

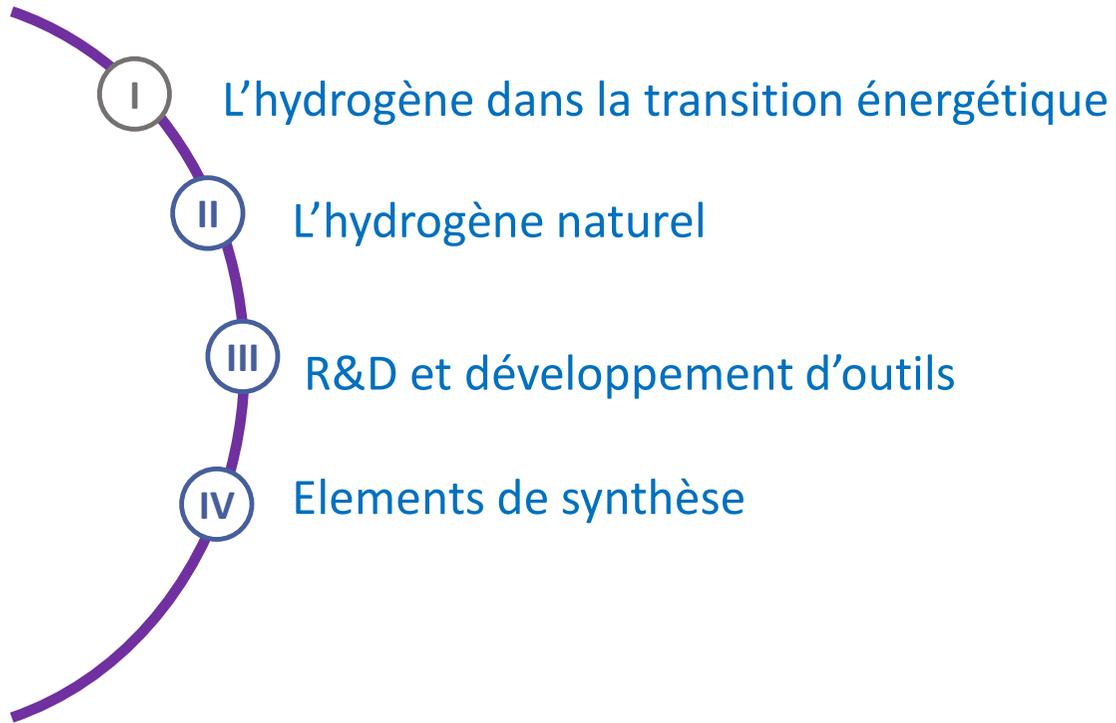
L'Hydrogène naturel ou blanc
Quel potentiel ?

L'hydrogène naturel

Quels outils pour cette nouvelle industrie ?

