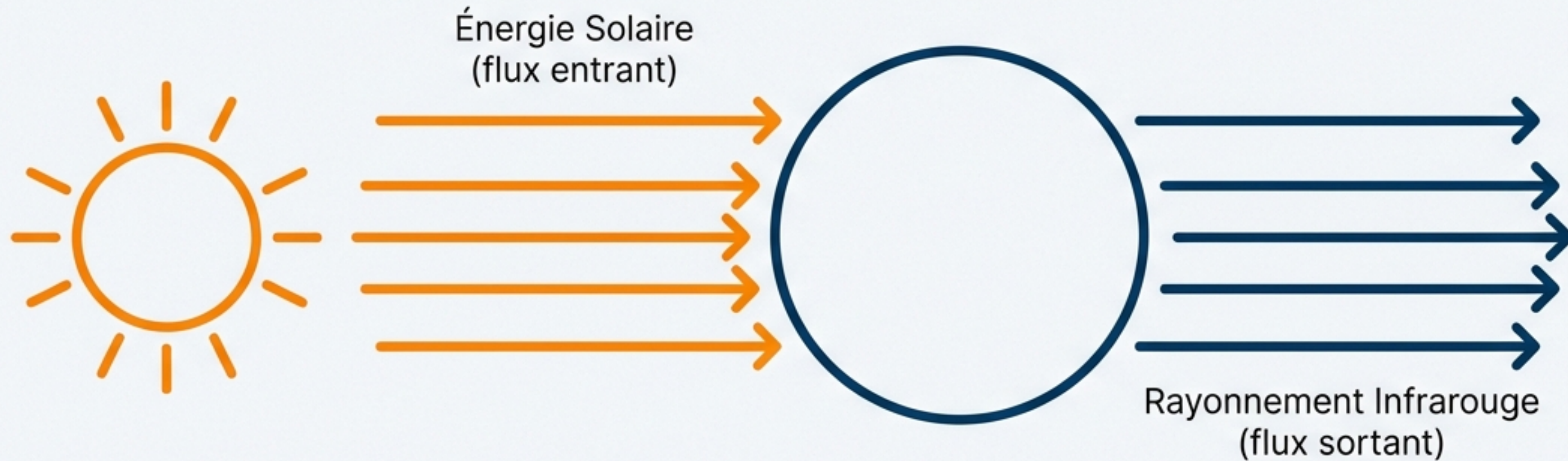


Énergie & Climat : Des Principes Physiques aux Arbitrages Mondiaux

Comprendre les mécanismes, les enjeux
et les futurs possibles.

La Terre est une machine thermique, régie par un budget énergétique précis.



Elle reçoit l'énergie du Soleil et en renvoie une partie vers l'espace. L'équilibre du climat mondial dépend entièrement de la stabilité de ce budget. C'est le point de départ de toute la science du climat.

Pour parler du climat, il faut maîtriser trois grandeurs fondamentales.

Énergie (Joule, kWh)

La capacité à produire un travail ou une transformation. L'unité de base est le Joule (J). Pour les usages courants, on utilise le kilowatt-heure (kWh).

1 kWh = 3,6 millions de Joules (MJ)

Puissance (Watt)

L'énergie par unité de temps. C'est le *rythme* auquel l'énergie est utilisée ou produite.

