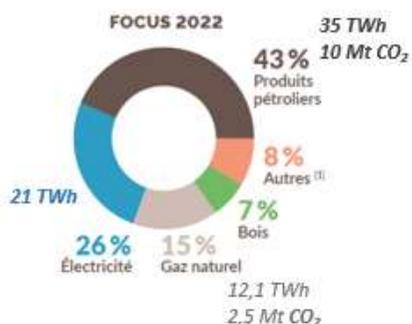
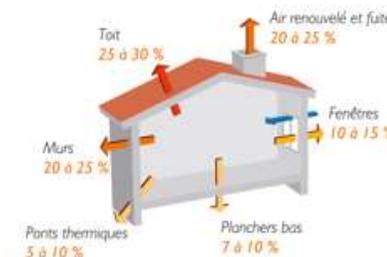
Privilégier la construction collective au lieu du pavillon individuel

ALTERNATIVES gaz et fuel:

- Pompe à chaleur > électricité (cop 3)
- Radiateur grille pain > radiateur radiant
- Bois, granulés (CO₂) : **5,1 TWh₂₀₂₂ > 10 TWh₂₀₄₀ ?**
- Solaire thermique (chauffe-eau)
- Réseaux de chaleur : **potentiel citadin ?**

bâtiments multi-logements (2-3 niveaux) citadins

Dépense moyennes pour une maison d'avant 1975 non isolée



Un gain de consommation 30% est estimé possible en retour d'expérience

solde besoin breton : 20 TWh gain : -12,5 TWh

Sources énergies : électrique / non électrique : estimation # 10 TWh chacune

Production éolienne (GWh) et facteur de charge mensuels (%)



Production solaire (GWh) et facteur de charge mensuels (%)



Source : panorama de l'électricité renouvelable – Sept 2018 – EDF Enerdis

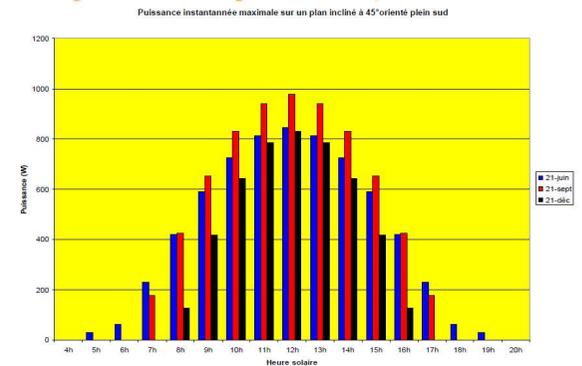
Intermittence: Cyclique saisonnier complémentarité

Complémentarité
solaire-éolien

Rapport Energie solaire
1 à 3 hiver / été

Surface max ou
stockage été / hiver?

Comparaison de la puissance reçue selon la saison



- La puissance maximale atteinte en hiver est équivalente à celle qu'on peut obtenir en été
- Ce qui change entre l'été et l'hiver n'est donc pas la puissance maximale, mais la durée du jour

Les données d'ensoleillement

Irradiation (en MJ/m² ou kWh/m²)
énergie incidente sur un plan donné par unité de surface



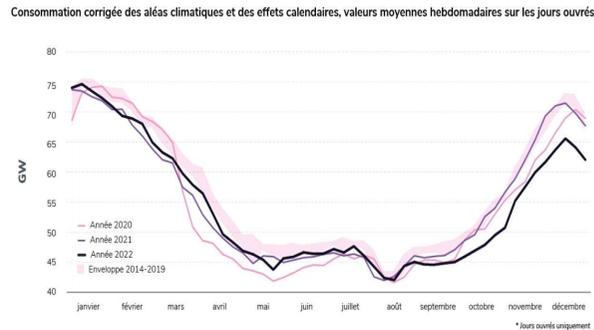
(valeurs en kWh/m².j) soit 1460 kWh/m².an à Toulouse et 1095 kWh/m².an à Lille

Bruno FLECHE

Énergies renouvelables - Solaire Thermique

variabilité demande/fourniture : besoin de stockage grande échelle

Variabilité de la demande électrique



Variabilité de la demande énergétique:

Rapport 3 mini/maxi sur l'année de demande **électrique**

Hors part transport H₂ et Bâtiments réseaux chaleur&bois

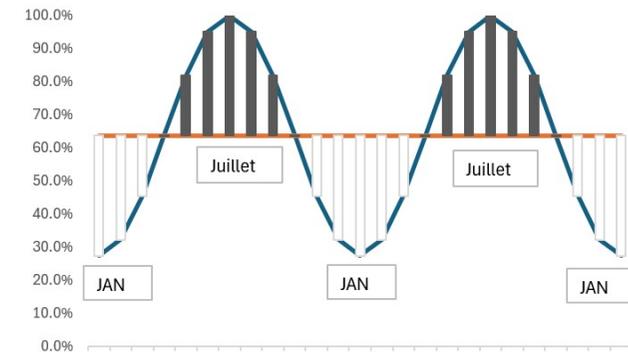
Variabilité des fournitures EnR (Eolien, PV)

Rapport 3 entre mini/maxi de production sur l'année

Difficile de calibrer les installations d'énergies renouvelables au réseau sans risquer surproduction et gaspillage.

