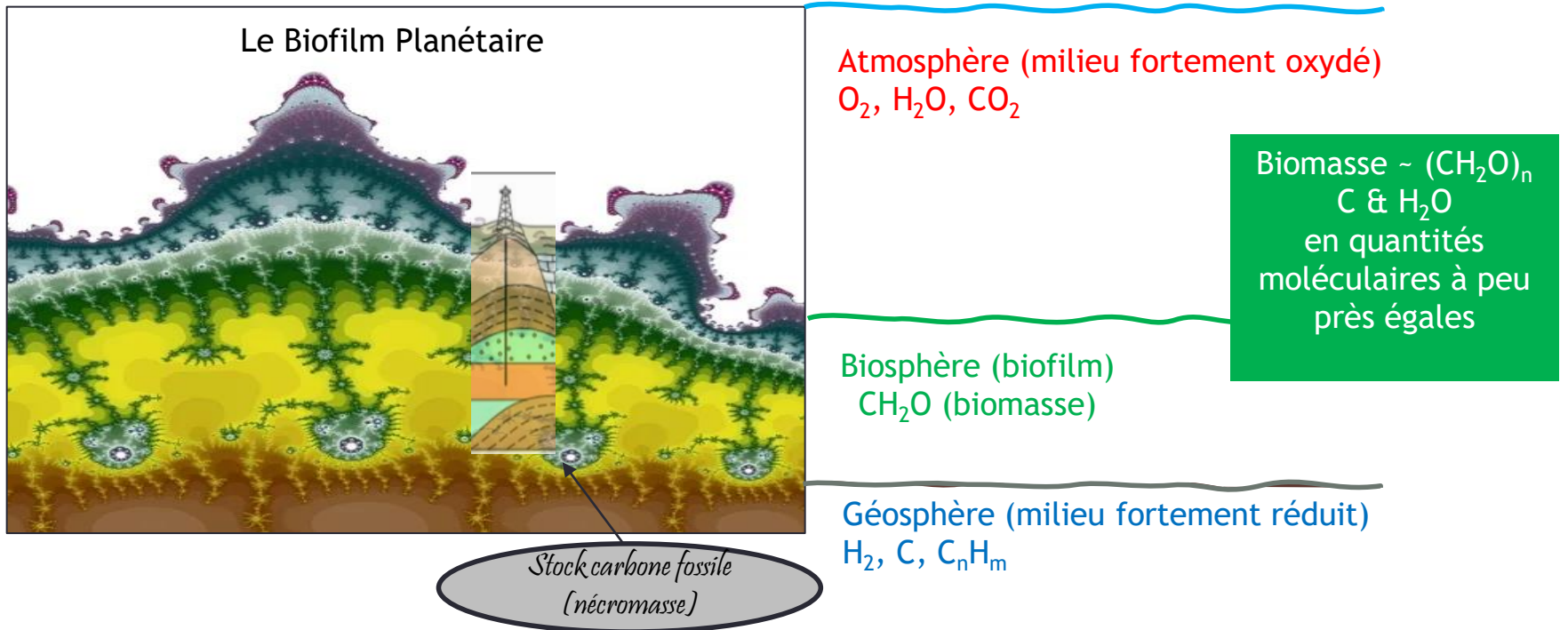


GROUPE DE TRAVAIL H2-CO2 **Transition Bas Carbone / Hydrogène**

Climat/COP28/Bioénergies

PRÉPARÉ POUR L'ASSOCIATION ACP - ENERGIES
27 JANVIER 2023
par Patrick Portolano

Notre vie et l'activité économique des sociétés se déroulent au sein d'un biofilm planétaire(*), qui se développe de la cime des arbres jusqu'à plusieurs km de profondeur sous la surface terrestre



(*) espace régénératif multifractal de dimension inférieure à 3 que les modèles newtoniens des économistes ne savent pas encore prendre en compte