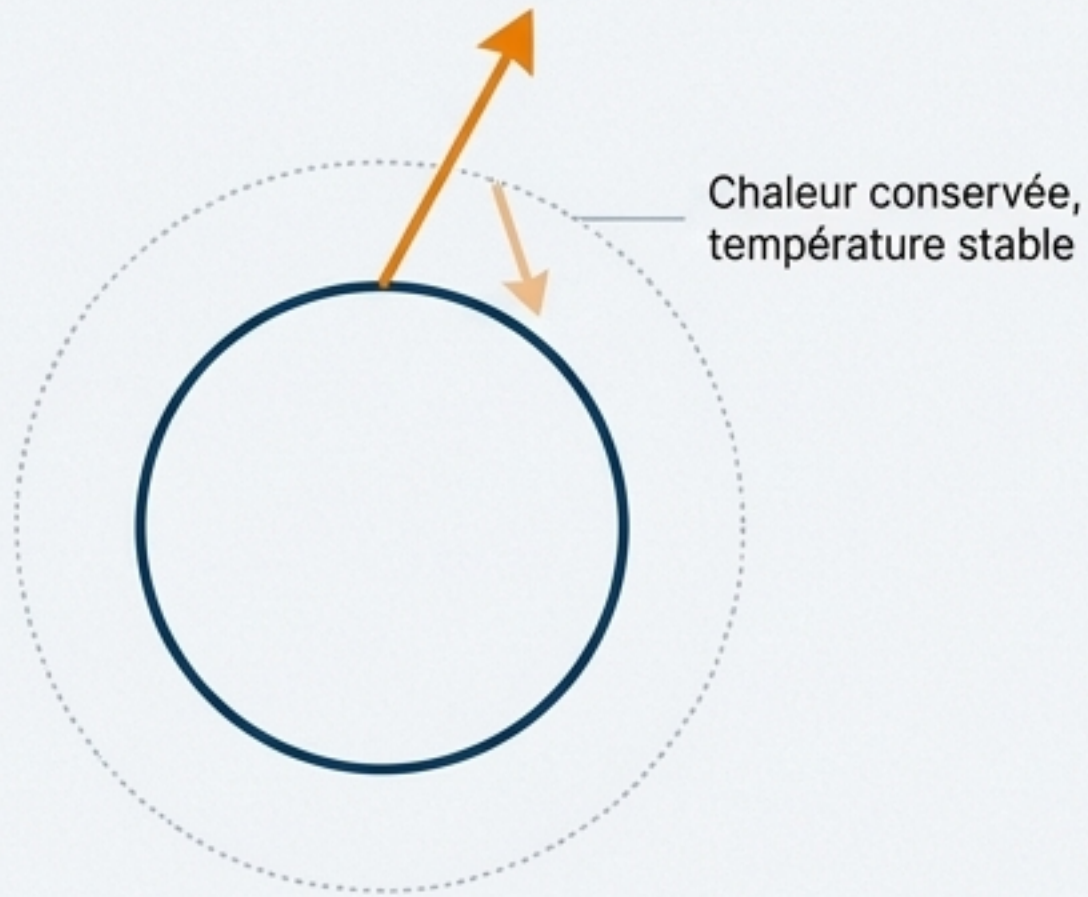


Climat

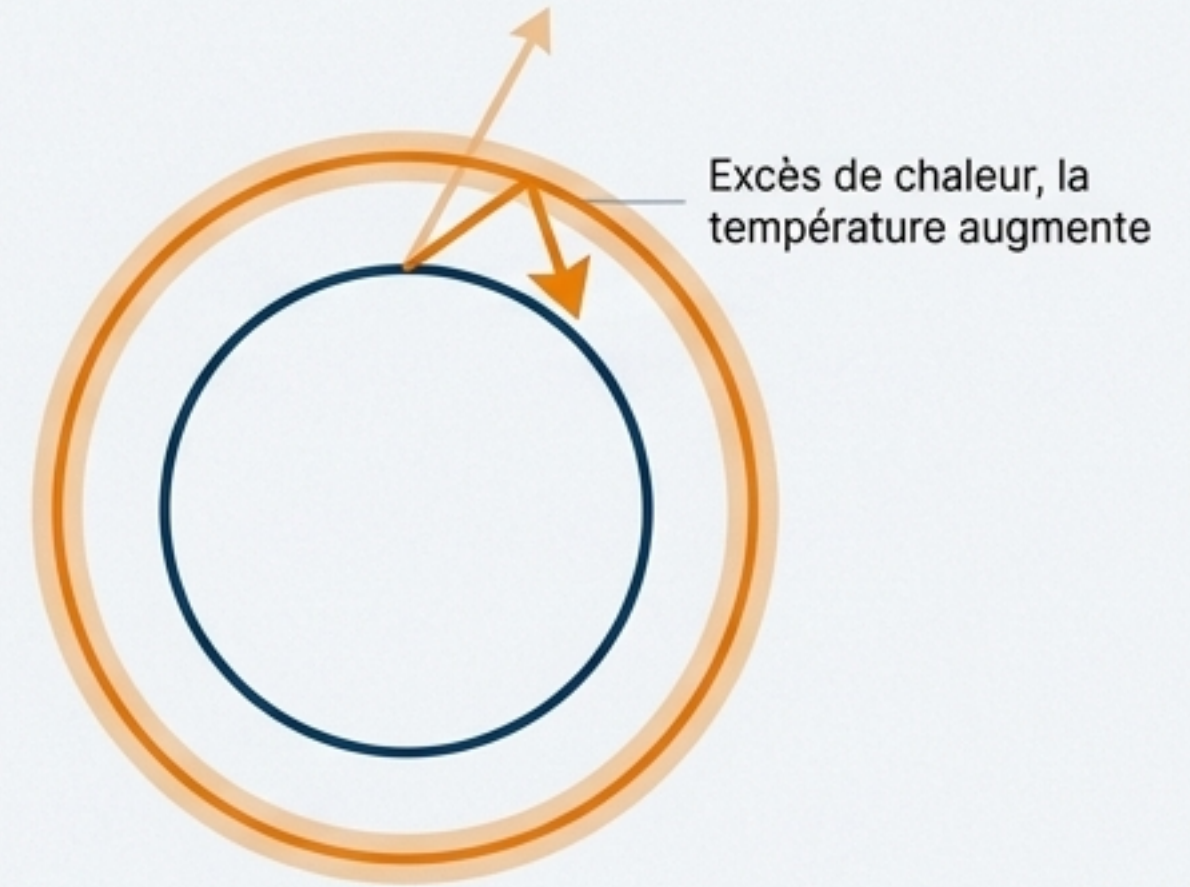
L'état statistique du système atmosphère-océans-glaces sur des décennies. À ne pas confondre avec la météo, qui décrit le court terme.