⇒ **développer des dispositifs de stockage à grande échelle**

⇒ **# 10-15 TWh à stocker en Bretagne**

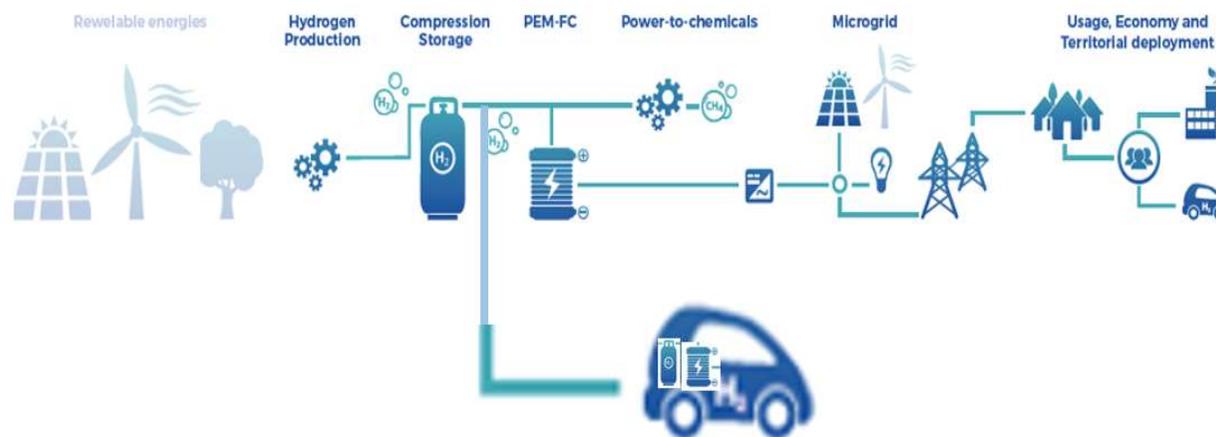


Stocker ~30% de la moyenne annuelle de l'été vers l'hiver

STEP: réseau



Conversion stockage **hydrogène** : Réseau et mobilité



Batteries: réseau et mobilité

capacité, poids, volume

257 Wh/litre 200 Wh/kg (TESLA Y : batterie 700 kg, **65 kg de Li**, 150 kWh, 500 km)

Bretagne : Stocker 15 TWh (30% du besoin post migration transport / frugalité bâtiments)

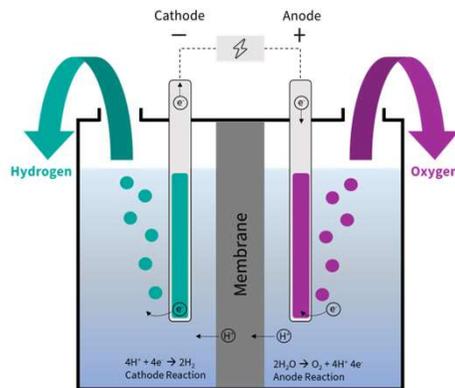
>> 7,5 10⁹ kg de batteries

>> 7,5 10⁶ tonnes de batteries, **0,75 10⁶ tonnes de Lithium**

Infaisable avec les technologies et matériaux actuels

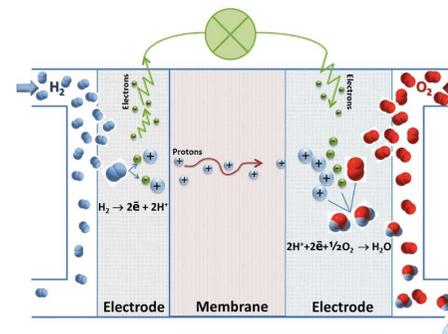
autres dispositifs de stockage: volants d'inertie, STEP « état solide » supercondensateurs,, etc ...

Electrolyse de l'eau



Piles à Combustible

- AFC (Alcaline Fuel Cells) : T : 65 et 90 °C ρ 50 %.
- PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cells) : T 20 - 100 °C, véhicules et petites installations
- DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) : piles au méthanol,
- PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cells) : T 150- 210 °C. Fct en cogénération. structures stationnaires P qqes MW
- MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells) : KCO3 / Li T 600 -700 °C. ρ 60 à 80 %. structures stationnaires P qqes MW
- SOFC (Solid Oxyde Fuel Cells) : piles à oxydes solides T 800-1000 °C stationnaire



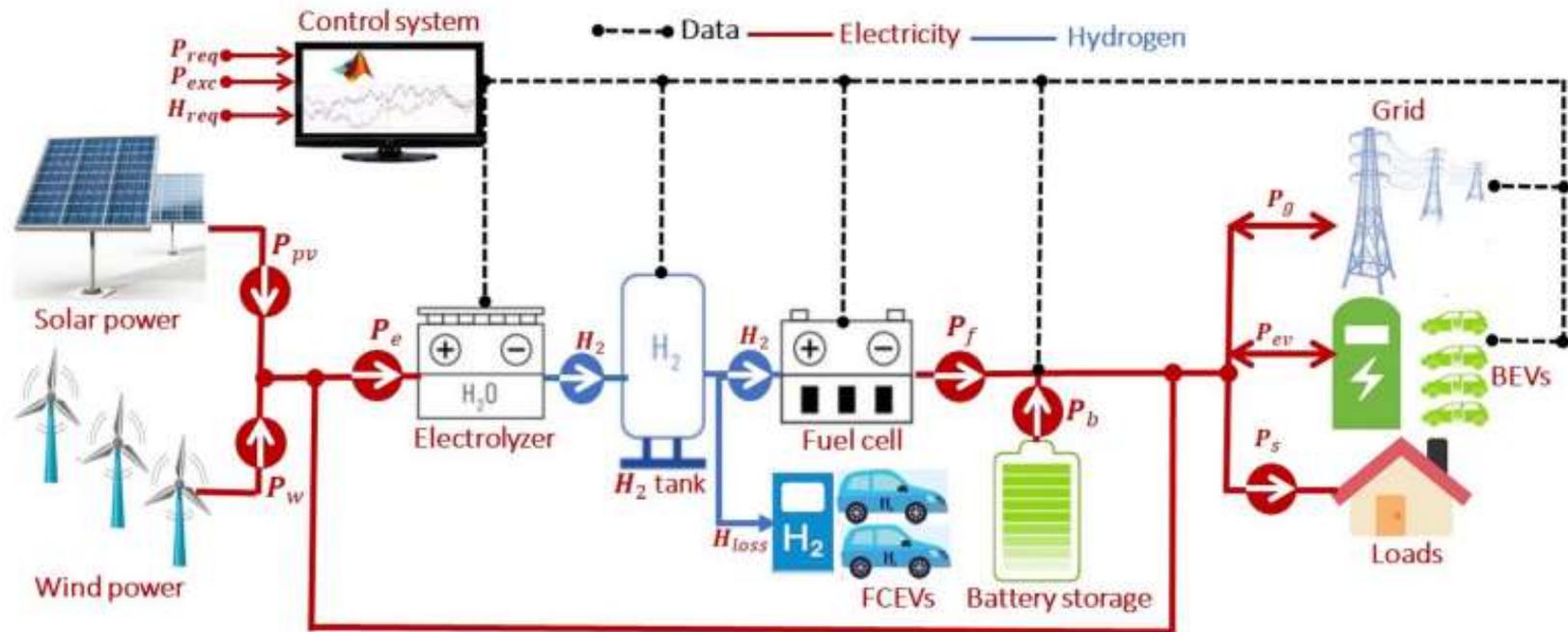
Echange de Proton
proton exchange membrane fuel cells

- **L'hydrogène noir** : le plus émetteur en CO₂, produit à partir de **charbon**. (C converti en gaz avant d'être transformé en hydrogène).
- **L'hydrogène gris** : le plus courant et le moins cher à produire (?), fabriqué à partir du vaporeformage du gaz, d'origine fossile (**CH₄**) ou méthanisation (**CH₄**), émetteur de GES (CO₂,..) moyen de production non écologique.
- **L'hydrogène bleu** : Dérivé de l'hydrogène gris, associé à un dispositif de **captage** et de stockage du CO₂ produit (CSC). Considéré comme un hydrogène « bas carbone », **100 % propre ?**.