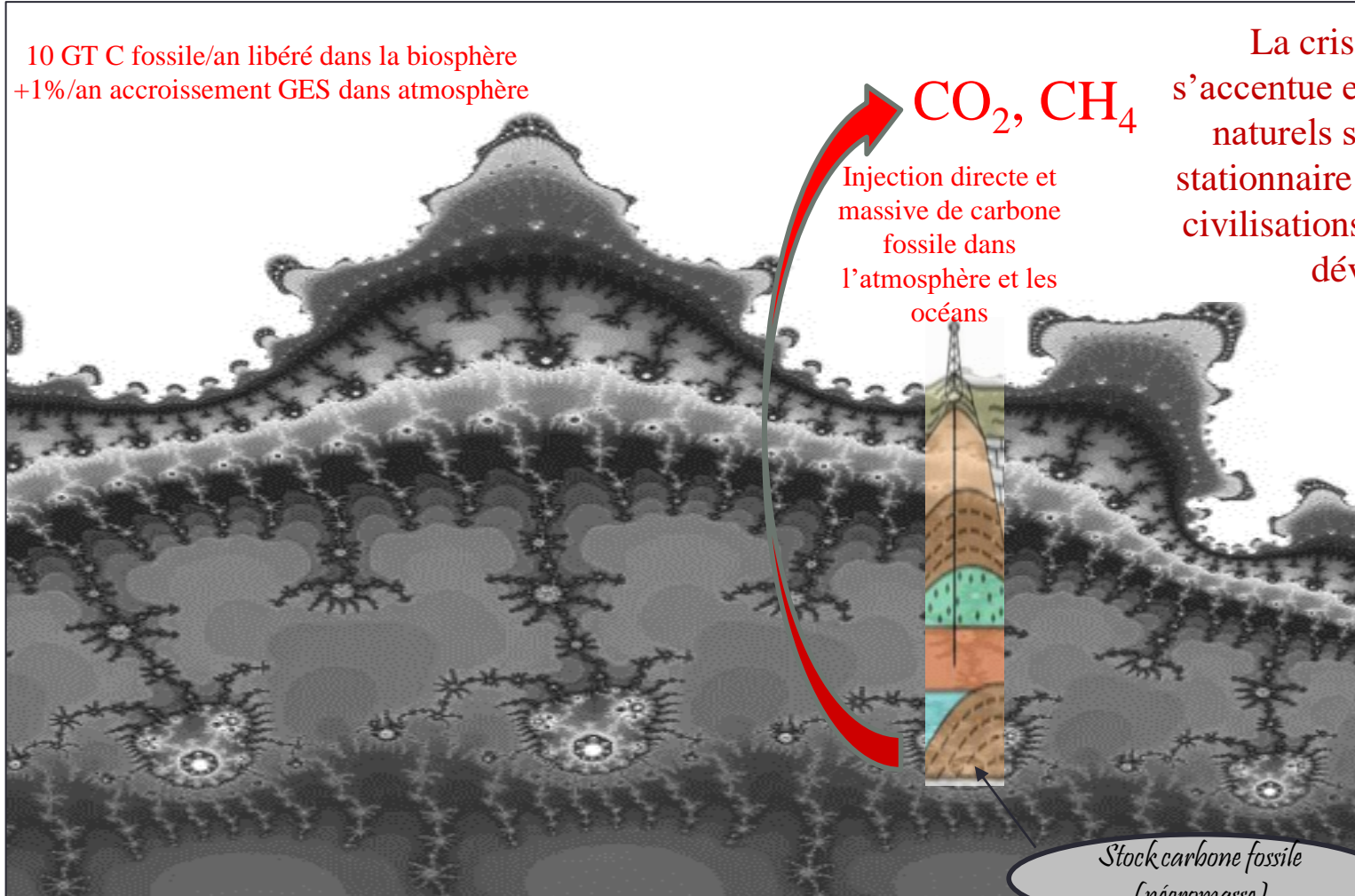
La situation actuelle

10 GT C fossile/an libéré dans la biosphère
+1%/an accroissement GES dans atmosphère

CO₂, CH₄

Injection directe et massive de carbone fossile dans l'atmosphère et les océans

La crise climatique s'accroît et les écosystèmes naturels sortent de l'état stationnaire qui a permis aux civilisations humaines de se développer



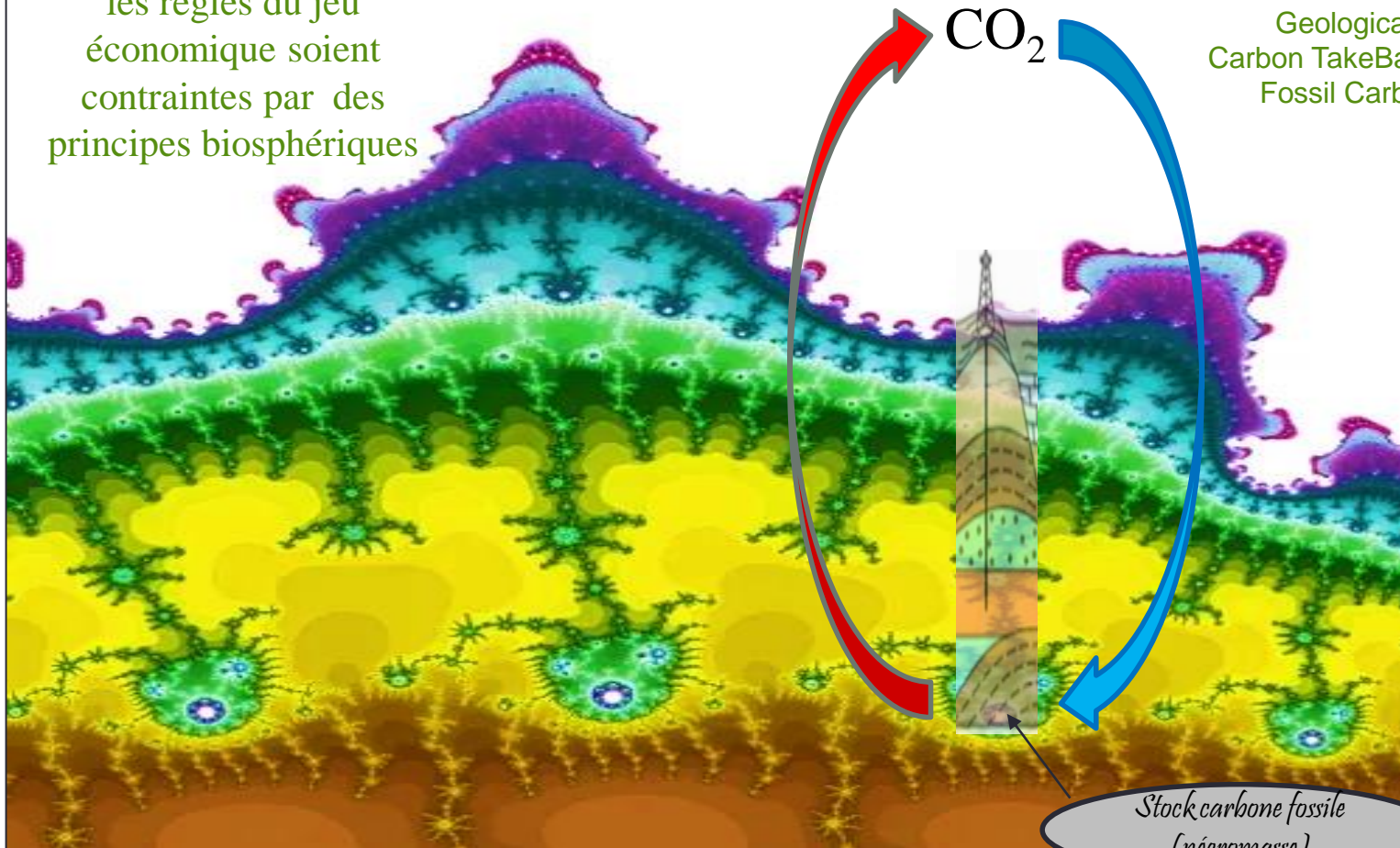
Stock carbone fossile (nécromasse)