Yannick Peysson
Responsable programme R&D

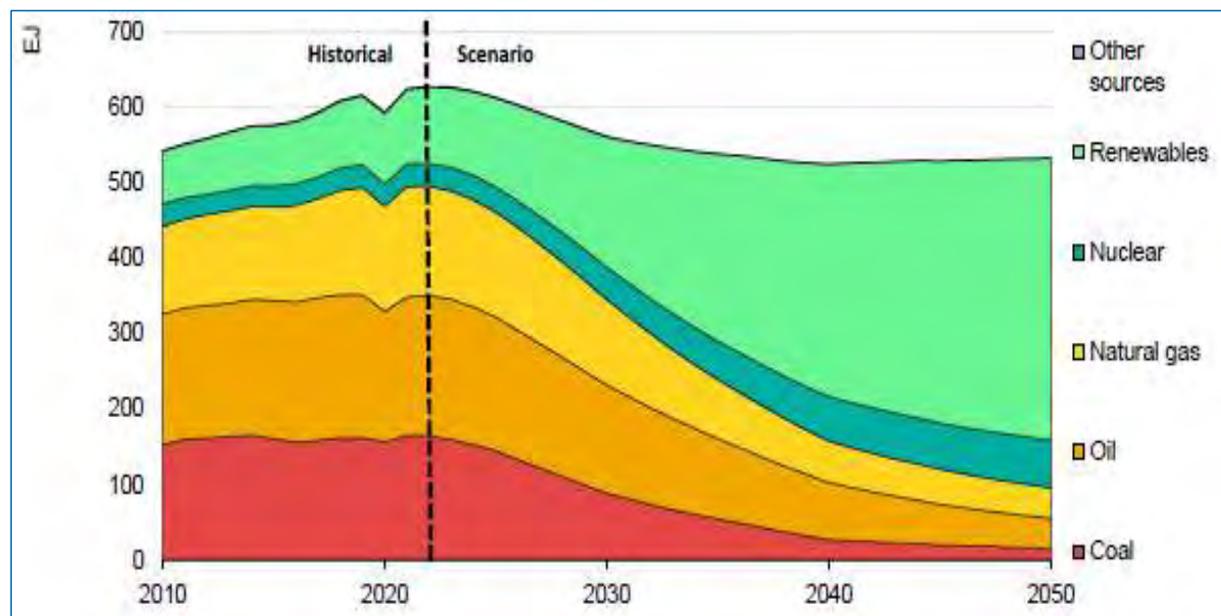




UN CADRE GÉNÉRAL : LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Un engagement de la communauté internationale vers la neutralité carbone pour 2050