• **L'hydrogène vert** : est produit à partir **d'électricité d'origine renouvelable** grâce à l'électrolyse de l'eau. Particulièrement vertueux, : devrait être la cible de toute préoccupation et financements des gouvernements.

• **L'hydrogène rose** : par électrolyse de l'eau alimenté par électricité d'origine **nucléaire**. Énergie fossile, limitée, cycle de vie très polluant (mines > concentration > enrichissement > refroidissement (eau) > gestion des déchets, déconstruction des infrastructures,,,))

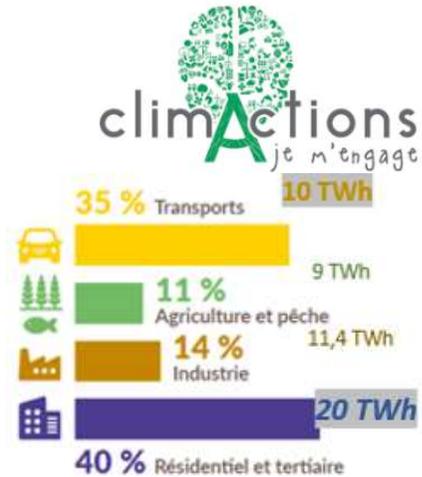
• **L'hydrogène blanc** : extrait du sous sol sous sa forme naturelle. Quelques gisements naturels identifiés, rares gisements exploités dans le monde. Sans doute prometteur, mais quantification et cout d'extraction à confirmer



IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY, VOL. 15, NO. 1, JANUARY 2024 39 A Coordinated Optimal Operation of a Grid-Connected Wind-Solar Microgrid Incorporating Hybrid Energy Storage Management Systems

Energie et climat

Le domaine des possibles: Besoin et potentiel EnR breton



Eolien terrestre: 2023: 2,5 TWh (1000 E, 173 parcs) >> **10-15 TWh en 2050 ?**

Zones exclues du Territoire: 96% exclu **4% territoire éligible = 1000 km² = 100 000 ha -10MW<>5ha**

- ❖ militaire, SETBA, aéroports, radar..) -20%, RTBA : point haut limité à 90 m !
- ❖ Loi littoral (> 1 km depuis marée haute)
- ❖ Zones habitats (> 500 m de tout habitat) , Zone Mt St Michel

Protection de biodiversité

Protection des paysages, Protection du patrimoine

L'examen ZAEnR n'a dégagé aucun potentiel éolien

SANS VOLONTE et CHANGEMENT DE LEGISLATION DIFFICILE D'IMPLANTER DE NOUVELLES EOLIENNES

Exploiter le territoire éligible (potentiel > 60TWh pour électricité et H₂ transport)

TR: Elec / H₂ : H₂ stockable
Batiments : Elec / non Elec

Part Electricité à fournir

Eolien offshore : 15-20 TWh en 2050 ?

Pen Avel : 1+2 # 70E 750 MW : 3 TWh
 St Brieux : 62 E 450 MW : 1,8 TWh

A-t-on capacité et volonté de déployer 5-6 sites EOS dans les 20 prochaines années ...

Solaire: PV et thermique

2023 523 GWh, 2030:1,9GWc, 2050:4.3 GWc

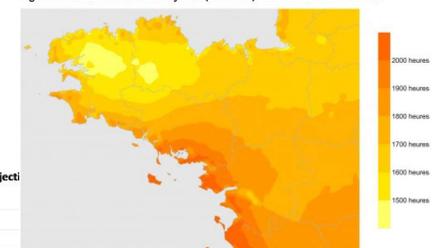
1200 kWh/m²/an

η # 20% 200 kW_eh/m²/an

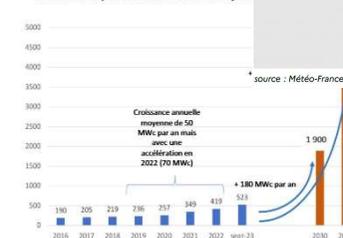
10 TWh <> 50 km²

0,18% du territoire

Figure 2 - Insolation annuelle moyenne (en heures) calculée entre 1991 et 2010



Évolution du parc breton en MWc et objectif



- Climat–énergie-biodiversité sont un seul paradigme
- On ne pourra **maitriser les dérives climatiques** et leurs conséquences humaines, écologiques, économiques, sociétales **qu'à la condition d'arrêter au plus vite les émissions de CO₂ et autres GES** dans l'atmosphère, **donc arrêter de bruler charbon, gaz, pétrole**
- Toutes les solutions fossiles (pétrole, gaz, Uranium, Thorium,...) contribuent à **l'appauvrissement irréversible** de la planète
- Enfouir (mettre au sol) les déchets verts au lieu de les méthaniser > reprise du cycle naturel
- Un scénario **frugalité + substitution** EnR à 100% du **besoin résiduel** est nécessaire
- Le territoire breton a la capacité d'accueillir les surfaces photovoltaïque et les surfaces éoliennes nécessaires
- La variabilité saisonnière des **productions EnR** et celle des **consommations** devront être adressées par un vecteur de stockage : **l'hydrogène, batteries, STEP, ...**
- La solution nucléaire « actuel » est une fausse bonne idée (ressources, déchets, efficacité)

La frugalité est nécessaire - La frugalité ne suffira pas

- L'efficacité des solutions EnR nécessaires doit encore convaincre les citoyens et les élus
- L'acceptabilité des **éoliennes** reste à conquérir
- Le **photovoltaïque** « individuel ou local » se développe mais ne suffit pas
- L'acceptabilité du **Photovoltaïque** « grandes surfaces » reste à conquérir
- La détermination du besoin résiduel (après migration EnR) dimensionne le déploiement EnR
- Activer simultanément (rapidement) tous les leviers de **frugalité** et de passage aux EnR
- Eolien+Solaire > Hydrogène/Batteries/... : premiers vecteurs de la transition énergétique