Pour arrêter l'aggravation du changement climatique

Il faut agir chacun maintenant et à notre niveau

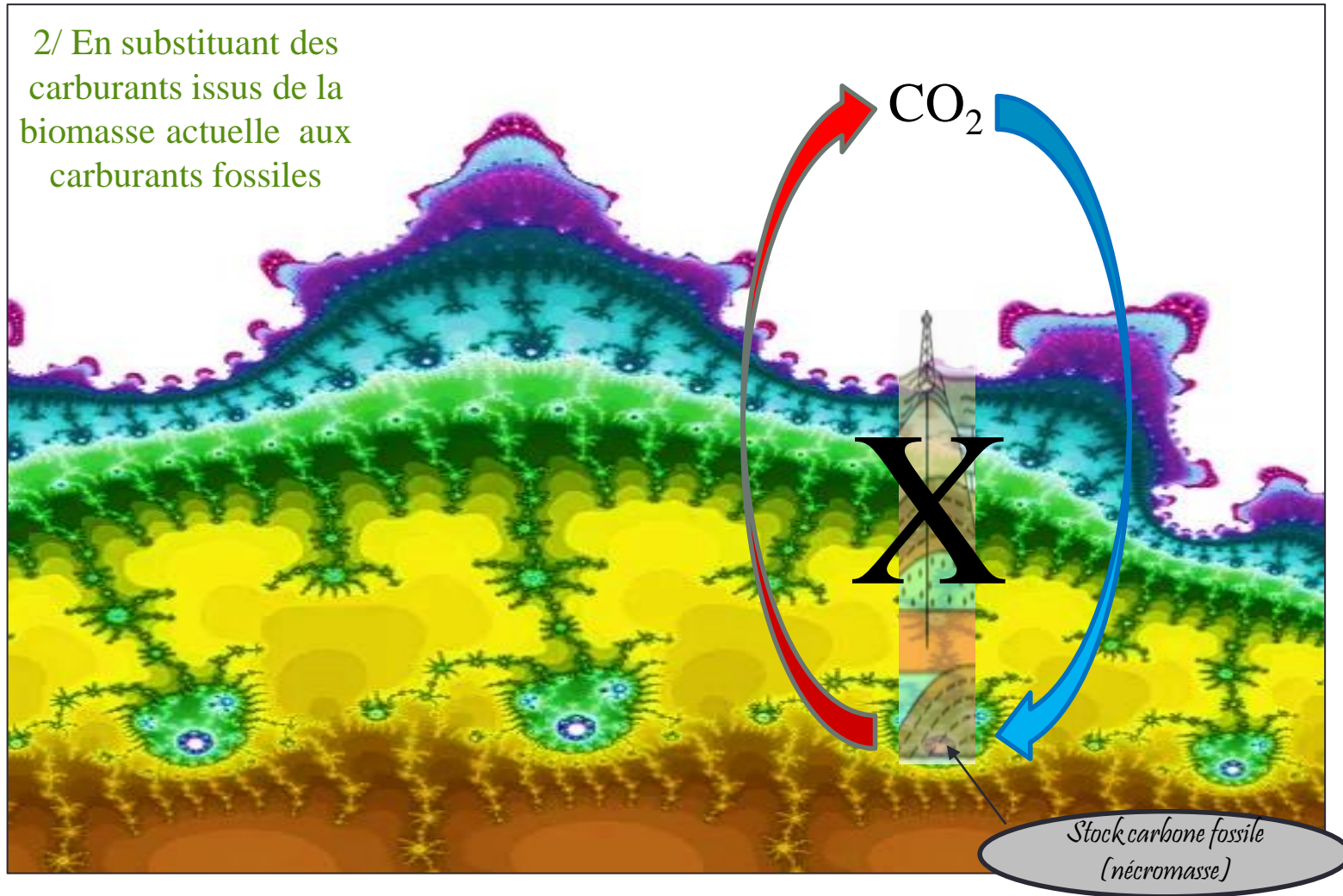
1/ collectivement pour que
les règles du jeu
économique soient
contraintes par des
principes biosphériques

Concepts
Geological Net Zero,
Carbon TakeBack Obligation et
Fossil Carbon Indicator



Pour arrêter l'aggravation du changement climatique
Il faut agir chacun maintenant et à notre niveau

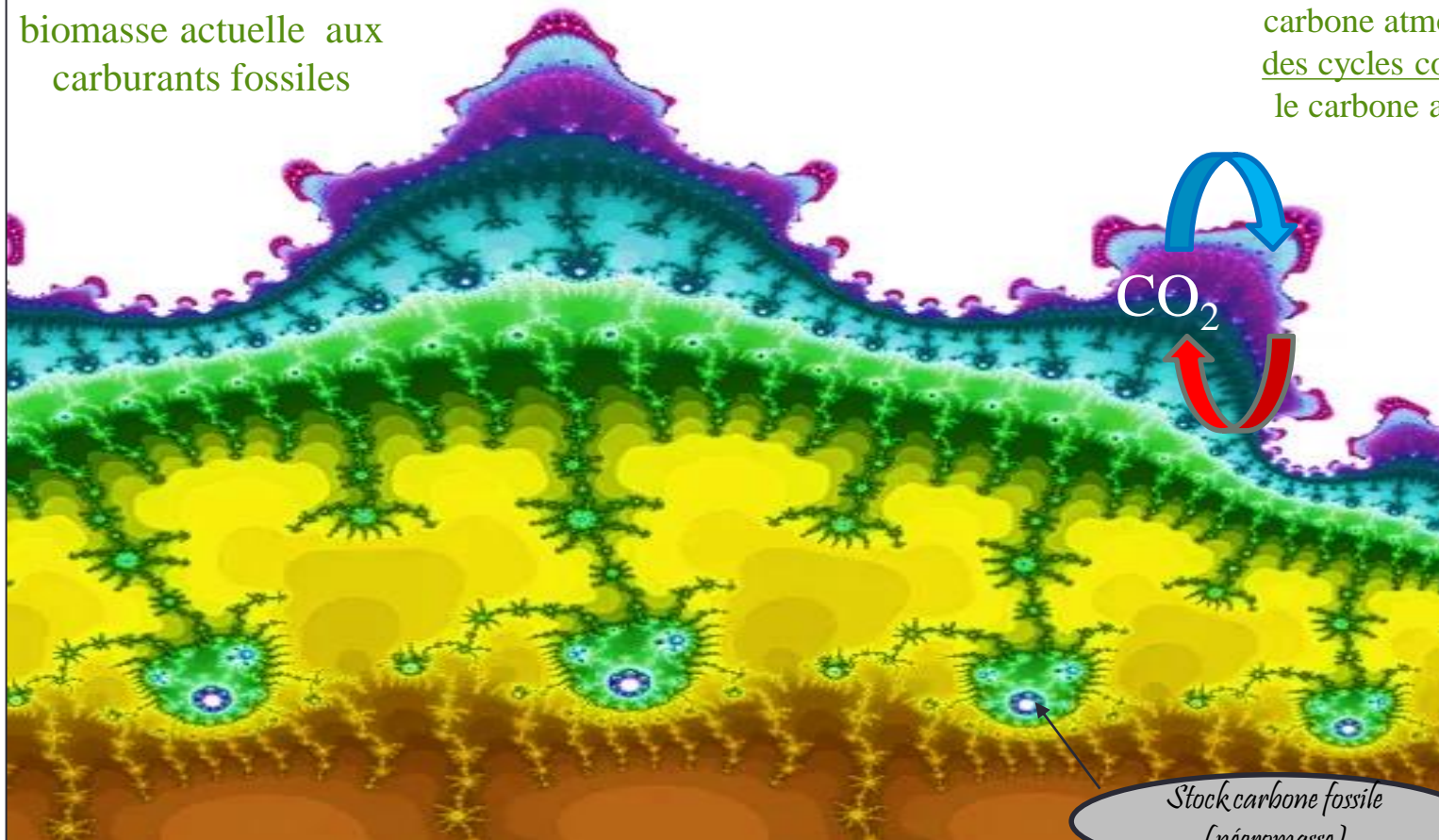
2/ En substituant des carburants issus de la biomasse actuelle aux carburants fossiles