Evolution du mix énergétique primaire dans le scénario NZE de l'AIE

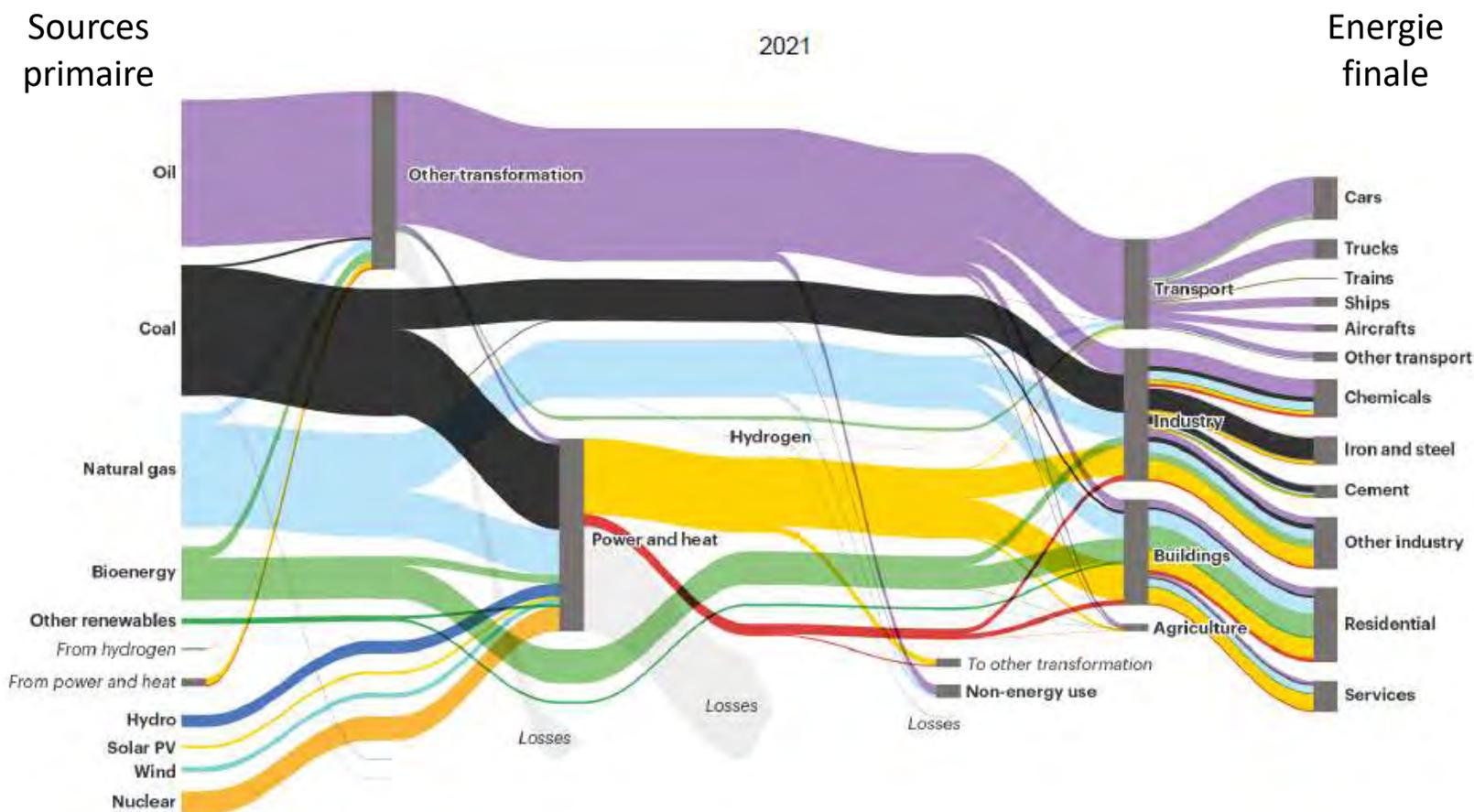


Source: IEA

- Une transformation complète du système énergétique à réaliser en 3 décennies
- La part O&G : passer de 80% (2021) à 20% (2050)