Partie 2 : Energie et biodiversité

Energie climat biodiversité

biodiversité : La Terre en sur-exposition climatique



- Effet de serre des gaz émis: CO₂, CH₄, NO_x,...
- Montée des températures
 - sécheresse
 - perturbation du cycle agricole
- Fréquence et intensité des tornades
- Montées des eaux >> migration de populations
- Fontes des zones froides > libération additionnelle de CO₂ stocké
- Impacts air, eau, sols
- Impacts biodiversité faune, flore,

- La « présentation Climat » a confirmé le rôle des émissions de GES sur les dérives climatiques
 - La « présentation Climat – Biodiversité » a confirmé l'impact de la dérive climatique sur la biodiversité
 - La « présentation eau et climat » a confirmé l'impact les dérives climatiques, de l'artificialisation des sols et la destruction des haies et taillis sur la difficile gestion de l'eau
 - La « présentation climat énergie » a confirmé que l'origine de ces troubles est dû à l'utilisation pétrole et gaz comme énergie de la plupart de nos activités
-
- **> le recours aux Energies renouvelables, non émissives de CO₂ serait-il la panacée pour restaurer le climat, donc la biodiversité**
 - **Peut-être, peut-être pas, peut-être si.....**

patrimoine ornithologique = révélateur majeur de la dégradation de la biodiversité

Impacts identifiés d'origine humaine:

- d'ordre **indirect** (modification d'environnement perturbant le cycle de vie des oiseaux)
- d'ordre **direct** (mort provoquée des oiseaux par collision, prédateur, empoisonnement...)

LPO US (www.stateofthebirds.org (published in *Science* in 2019) : US & CND have lost 3 billion breeding birds since 1970—a loss of 1 in 4 birds,) ie sur les 4 dernières décades

- perte de millions d'individus
- perte de milliers d'espèces,
- perte de poids moyens des individus rescapés.

principales causes identifiées :

- la prolifération des chats,
- l'utilisation de pesticides par l'agriculture,
- disparition de plus en plus marquée des haies et des zones humides.
- les vitres de bâtiments publics ou individuels,
- les collisions avec les véhicules,



Energie climat biodiversité

biodiversité animale : ornithologie

CNRS-LPO Europe: *Migrateurs perturbés par modification des pressions, des vents, des températures et pressions agricoles*

>> migration a des temps et dans des lieux non propices à la reproduction (absence de refuge et de nourriture)

25% d'individus perdus en 40 ans : 800 millions depuis 1980

L'étude traite ensemble les pressions suspectées d'avoir un impact fort sur la biodiversité en général et sur les oiseaux en particulier:

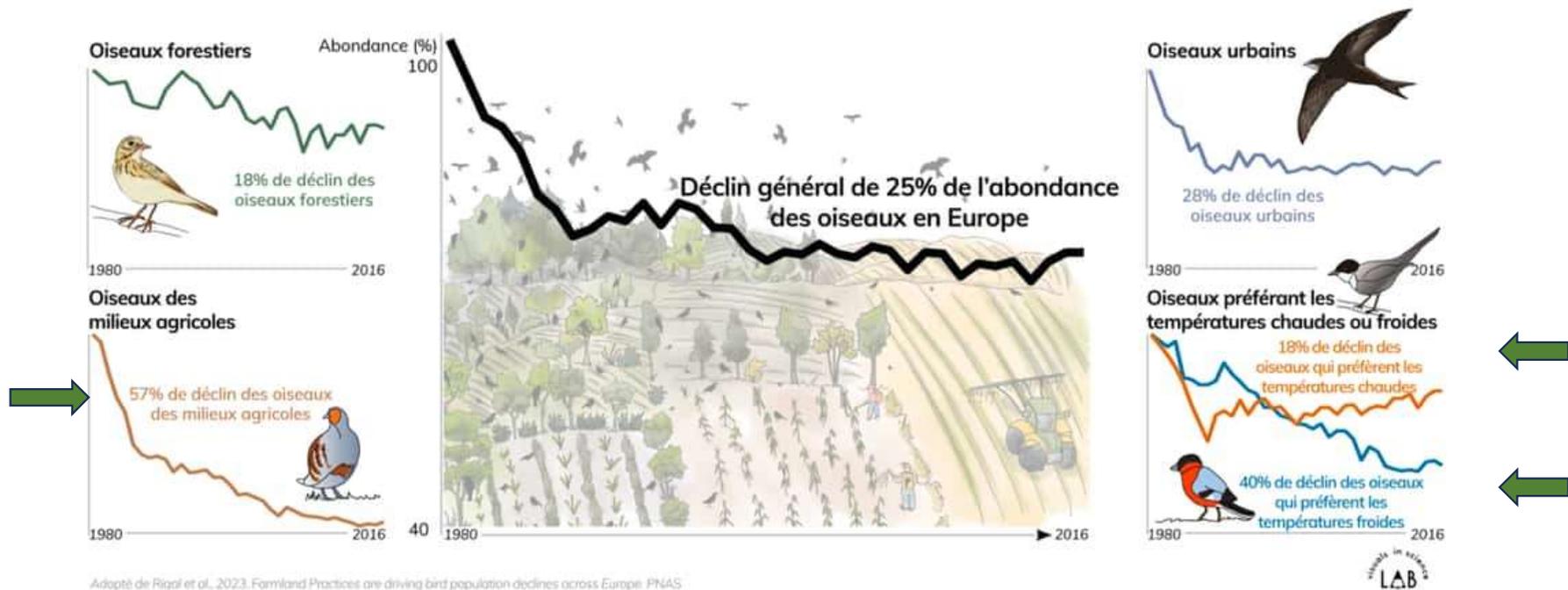
- le changement climatique, la pression d'origine agricole, (engrais et pesticides), le couvert forestier et l'urbanisation.*
- Elle traite ça ensemble là où, avant, on avait une tendance à regarder la fluctuation des abondances d'oiseaux sans vraiment expliquer ni analyser ces fluctuations.*
- base de données absolument inédite. 30 pays, 170 espèces, 50 chercheuses et chercheurs; impliqués sur des protocoles standardisés,*