L'effet de serre : un mécanisme vital dont l'amplification dérègle le climat

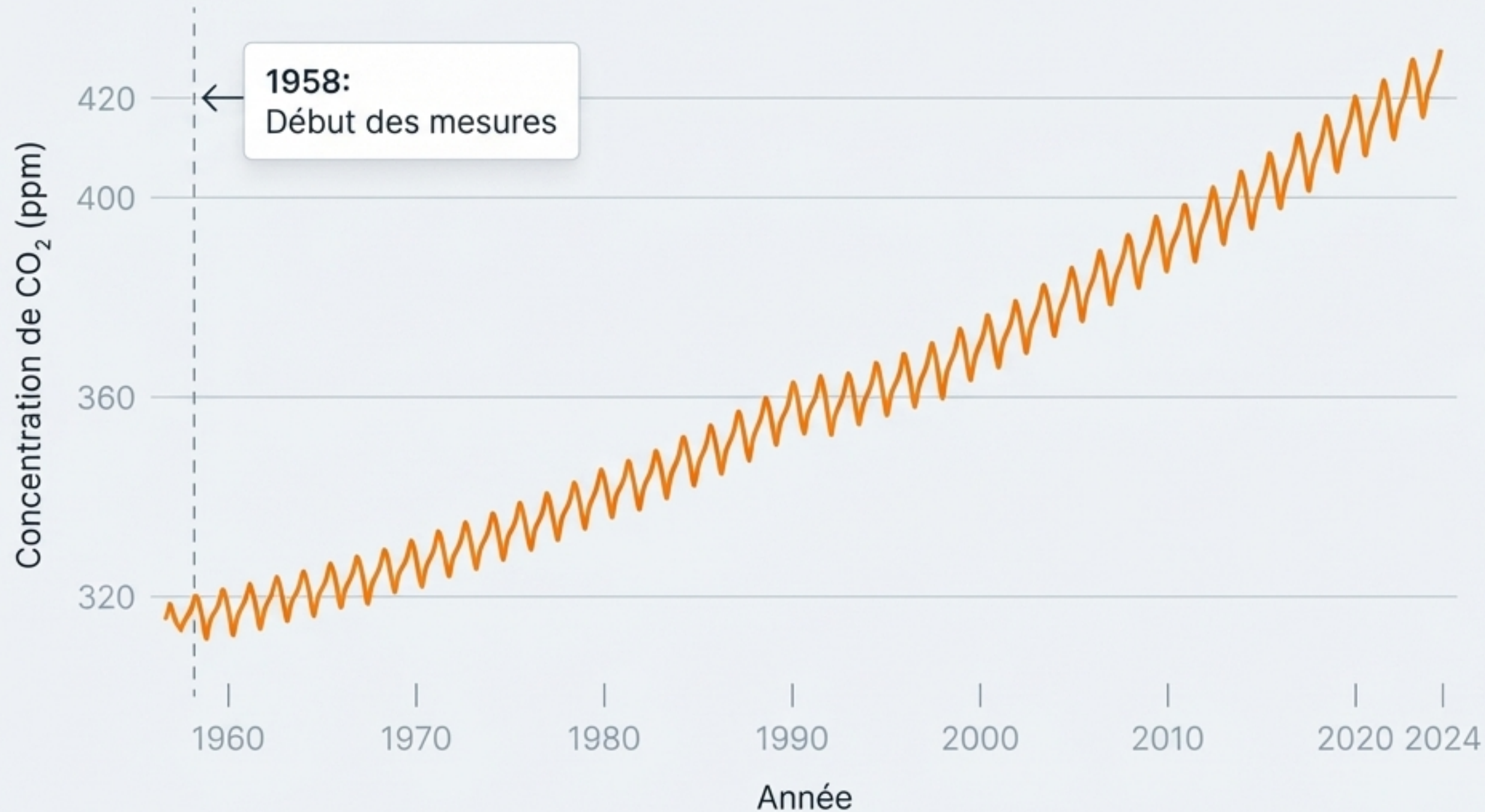


Certains gaz (CO_2 , CH_4 , N_2O) dans l'atmosphère retiennent une partie du rayonnement infrarouge de la Terre. Sans cet effet