Pour arrêter l'aggravation du changement climatique
Il faut agir chacun maintenant et à notre niveau

2/ En substituant des carburants issus de la biomasse actuelle aux carburants fossiles

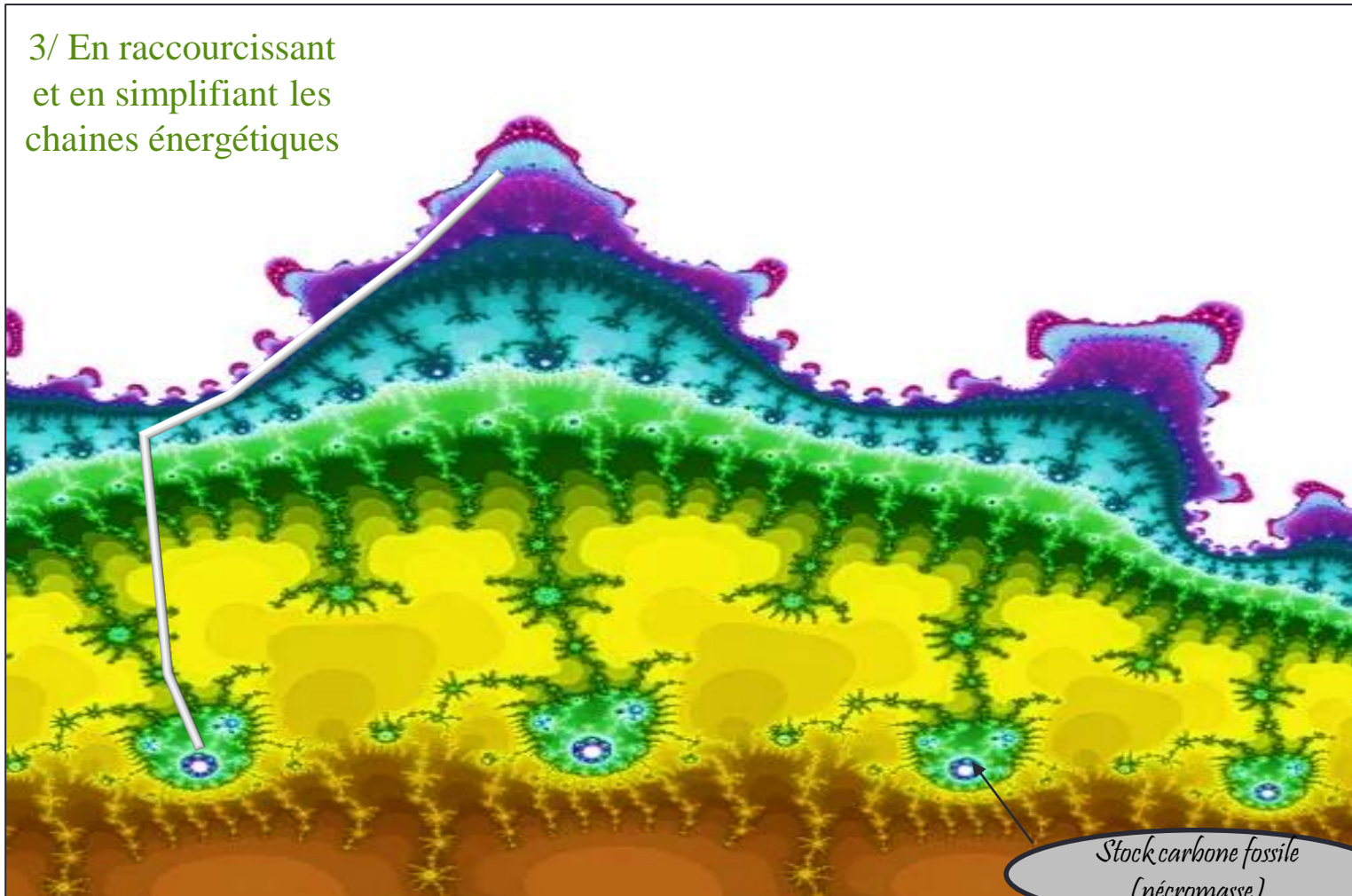
Résultat : remplacement de cycles longs émetteurs de carbone atmosphérique par des cycles courts absorbant le carbone atmosphérique



Stock carbone fossile
(nécromasse)

Pour arrêter l'aggravation du changement climatique
Il faut agir chacun maintenant et à notre niveau