Vincent Devictor, directeur de recherche au CNRS - l'Institut des sciences et de l'évolution de Montpellier, co-auteur de l'étude sur le déclin des populations d'oiseaux en Europe publié dans PNAS ([Proceedings of the National Academy of Sciences](#)) : Farmland practices are driving bird populations decline across Europe. Rigal, S et al. PNAS, 115 mai 2023. Contacts: vincent.devictor@umontpellier.fr

« TOUT EST LIÉ » : RÉPONSES COMPLEXES DE LA BIODIVERSITÉ AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ET DÉTERMINANTS SOCIO-ÉCONOMIQUES, Thèse Université Montpellier - Stanislas RIGAL nov, 2021

Déclin des abondances de différents groupes dans le temps

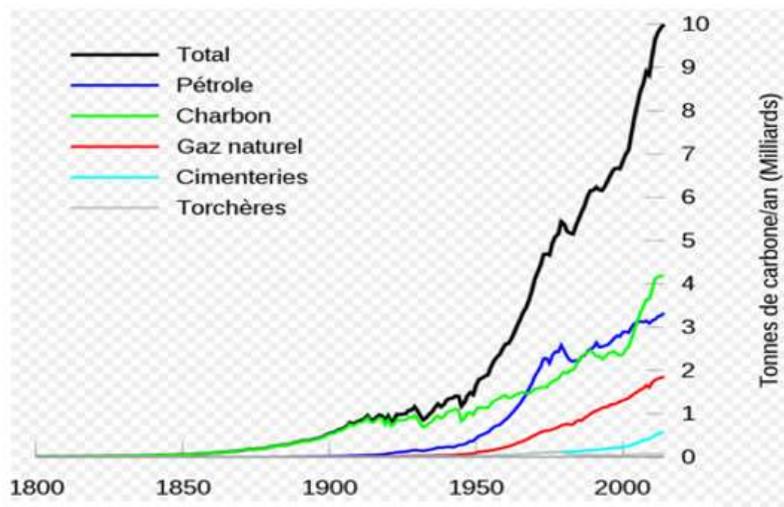
L'intensification des pratiques agricoles et l'augmentation des températures sont les principales pressions qui affectent négativement la plupart des populations



LES TRAVAUX DE CHERCHEURS EUROPÉENS PERMETTENT DE METTRE EN LUMIÈRE LES DIFFÉRENCES DE DÉCLIN DES ABONDANCES DES GROUPES D'OISEAUX. © VINCENT DEVICTOR, CNRS

Energie climat biodiversité

Quelques éléments de corrélation: référence C / CO₂



Emission de Carbone depuis 1800
10Gt C <> 36 GT CO₂ (C: 12 O:16)

Les émissions mondiales de GES:	+40 Gt CO₂ /an
Capacité naturelle d'absorption de CO ₂ : (zones froides, végétation, océans,...)	-10 Gt CO₂ /an
solde	+30 Gt CO₂ /an

Actuellement: **+1000 Gt de CO₂ en excès dans l'atmosphère forment la cavité de l'effet de serre**

Corrélation entre la courbe d'émission de CO₂ et les courbes d'extinction ornithologique issues de l'étude CNRS (V DEVICTOR – S RIGAL)



Energie climat et biodiversité

Quelques éléments de corrélation: haies et talus

CGAAER Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux

1,4 million de km de haies et talus disparus depuis les années 70

Depuis 2017, **23500 km** par an de haies détruites

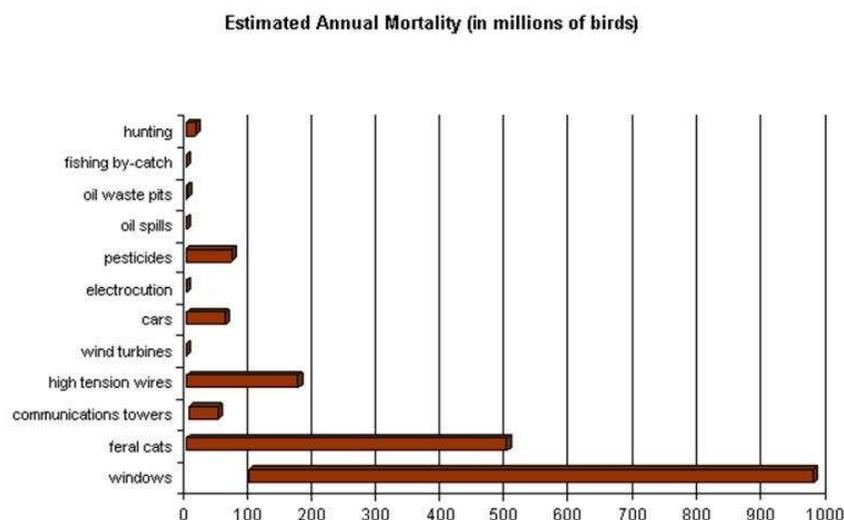
Les haies sont indispensables pour contenir l'assèchement des terres (rétention/pénétration), refuge et sources d'alimentation faune / flore

La « modernité » de l'accès aux grands engins sur des grandes parcelles est une fausse bonne idée,.., destructrice de la biodiversité

2021 : « Plantons des haies » : 50 M€ pour planter **7000 km sur 2021/2022 !**

un des axes forts de Clim'Actions

les grandes causes de mortalité des oiseaux



- la **pollution** sous toutes ses formes
- la **dérive climatique** (vent, pression, températures) sur les migrateurs
- la disparition des **haies**, des taillis et des **zones humides**
- les **pesticides**, surtout les [néonicotinoïdes](#), (migrateurs)
- la **collision** avec **les immeubles**, façades verre, surfaces réfléchissantes
- la collision avec les [voitures](#)
- la [chasse](#), [les chats](#)
- les **pylônes** électriques ou tours de communication

Les éoliennes essentielles à la maîtrise de la dérive climatique, Elles ne sont pas responsables de mortalité massive des oiseaux.

Interdire les éoliennes revient à accepter le massacre des oiseaux et la dégradation de la biodiversité.

Les chats causent environ *10,000 fois plus de morts* parmi les oiseaux que les éoliennes

des précautions doivent être prises lors de l'implantation et l'exploitation des parcs



Energie climat biodiversité éoliennes?.....oui.....Mais....