naturel, la température moyenne serait glaciale.



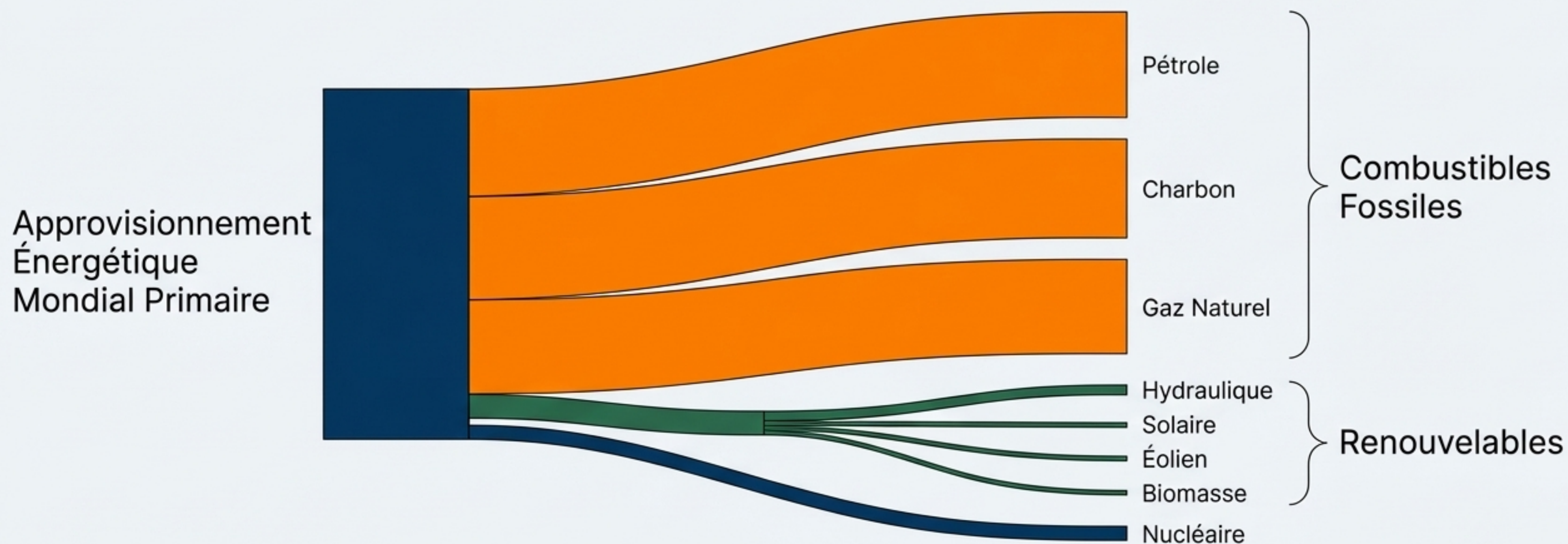
Les activités humaines libèrent massivement ces gaz, renforçant l'effet de serre. Le budget énergétique n'est plus à l'équilibre : la planète se réchauffe.