- Montée en puissance de l'utilisation du vecteur hydrogène

UN CADRE GÉNÉRAL : LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

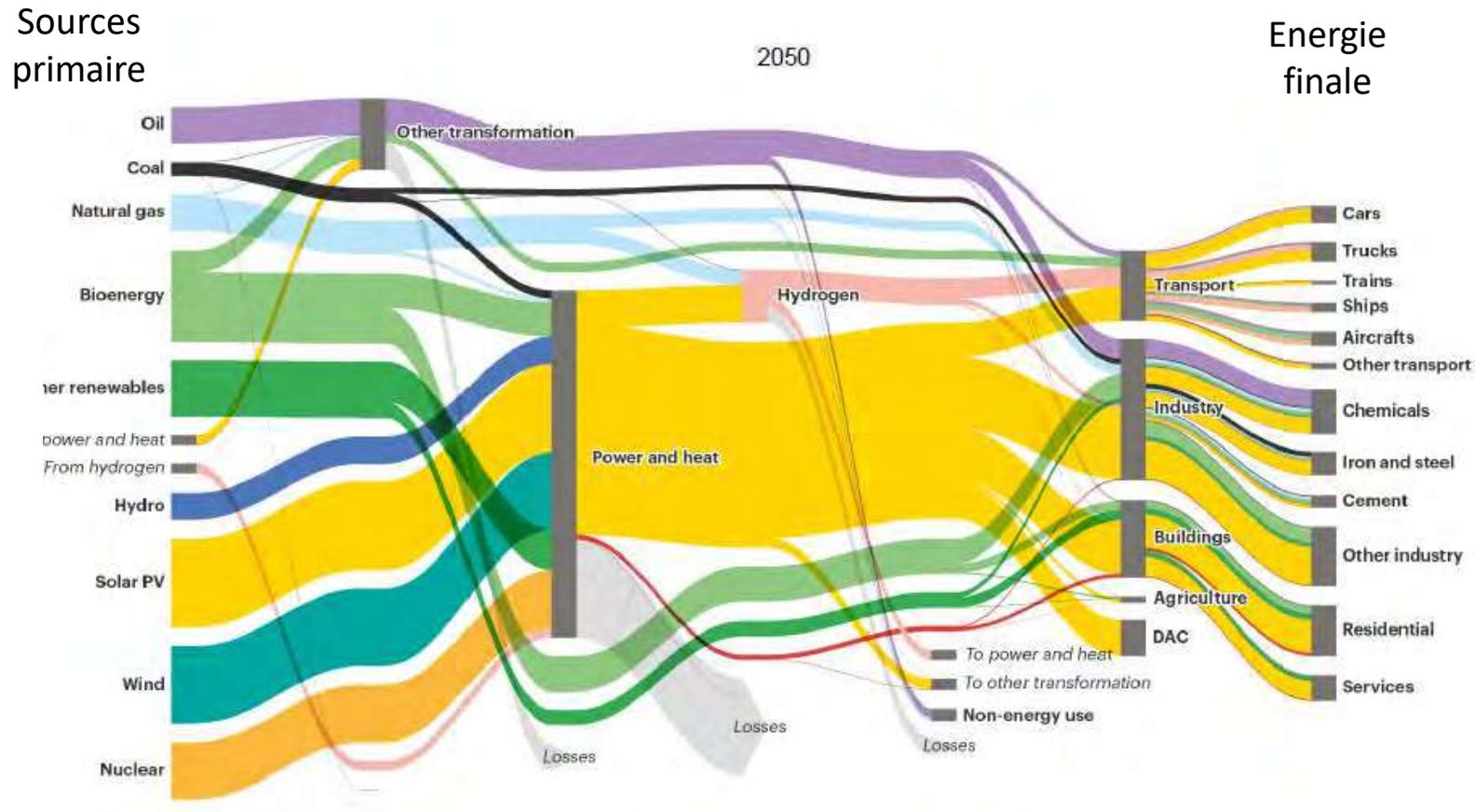
Une évolution massive du système énergétique à engager