3/ En raccourcissant
et en simplifiant les
chaines énergétiques



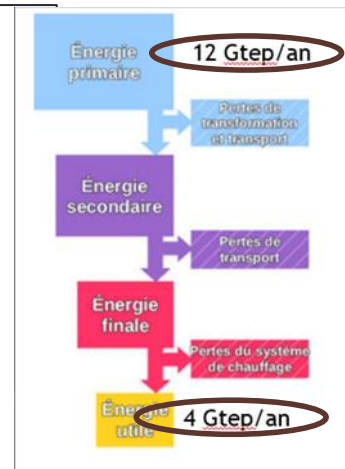
*Stock carbone fossile
(nécromasse)*

Climat/COP28/Neutralité Géologique en Carbone

Pour arrêter l'aggravation du changement climatique
Il faut agir chacun maintenant et à notre niveau

3/ En raccourcissant
et en simplifiant les
chaines énergétiques

1kwh produit/consommé en
local=>2kwh économisés ailleurs



Le système
énergétique
actuel
concentré en
des points de
production
d'énergie à
bas cout a
pour corollaire
une
déperdition de
70% entre
l'énergie
primaire et
l'énergie utile

*Stock carbone fossile
(nécromasse)*

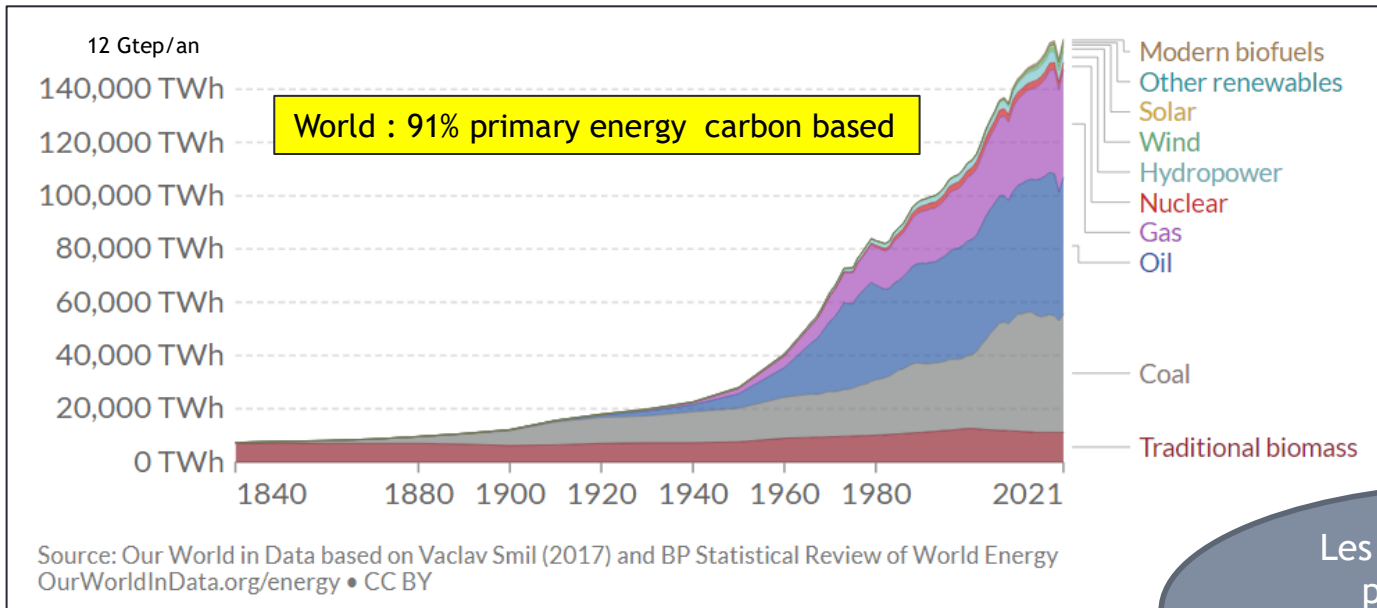


Situation historique et principe de réalité

Situation actuelle

Plus de 91% des énergies primaires utilisées par l'homme sont carbonées et d'origine biologique.

A l'échelle mondiale, chaque nouvelle source d'énergie vient s'empiler sur les énergies existantes au lieu de s'y substituer



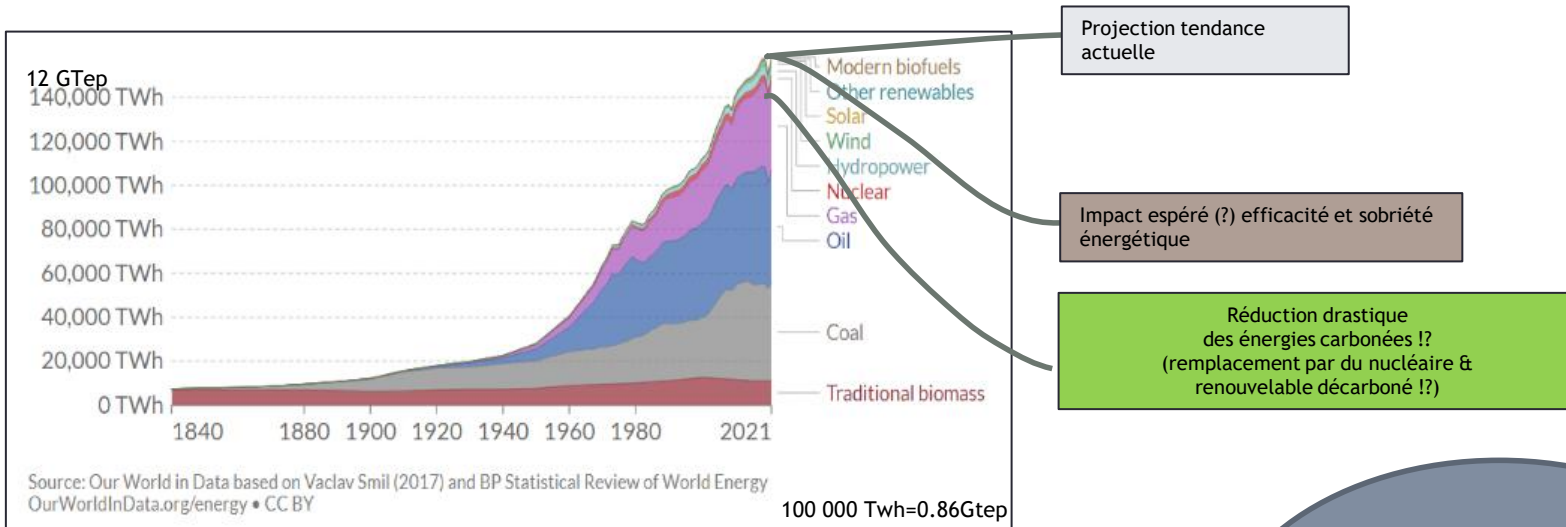
Les énergies primaires proviennent pour l'essentiel de biomasse fossilisée ou actuelle



Situation historique et principe de réalité

Les scénarios institutionnels sont un pari sur l'avenir

Ils reposent sur des principes qui ignorent la réalité historique des emplacements énergétiques



Problèmes

1/ effets rebonds non pris en compte !
Exemple : baisse consommation énergétique voiture => multiplication des voitures.