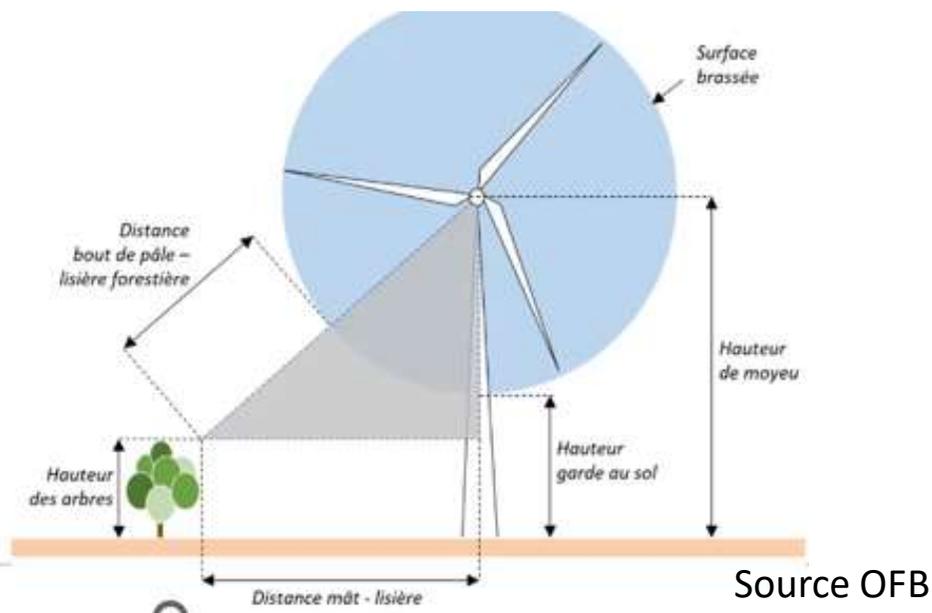
- Eoliennes et faune volante cohabitent sur le même territoire
- Les travaux d'implantation (socle, connections enterrées) impactent faune et flore
- La présence d'éolienne crée dépression et turbulences sous le vent de l'éolienne, selon la forme du parc (aligné, matriciel...) pouvant affecter le vol des oiseaux
- Pendant l'exploitation, différents comportements peuvent arriver:
 - Attraction , répulsion des oiseaux et chauves souris
 - Dérangement des individus, pertes ou déplacement de l'habitat

- Alternatives

- Ne pas déployer le parc éolien
- Prendre des précautions

- éloignement vis-à-vis des habitats « biogènes » > 200 m :
 - milieux forestiers
 - milieux boisés, haies
 - zones humides, littoral
 - sites de nidification, territoire de chasse ou d'alimentation, corridor de déplacement, aire de repos
- disposition et écartement des éoliennes : installation // aux corridors migratoires

Invité)



- Approche: E R C: Éviter, Réduire Compenser

- Ecoconception des parcs



Eco-conception des parcs éoliens terrestres

Compenser



- Ilots de senescences
- Plantation de haies
- Mise en place de pratiques culturales favorables aux espèces impactées (passage au BIO)



- Difficultés foncières
 - Difficultés à compenser tous les types d'incidences dont l d'ha.....

LLY OFB (Invité)

Source OFB 125

- Gestion dynamique, bridage sélectif
- Des études préalables sont nécessaires site par site

Energie climat biodiversité

Eoliennes: pourquoi tant de haine ??



- Ne rien faire tue dix mille fois plus...!
 - Des outils existent, les grandes tailles tournent moins vite, adaptations horaires ...
- **Intermittence** > stockage via vecteur H2 ou batteries
- **Bruyantes** : la distance minimum de 500 m protège du bruit
- NIMBY : oui aux éoliennes, pas chez moi !!
- La region Haut de France concentre 30% des éoliennes, certaines régions quasi rien (cf Indre et Loire)
- L'association Demeure historique, S Bern, etc : des chatelains prêts à tout pour protéger la valeur de leur patrimoine, sans autre réflexion énergétique, écologique sociologique ou économique
- Certains arguments anti-éoliennes sont portés par un égoïsme visuel ou patrimonial, et financé par divers lobbies (Nucléaire, Pétrole,...)
- Ni volonté ni courage politique pour accompagner les projets de déploiements
- **un vrai questionnement et un vrai travail collaboratif doivent se faire localement, projet par projet, sur les conditions de déploiement**

Productivité démontrée
Recyclabilité
Energie stockable



Énergie Climat et biodiversité

éoliennes Offshore

- **Eolien Offshore**

- Sur pilotis
 - Perturbations milieu aquatique pendant les travaux d'implantations
 - Premiers retours positifs St Brieuc et Saint Nazaire
- Flottants (ex Pen Avel AO5 + AO9 = 3 TWh...)
 - Perturbations milieu aquatique pendant les travaux d'implantations
 - Perturbations sonores pendant l'exploitation ?

- Surfaces PV: faune volante, faune au sol et flore cohabitent sur le même territoire
 - Photovoltaïque en toiture (Privé, parking, installations industrielles)
 - Photovoltaïque au sol
- Les travaux d'implantation (socle, connections enterrées) impactent faune et flore
- La présence de surfaces optiques réfléchissantes peut affecter le vol des oiseaux
- L'orientation influence l'impact: Inclinaison faible/forte : effet miroir, appréciation d'une surface d'eau > chocs oiseaux
- Pendant l'exploitation, différents comportements peuvent arriver:
 - Attraction, répulsion des oiseaux et chauves souris
 - Dérangement des individus, pertes ou déplacement de l'habitat
 - Nécessité de clôturer les parcs PV (protection électrique)

Flores et faune favorisées – défavorisées ?



Capture de terres agricoles ?

Appréciation par la faune volante : impression « eau » = choc
Nécessité de clôture (sécurité électrique) > impact sur les déplacements au sol (mammifères, ...)