Source: IEA

UN CADRE GÉNÉRAL: LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Une vision du mix en 2050



Scénario IEA NZE :
Hydrogène :
~500 Mt @ 2050

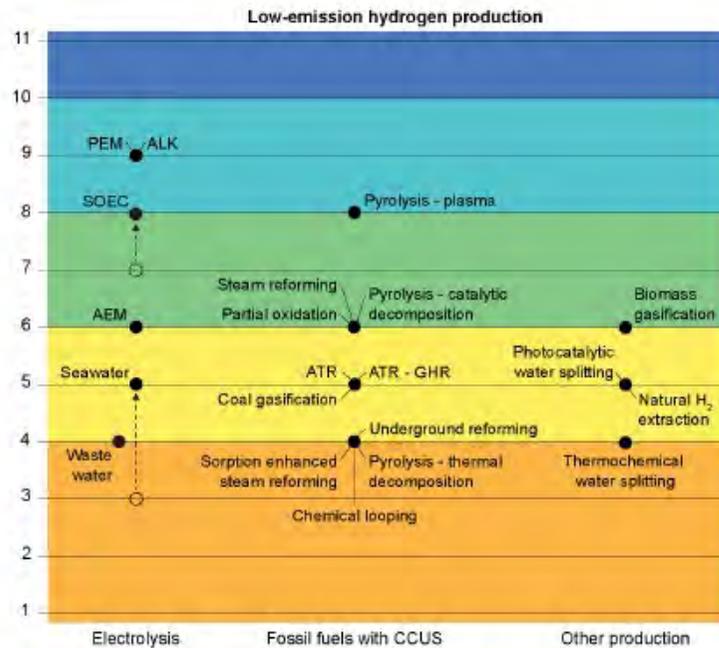
Rappel 2021 :
94 Mt

Besoins en hydrogène : décarboner l'industrie, transport lourd

Source: IEA

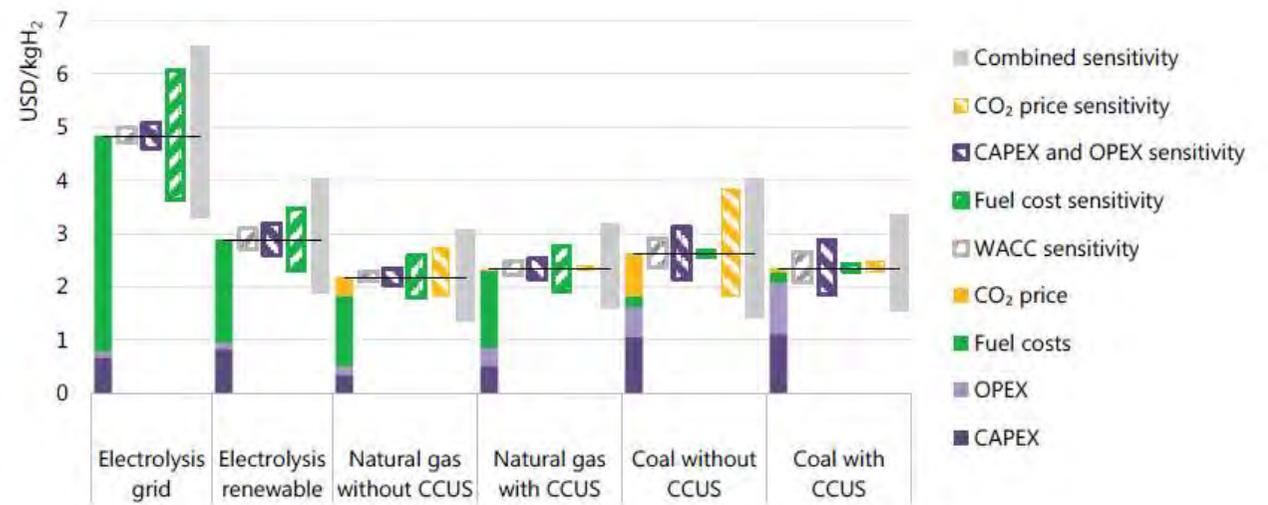
LA PRODUCTION HYDROGÈNE

Une variété de technologie de production



● Small prototype
 ● Large prototype
 ● Demonstration
 ● Market uptake
 ● Mature

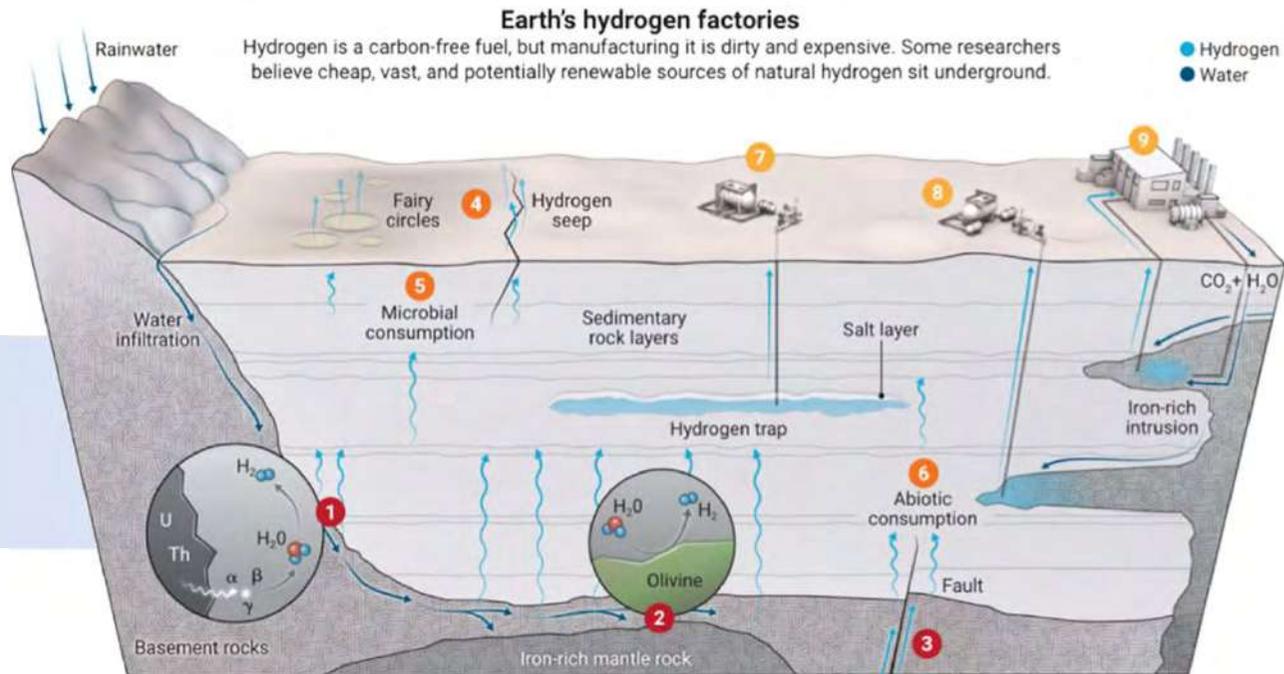
Source: IEA



Source: IEA

Une stratégie industrielle aujourd'hui basée sur l'électrolyse

LE SYSTÈME *HYDROGÈNE NATUREL*



-Des analogies avec un système pétrolier

-Workflow de caractérisation géologique applicable

Generation

1. Radiolysis, 2. Serpentinization, 3. Deep-seated ,...

Loss mechanisms

4. Seeps, 5. Microbes, 6. Abiotic reactions, ...

Extraction

7. Traps, 8. Direct, 9. Enhanced

UN WORKFLOW GÉOSCIENCES POUR L'EXPLORATION HYDROGENE



Workflow "Exploration Natural Hydrogen"

Screening



Beicip-Franlab

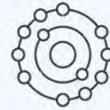
- Mapping (Fe, Th anomalies)
- Fairy cycles tracking
- Remote sensing

IFPEN

- Gas and water sampling and analysis (H₂, pH,...)