2/ le logiciel actuel des cerveaux humains (et du Vivant ?) refuse l'austérité
=> la sobriété devra être imposée. Par qui ?

Il n'est pas garanti que le Vivant suivra les scénarios que les Economistes recommandent aux Souverains

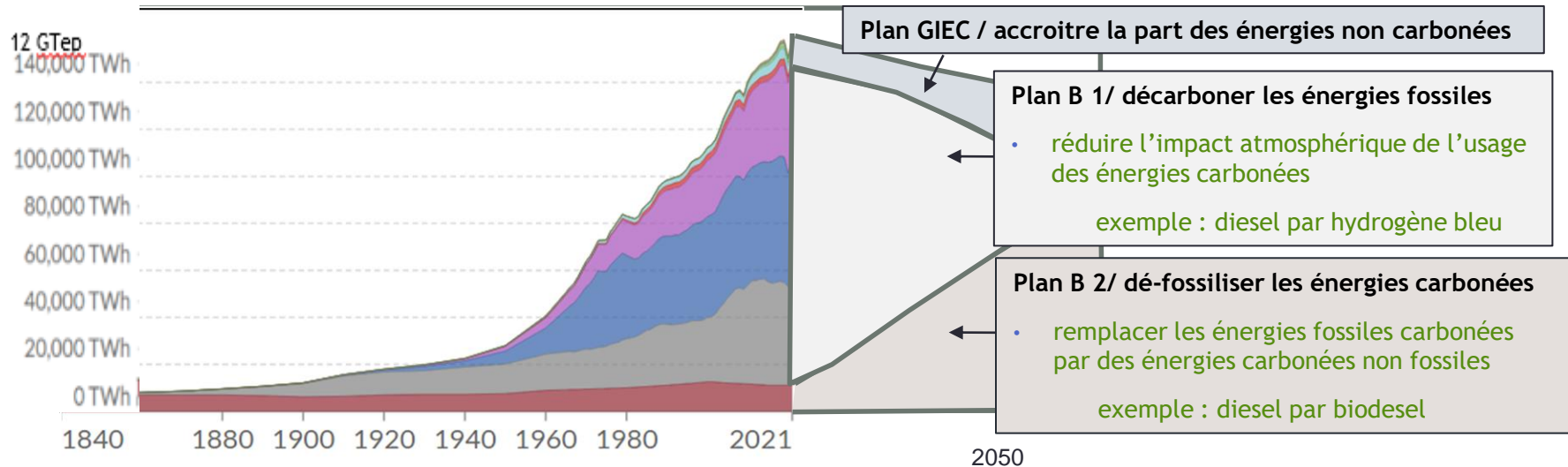


En cas d'échec du pari institutionnel (*), un plan B est nécessaire

L'urgence climatique nécessite de gérer sans attendre les énergies carbonées
(91% des énergies primaires actuelles)

Là où des substitutions par des énergies décarbonées ne peuvent se faire dans les délais requis,

**il n'existe que les 2 options B1 et B2 du Plan B
tout en raccourcissant les chaînes énergétiques
et en augmentant leur efficacité**



(*) décarbonation des énergies : remplacer une fraction significative des énergies primaires carbonées par des énergies primaires non carbonées



BioEnergies



BioEnergies Pourquoi ?

1/ Substituables aux énergies fossiles

2/ C'est le meilleur (le seul ?) moyen de faire baisser le taux de carbone atmosphérique à l'échelle et dans les délais requis

3/ La biomasse $n(\text{CH}_2\text{O})$ permet de constituer des chaînes énergétiques

- Microscopiques à locales à intercontinentales
- A géométrie variable, reconfigurables très rapidement