Depuis 1958, la Courbe de Keeling rend visible une transformation planétaire.



La mesure continue de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï) est l'un des jeux de données les plus importants de l'histoire des sciences. Elle montre une augmentation constante et accélérée, directement liée à l'ère industrielle.

La source du déséquilibre : un système énergétique mondial massivement dépendant des fossiles.



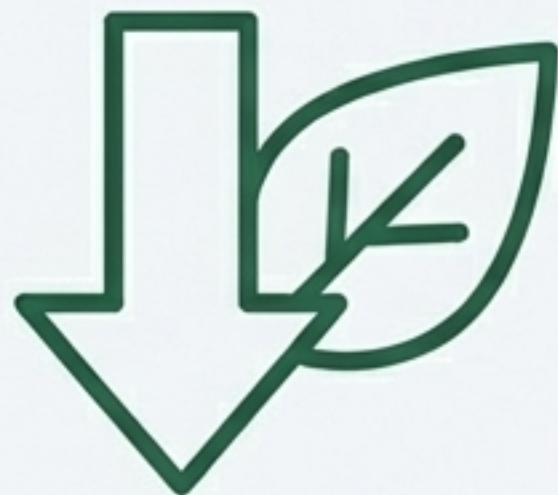
Depuis la révolution industrielle, le charbon, le pétrole et le gaz naturel ont alimenté notre développement. Leur combustion, bien qu'énergétiquement dense, est la principale source des émissions de CO₂ anthropiques.

Le consensus scientifique est
aujourd'hui total et sans ambiguïté.

*“It is **unequivocal** that human
influence has warmed the
atmosphere, ocean and land.”*

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC),
Rapport AR6, WGI, Summary for Policymakers, 2021

Face au changement climatique, l'action se déploie sur deux fronts complémentaires.



Atténuation (Mitigation)

Objectif: Réduire les émissions à la source et augmenter les puits de carbone.

Exemples: Développer les énergies renouvelables, améliorer l'efficacité énergétique, changer les pratiques agricoles, reforestation.



Adaptation

Objectif: Réduire la vulnérabilité des sociétés et des écosystèmes aux effets inévitables du changement.