Source Characterisation



Beicip-Franlab

- Geological mapping
 - Fault network
 - Lithology / mineralogy
 - Aquifers
- Basement structure/lithology
- Geophysical survey



System Characterisation

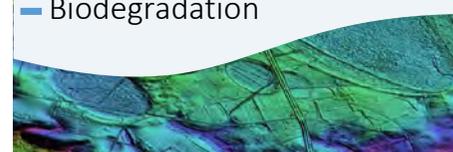


Beicip-Franlab

- Basin modelling
- Generation-Migration-accumulation processes
- Paths and accumulation zones

IFPEN

- H₂ sources
- Reactive transport modelling
- Solubility, PVT
- Biodegradation



Production



Beicip-Franlab and IFPEN

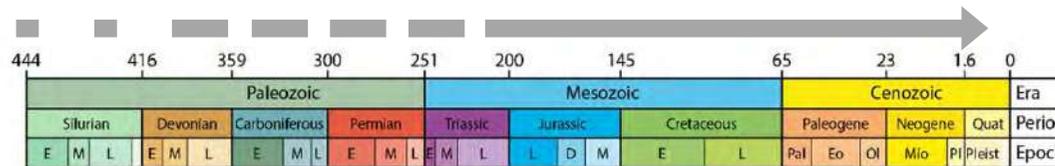
- Reservoir/trap description and modelling
- Technologies for production/storage/distribution
- H₂ Economics (local markets, legislation, regulations)



MODÉLISATION DE BASSIN

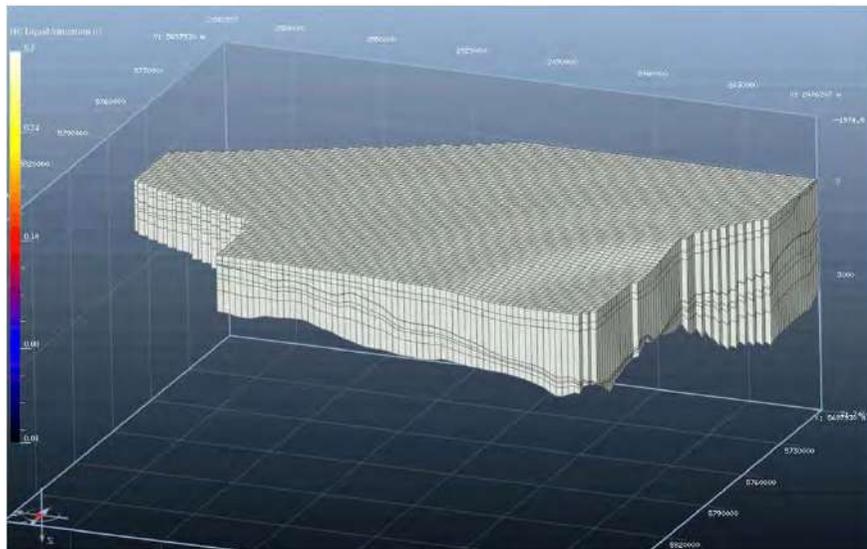
Un outil pertinent pour l'hydrogène naturel

Modélisation de l'histoire géologique des bassins
=> reconstruction au cours du temps pour une image du présent

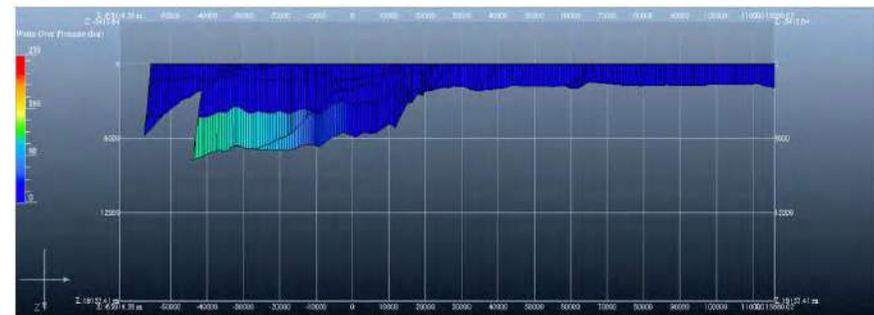


Simulation de l'évolution géologique des bassins sédimentaires :

- Compaction → Porosité, perméabilité
- Hydrodynamisme → Surpressions, vitesses d'écoulement
- Transferts thermiques → Température, flux de chaleur
- Transport → Composition des fluides