L'orientation des panneaux solaires influence l'impact

- ❖ Faible inclinaison : ombrage fort (flore), effet miroir, appréciation d'une surface d'eau > chocs oiseaux
- ❖ Forte inclinaison: Ombrage partiel > impact flore : changement de la flore locale, désorientation faune
- ❖ Effet ravinage sous la goutte d'eau > impact flore local
- ❖ Hauteur au sol: Position du point bas : passage des animaux

- ❖ **des précautions doivent être prises lors de l'implantation et l'exploitation des parcs**
- ❖ **un vrai questionnement et un vrai travail collaboratif doivent se faire localement, projet par projet, sur les conditions de déploiement**



Energie climat biodiversité

- Autres EnR

- Méthanisation

- production de gaz CH₄ dont l'exploitation produit CO₂
- affectation ressources foncière, végétation dédiée, intrants pour ces productions
- enfouissement des végétaux serait préférable pour le cycle naturel

- Hydrolien

- Capacité élevée comparé à éolien (densité air / eau)



Energie Climat et biodiversité

Message des Ambassadeurs du Climat (1)

- Dérives climatiques sont dues aux GES issus de la combustion pétrole gaz
- **OUI on doit sortir des énergies fossiles carbonées**
- **OUI on peut sortir rapidement des énergies fossiles carbonées**
- **OUI on doit déployer des sources d'énergies décarbonées**
- La **survie** passe par la décarbonation de nos activités
 - Transport > électrique ... hydrogène, batteries
 - Industrie : capture CO2 émis, chauffage EnR (réseaux chauds, électricité)
 - Bâtiments : isolation, chauffage non émissif (électrique, réseau, pompe à chaleur, bois,...)
 - Agri, marine, trains, TP : passage à source d'énergie transportable : hydrogène
 - Besoin de fortes capacités de stockage temporaire (H2, STEP,)
- **ON DOIT CEPENDANT VEILLER A DES DEPLOIEMENTS PEU IMPACTANT**



Energie Climat et biodiversité

Message des Ambassadeurs du Climat (2)

81 TWh en Bretagne > 40/50..? TWh après conversion à sources décarbonées:

- toutes les EnR « décarbonées » et solutions de stockage doivent être concaténées
- capacité et efficacité de la frugalité ?

Tenir compte des **contraintes de déploiements** photovoltaïques et éoliens, terrestre et offshore (et autres EnR)

Dialogue nécessaire entre porteurs de projets EnR, citoyens, riverains, associations et autorités locales et nationales :

études préalables d'impact à mener et prendre en compte

apprendre à bien déployer mais déployer des EnR....



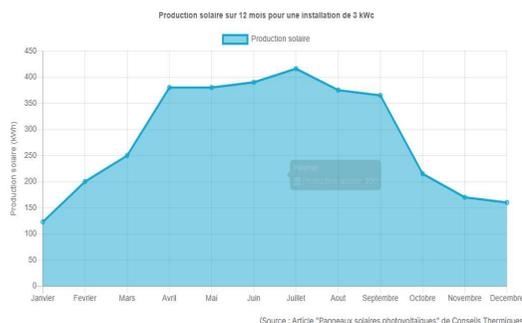
Energie Climat et biodiversité

Merci de votre attention

Energie climat et biodiversité : références et biblio

- Sarah OUEDRAOGO: Développement de Stratégies Optimisées de Gestion de l'Energie Intermittente dans un Micro Réseau Photovoltaïque avec Stockage , these Université de Corse Pascal Paoli, Octobre 2023
- LPO US (www.stateofthebirds.org (published in Science in 2019) : US & CND have lost 3 billion breeding birds since 1970—a loss of 1 in 4 birds,)
- Vincent Devictor, directeur de recherche au CNRS - l'Institut des sciences et de l'évolution de Montpellier, co-auteur de l'étude sur le déclin des populations d'oiseaux en Europe publié dans PNAS ([Proceedings of the National Academy of Sciences](https://doi.org/10.1073/pnas.2211111120)) : Farmland practices are driving bird populations decline across Europe. Rigal, S, et al. PNAS, 15 mai 2023. Contacts: vincent.devictor@umontpellier.fr
- Farmland practices are driving bird populations decline across Europe. Rigal, S et al. PNAS, mai 2023.
- « TOUT EST LIÉ » : RÉPONSES COMPLEXES DE LA BIODIVERSITÉ AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ET DÉTERMINANTS SOCIO-ÉCONOMIQUES, Thèse Université Montpellier - Stanislas RIGAL nov, 2021
- K. Horton et al. [Phenology of nocturnal avian migration has shifted at the continental scale](https://doi.org/10.1038/s41558-019-0648-9). Nature Climate Change. Published online December 16, 2019. doi: 10.1038/s41558-019-0648-9.
- [T.K. Lameris](https://doi.org/10.1111/gcb.13684), et al; Potential for an Arctic-breeding migratory bird to adjust spring migration phenology to Arctic amplification; Glob Change Biol. 2017;23:4058–4067; <https://doi.org/10.1111/gcb.13684>
- Rosenberg et al., ; Decline of the North American avifauna; Science 366, 120–124 (2019) 4 October 2019 (Cornell University)
- F, Porté-Agel1 et al., Wind-Turbine and Wind-Farm Flows: A Review; Boundary-Layer Meteorology (2020) 174:1–59; <https://doi.org/10.1007/s10546-019-00473-0>
- impacts acoustiques des projets éoliens en mer sur la faune marine compartiments des mammifères marins, des poissons et des invertébrés rapport et synthèse , cnrs, 2021
- P. Haessig; Dimensionnement & gestion d'un stockage d'énergie pour l'aénuation des incertitudes de production éolienne These de Doctorat, ENS Cachan, 2014
- R. Le Goff Latimier. Gestion et dimensionnement d'une flotte de véhicules électriques associée à une centrale photovoltaïque : co-optimisation stochastique et distribuée. Thèse, Université Paris Saclay (COmUE), 2016. NNT : 2016SACLN033. tel-01419931

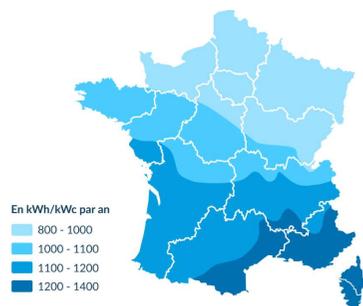
- PV: kWh-KWc: kWh = kW*h; kWc « normalise » la production en fonction de la référence ensoleillement (nominal 1000kWh/kWc): 1 kWc > 900 à 1300 kWh/an



η conversion soleil > électricité cellule PV :15% <> 22%
Soleil Bretagne # 1100 kWh/an/m² >> Elec # 220 kWh/an/m²