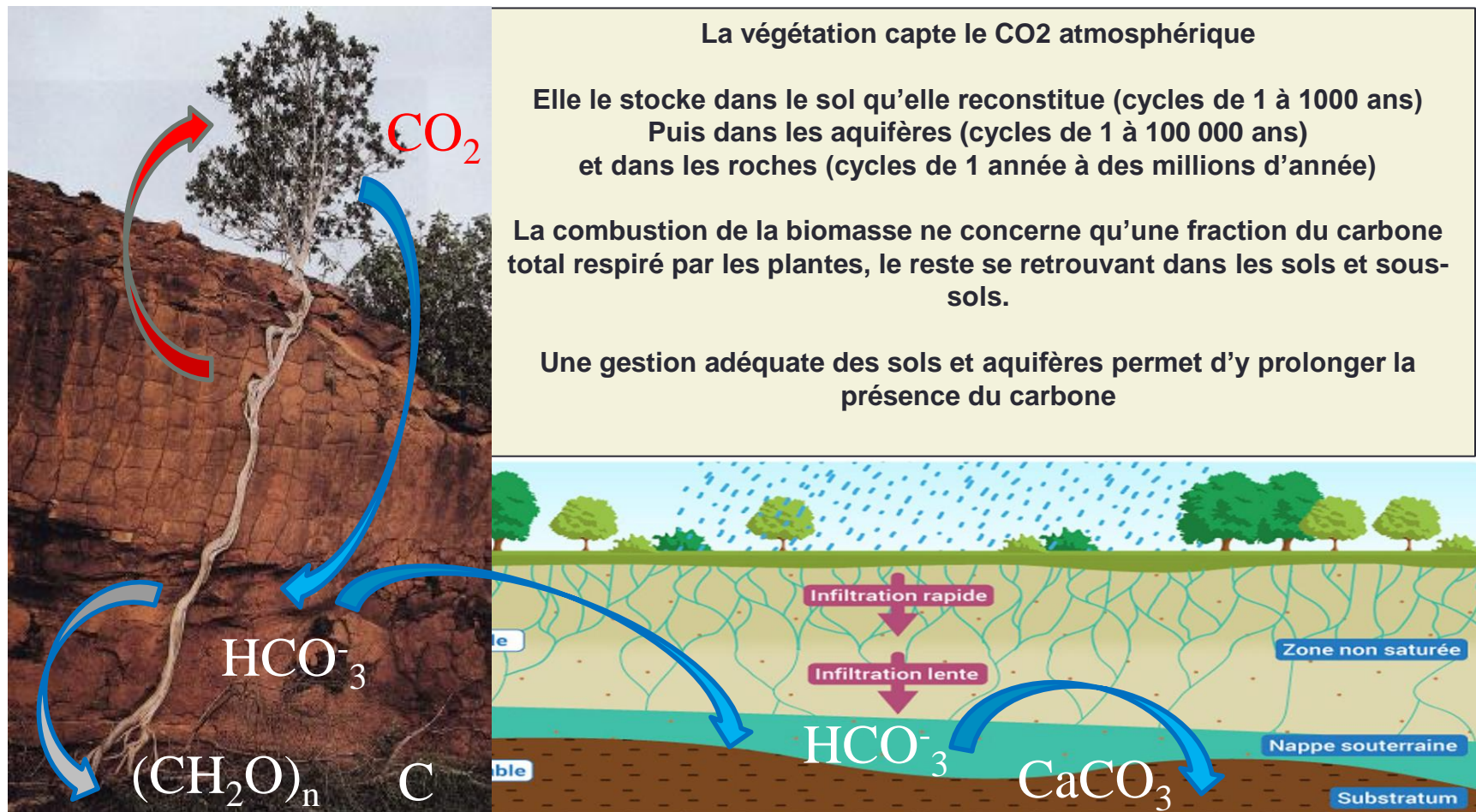
pour approvisionner le consommateur final en

- combustible liquide, solide ou gazeux,
- hydrogène ... et électricité !

Hydrogène $\{\text{P}^+ + \text{e}^-\}$ <-----> Electricité

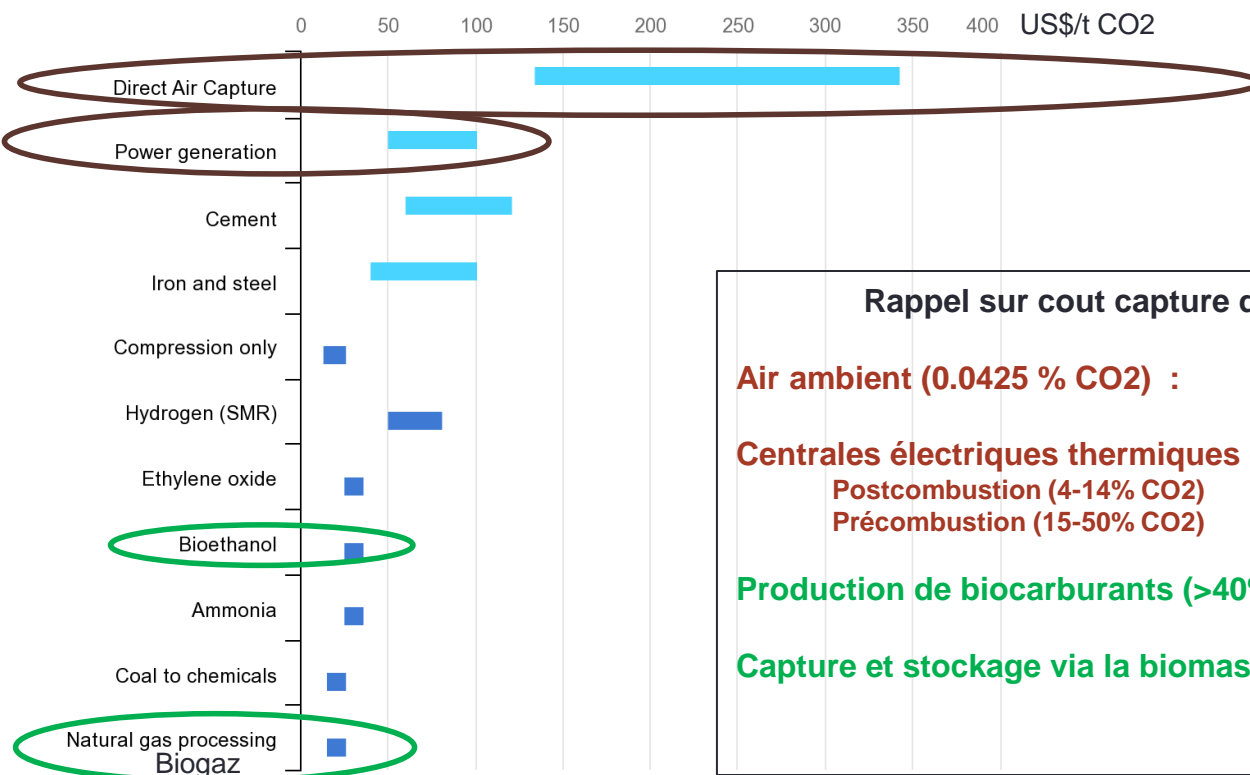
BioEnergies Pourquoi ?

2/ C'est le meilleur (le seul ?) moyen de faire baisser le taux de carbone atmosphérique à l'échelle et dans les délais requis (1/2)



BioEnergies Pourquoi ?