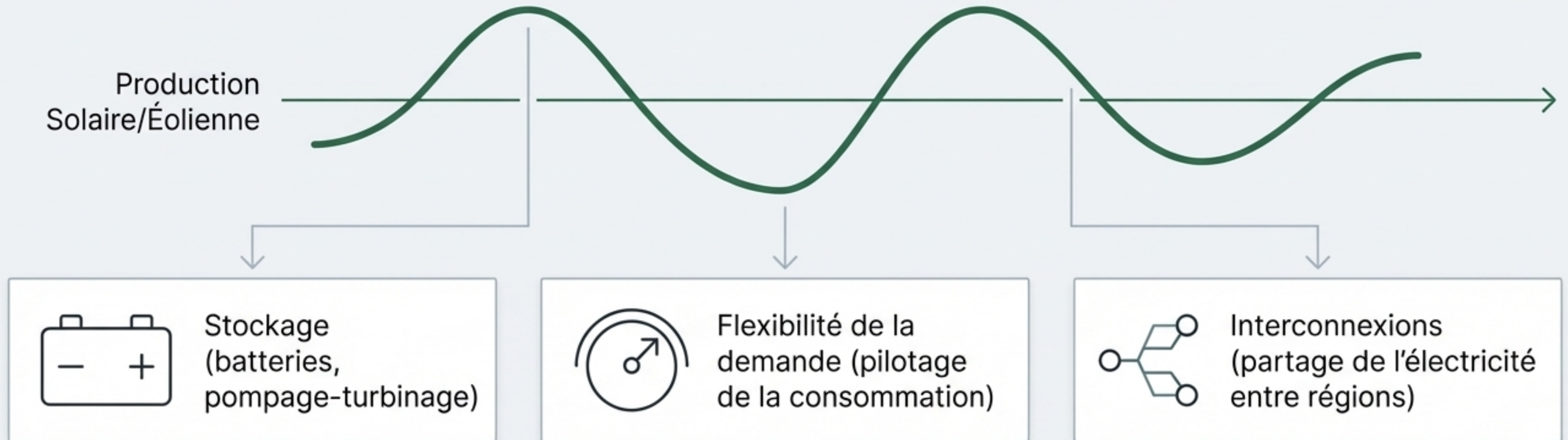
Exemples: Construire des digues, adapter les cultures à la sécheresse, revoir l'urbanisme en zone côtière.

Construire le mix énergétique de demain : un portefeuille de solutions aux arbitrages complexes.

	Fossiles	Nucléaire	Renouvelables (Solaire/Éolien)	Efficacité/ Sobriété
Avantages clés	Énergie dense, infrastructures existantes	Faible CO ₂ en exploitation, pilotable	Faible CO ₂ , coûts en baisse	"Gisement" le plus rapide et le moins cher
Défis majeurs	Émissions massives de CO ₂	Débats sur la sûreté et les déchets, délais de construction	Intermittence, stockage, matériaux, emprise au sol	Changements de comportement, modèle économique

Le défi technique des renouvelables : intégrer l'intermittence dans le réseau électrique

Le soleil ne brille pas la nuit et le vent ne souffle pas en continu. Assurer un approvisionnement stable 24/7 avec une part croissante de renouvelables requiert de nouvelles solutions.