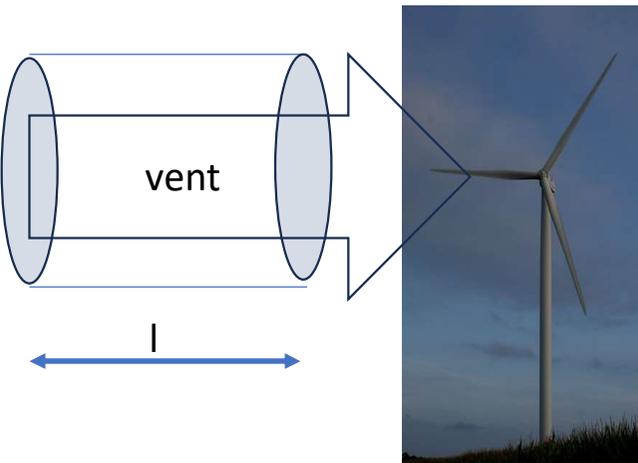
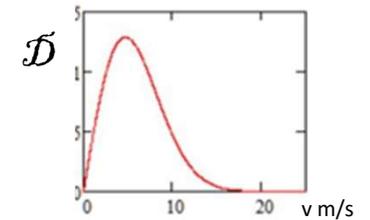
3 kWc produit entre 2700 et 4000 kWh /an, en fonction de l'ensoleillement de la zone géographique, soit **8,3 kWh/j**
3 kWc <> # 14 m² <> 8 panneaux 1,6 m²

Solaire thermique: 400/500 kWh/an/m²



10 TWh / an <> 50 10⁶ m² = 50 km² = 5000 ha

Energie, Climat et biodiversité: annexe Eolien



Energie cinétique incidente : $E_i = \frac{1}{2} m v^2$

$m = \rho l S$

v : vitesse du vent [m/s]

ρ : densité de l'air = 1,2 kg / m³

l : longueur du tube d'air qui traversera la surface de l'éolienne par unité de temps

$l = v \cdot t$

S : surface couverte par les pales : $S = \pi D^2/4, [m^2]$: $= \pi R^2, [m^2]$

D : diametre

$R = D/2 =$ longueur de pale

Energie produite par l'éolienne

$E_p = C_p * E_i$

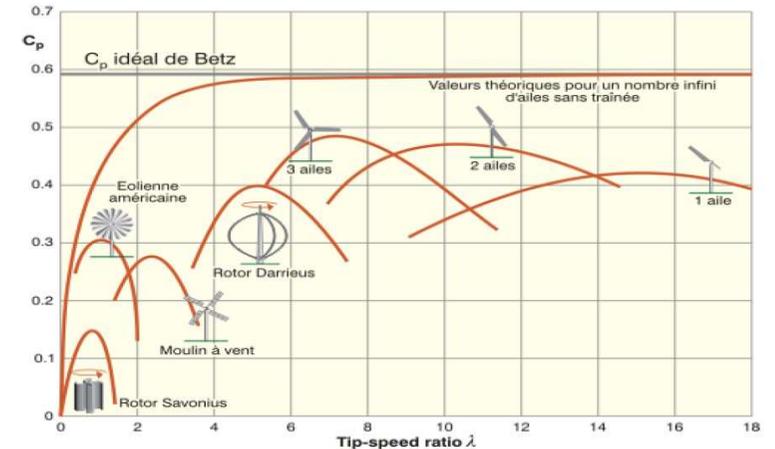
C_p : capacité de l'éolienne à capter l'énergie (pales, ...)

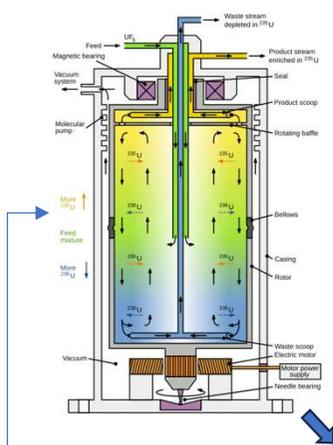
$0 < C_p < 1$ (sinon il n'y aurait plus de vent derrière l'éolienne !!)

C_p tri pale $\sim 0,5$ (coefficient de Betz)

$E_p = 0,5 * \frac{1}{2} \rho (v t) \cdot \pi D^2/4 \cdot v^2 = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot t \cdot \pi \cdot D^2/4 v^3$

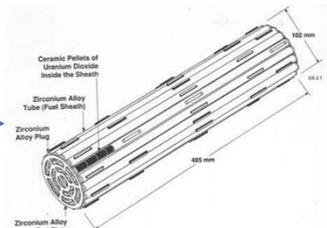
Puissance éolienne $P = E/t = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v^3$





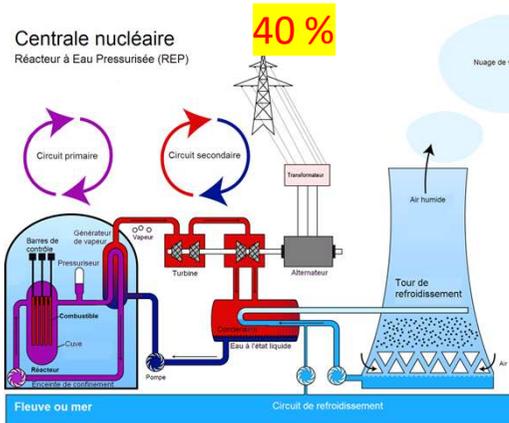
Enrichissement par centrifugation

U_{235} # 5%



quelques kg U / t
 U_{235} # 0,3%

Disponibilité limitée
Chimie acide extraction
Pollution des sols
Interférences politiques



Centrale nucléaire
Réacteur à Eau Pressurisée (REP)

40 %

50 %



10 %

MOX

Pu

U_{238}

PU mil



Déchets
durée de vie

Une industrie de gaspillage
Forte Énergie de mise en forme

CAPEX at OPEX trop élevés
par TWh produit

- Nucléaire n'est pas une solution viable a moyen long terme:
- *10 raisons de ne pas adhérer*
 - *indépendance,*
 - *disponibilité matériau (30 ans?);*
 - *conditions d'extraction minière,*
 - *traitement chimique d'extraction U_3O_8 , raffinage $Na_2U_2O_7$, puis UF_6 pour centrifugation*
 - *enrichissement centrifugation,*
 - *logistique matériau in/out,*
 - *traitement des déchets « trop peu actifs mais encore trop actifs... »,*
 - *decontamination et deconstruction des bâtiments (Brennilis, Chinon,...),*
 - *Coût d'investissement du KWh produit (EPR: 20 Md€ ?)*
 - *Coût d'exploitation-approvisionnement pour 12 TWH/an...)*