2/ C'est le meilleur (le seul ?) moyen de faire baisser le taux de carbone atmosphérique à l'échelle et dans les délais requis (2/2)



Rappel sur cout capture du carbone (source IEA 2022)

Air ambient (0.0425 % CO2) :	>130 US\$/t CO2
Centrales électriques thermiques (4%-50% CO2) :	50-100 US\$/t CO2
Postcombustion (4-14% CO2)	
Précombustion (15-50% CO2)	
Production de biocarburants (>40% CO2) :	15-35 US\$/t CO2
Capture et stockage via la biomasse :	0 US\$/t CO2

Biomasse = Vecteur d'Hydrogène

1/ il existe deux types d'hydrogène : le local et le lointain

Lointain: cher à conditionner, transporter et mettre à disposition utilisateur

Local : n'a pas à supporter ces couts

-> surtout si l'hydrogène émerge de la biomasse

2/ Les teneurs en hydrogène lointain sont les mêmes que pour l'hydrogène local

- Eau 11%
- Biomasse : 5% (bois, solide) à 25%(méthane, gaz)

3/ L'hydrogène est plus facile à produire à partir de la biomasse que de l'eau

- Electrolyser de l'eau est 5 à 7 fois plus chère énergétiquement que reformer de la biomasse
- La fermentation (voie biologique) est encore plus économique

Biomasse = Vecteur d'Hydrogène

RAPPEL

Teneur en hydrogène (% poids) de liquides les plus riches en hydrogène (*)

- **Hydrocarbures (alcane C_nH_{2n+2})**
 - 14.2% à 16.8% H_2 (**)
- **Alcools (méthanol CH_3OH , éthanol C_2H_5OH)**
 - 12.5% à 13% H_2

(*) en conditions ambiantes

(**) $n \geq 5$

17% à 25% pour les alcanes gazeux C_4H_{10} à CH_4 (méthane)

Pour mémoire

Eau H_2O

- 11% H_2

Ammoniac NH_3

- 17.5% H_2
(liquide sous $-33^\circ C$)

Biomasse = Vecteur d'Hydrogène

Alcools : Méthanol / Ethanol

S'obtiennent par fermentation de déchets organiques ou de biomasse
Mais également

- A partir de charbon ou d'hydrocarbures (méthanol)
- Comme carburant vert de synthèse (H_2+CO_2) : e-carburant

Peuvent-être utilisés pour des moteurs à explosion ou électriques

- Moteur à explosion (biocarburant)
- Pile à combustible (vecteur H_2)



Biomasse = marché en forte croissance

Marché du Méthanol

Développement exponentiel en Chine (« soleil liquide »)

- Voie de transition du charbon vers la biomasse
- Flottes entières de véhicules légers ou poids lourds fonctionnent au méthanol

Développement rapide en Occident (croissance >4%/an jusqu'en 2030) dans

- Transport maritime,
- Mobilité lourde,
- Alimentation électrique ou thermique fixe, du mW(électronique) au MW(sites isolés)



Biomasse = marché en forte croissance

Biocarburants gazeux et liquides
(biomasse solide non incluse)

Marché global 155 Md US\$ en 2021

- Taux de croissance de 7.1%/an prévu jusqu'en 2030
Pour atteindre 284 Md US\$ en 2030

Forte progression de l'éthanol aux US, Brésil, Mexique et autres pays en 2022

- Par exemple en France :
Carburant E85 dans les stations service en progression de 86% en 2022

Biomasse = marché en forte croissance

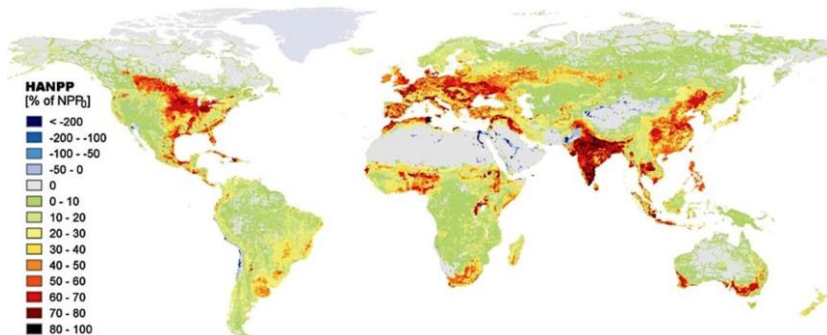
Biogaz, biochar/charbon de bois

Développements très rapides dans le monde

- Rachats en 2022 (deals pouvant dépasser 2 Md€) de producteurs de biogaz par les majors pétrolières : TotalEnergies, BP, SHELL, CHEVRON,...
- Taux de croissance de la production de biogaz mondiale 5.4% en 2022
Croissance biométhane de 20% en Europe en 2022
Il est prévu de couvrir 65% des besoins gaz européens en 2050 par du biogaz
- De nombreuses startup se lancent dans la pyrolyse du bois avec coproduction d'hydrogène et/ou biocarburants

Biomasse = ressources à découvrir

Biomasse Primaire Photosynthétique (BPP)



Biomasse en substitution des énergies carbonées fossiles ?

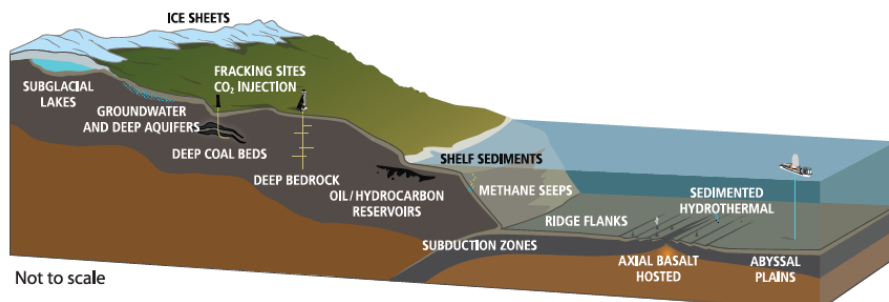
L'énergie finale nécessaire aux consommateurs pourrait leur être fournie moyennant un faible prélèvement sur les cycles du carbone de la biosphère.

Besoin final de moins de 4 Gtep/an vs plus de 120 Gtep/an de production photosynthétique primaire nette (PPN)

=> prélèvement de moins de 3.3% /an sur la photosynthèse?

Biomasse profonde : primaire chimiosynthétique et décomposition de BPP

? Gtep/an viennent de la subsurface (production ? Gtep/an, taux prélèvement ?%)



Enorme potentiel ?

La production et l'appropriation de biomasse du sol et du sous-sol restent des potentialités inexplorées

20 GtC biomasse microbienne estimée jusqu'à 5 km dans la lithosphère, sous les sols et les fonds marins. Probablement beaucoup plus

La dégradation de la matière organique par méthanogénèse génère par ailleurs des flux et des ressources de gaz biogénique et d'hydrates de méthane en zone polaire et au fond des océans (4000 GtC et 1300 Gt H₂ en place ?).