Plus d'un siècle de science et de diplomatie pour aboutir à une action mondiale

1896

Svante Arrhenius publie le premier calcul de l'effet du CO₂ sur la température

1988

Création du GIEC (IPCC) pour synthétiser l'état des connaissances

2015

Signature de l'Accord de Paris, un cadre universel pour l'action climatique

1958

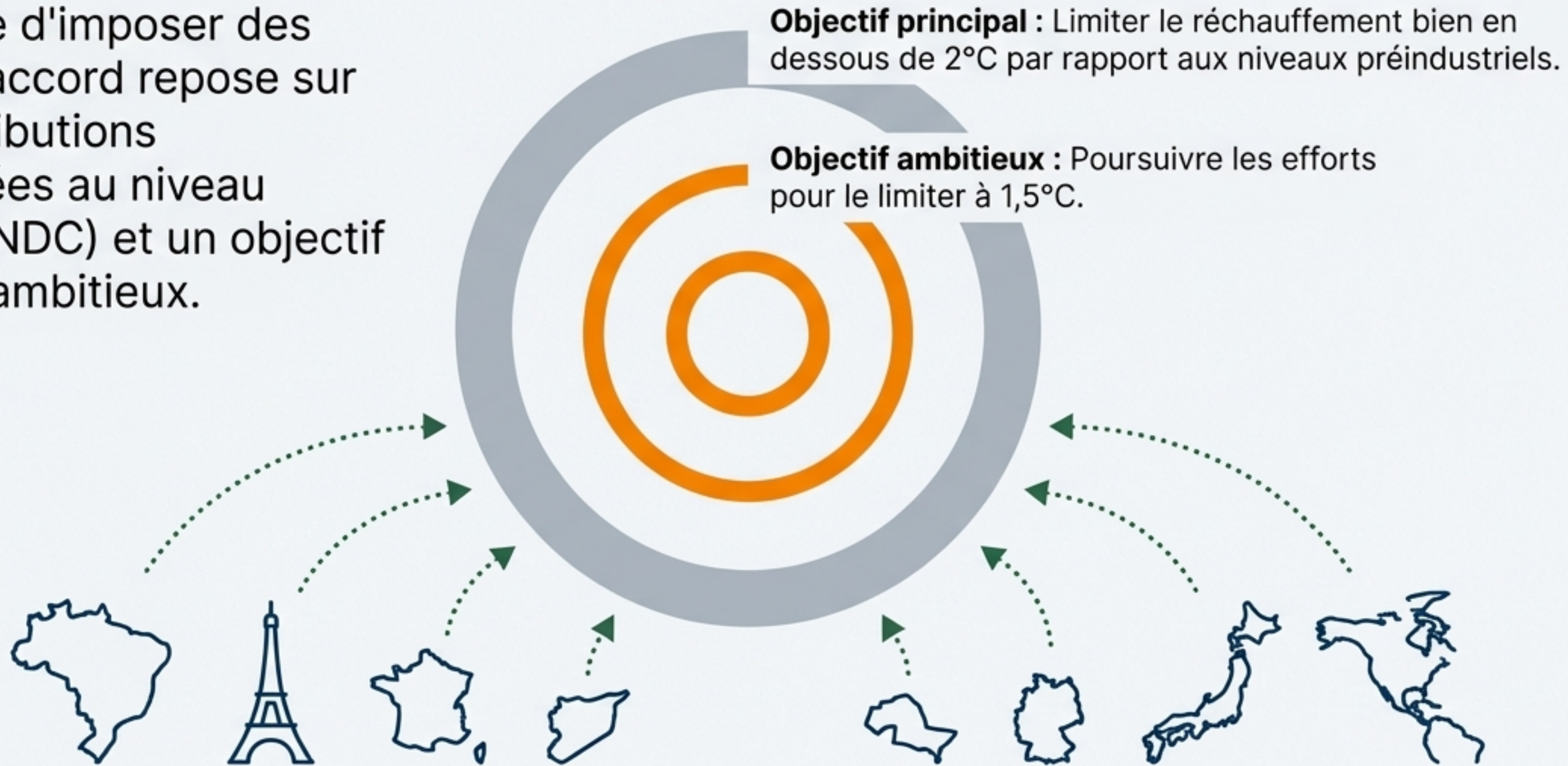
Charles Keeling débute les mesures de CO₂ à Mauna Loa

1997

Adoption du Protocole de Kyoto, premier cadre contraignant pour certains pays

L'Accord de Paris (2015) : un cadre mondial pour aligner les trajectoires

Plutôt que d'imposer des quotas, l'accord repose sur des contributions déterminées au niveau national (NDC) et un objectif commun ambitieux.



Au-delà de la technique, la question climatique est une question de justice.

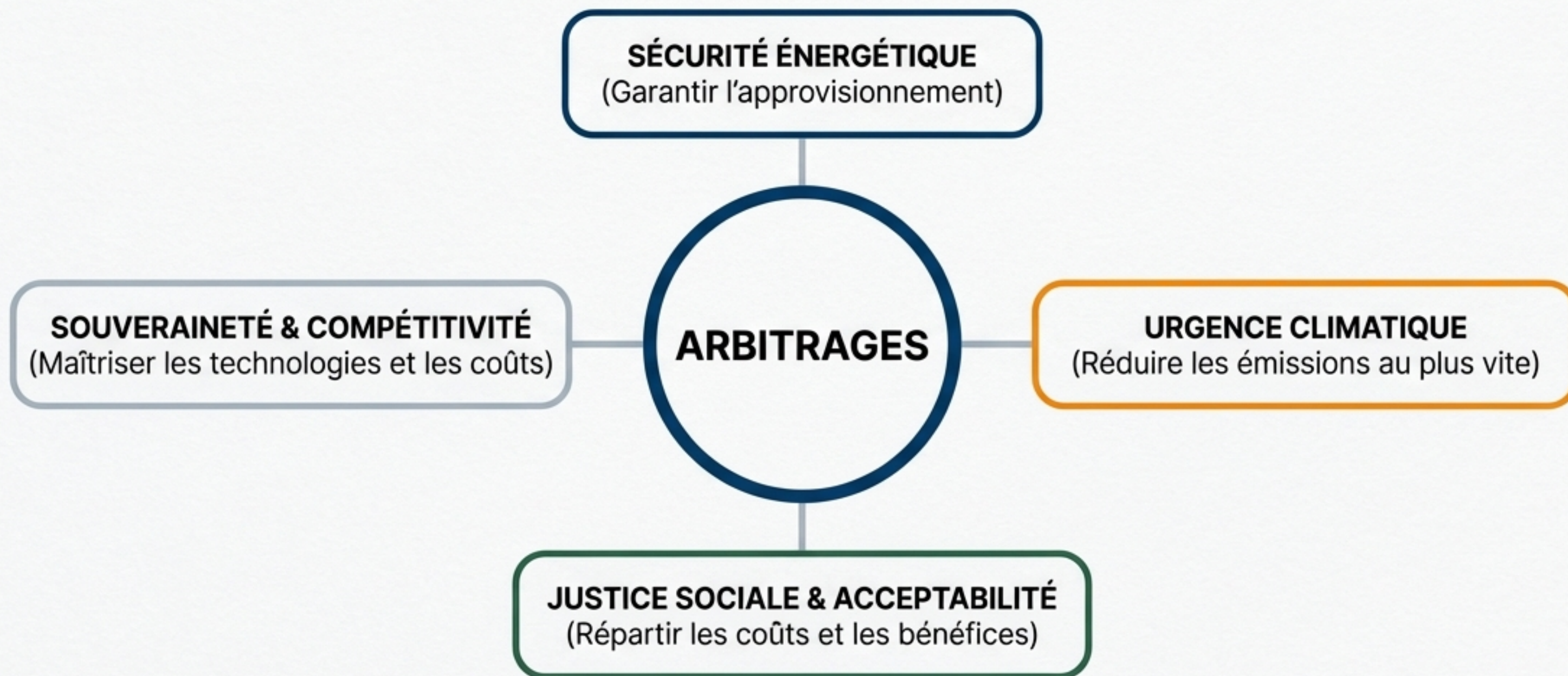


Qui a la responsabilité historique des émissions ? Qui subit le plus les impacts ?
Qui doit financer la transition ?
Ces questions opposent souvent pays du Nord et pays du Sud.

“Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.”

Notre Avenir à Tous (Rapport Brundtland), 1987.

Naviguer la transition énergétique, c'est gérer des arbitrages permanents.



Il n'existe pas une solution unique, mais un portefeuille de trajectoires qui pondèrent différemment ces impératifs.

Pour un débat éclairé, évitons les confusions les plus courantes.

Confusion: "Un hiver froid réfute le réchauffement."

Clarification: Météo (court terme) ≠ Climat (tendance longue).

Confusion: "Le trou dans la couche d'ozone est la cause du réchauffement."

Clarification: Deux phénomènes physiques distincts avec des causes différentes.

Confusion: "Il faut choisir UNE seule technologie (le nucléaire OU le solaire)."

Clarification: Les trajectoires efficaces sont des portefeuilles de solutions complémentaires, incluant la sobriété.

Confusion: "L'hydrogène est une source d'énergie."

Clarification: C'est un vecteur énergétique, qui doit être produit à partir d'une source primaire.