Saturation en gaz



Surpression

Native Hydrogen – Example of a Basin Modelling study case at BF

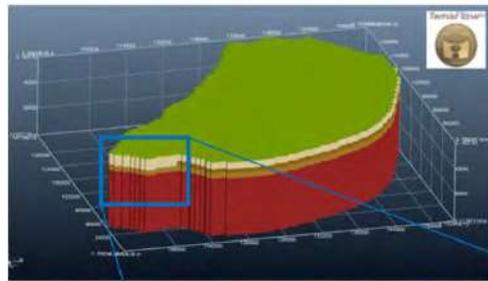


BeicipFranlab

An already existing model of the Llanos basin was adapted for H₂ exploration

- Early exploration stages: “what if” approach, if a source of H₂ exists, where would the H₂ migrate to?
- Basin modelling with HC & H₂ migration

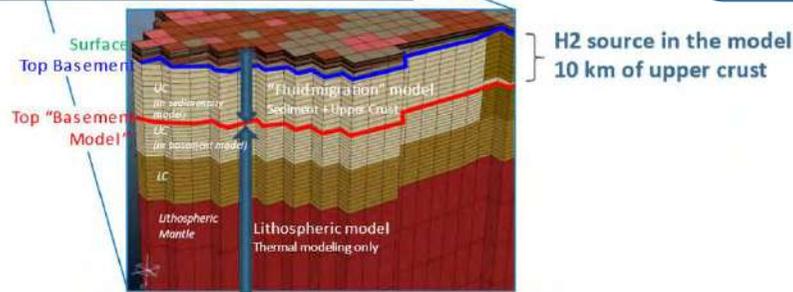
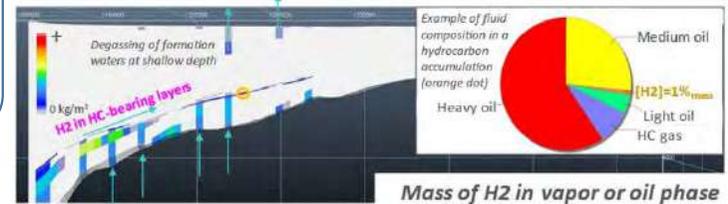
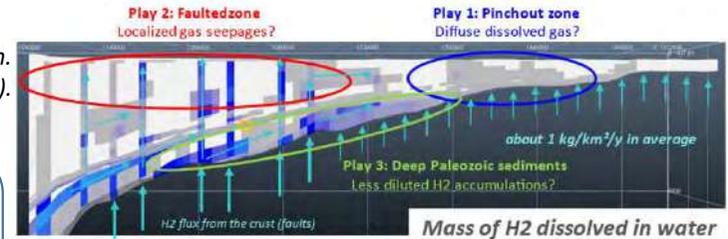
Potential **H₂ plays** in the basin.
Some of these plays may be “unconventional” (dissolved gas).



Temisflow lithospheric model
(sediment and basement)

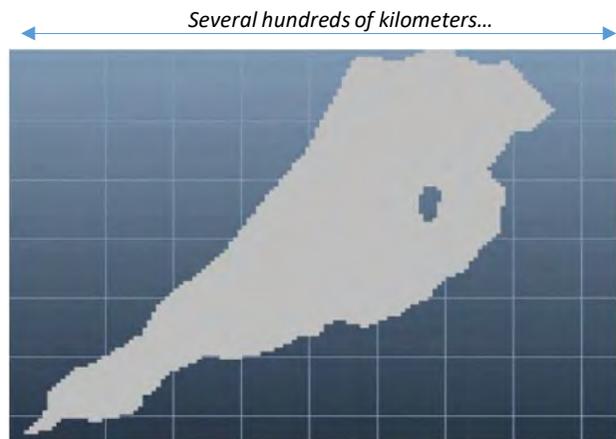
- Sediment
- Upper Crust
- Upper Crust
- Lithospheric Mantle

Dubille et al., 2022
“Basin modelling tools for H₂ exploration, Application to Colombian foreland basins Challenges and perspectives” H-Nat 2022 summit, 21-22 June 2022



Integrated modelling of the basement into the basin model.

Evolution through geological times (>50 Ma) of the total mass of H₂ in a layer of the model.. While the H₂ generation rate is constant, the migration is variable.

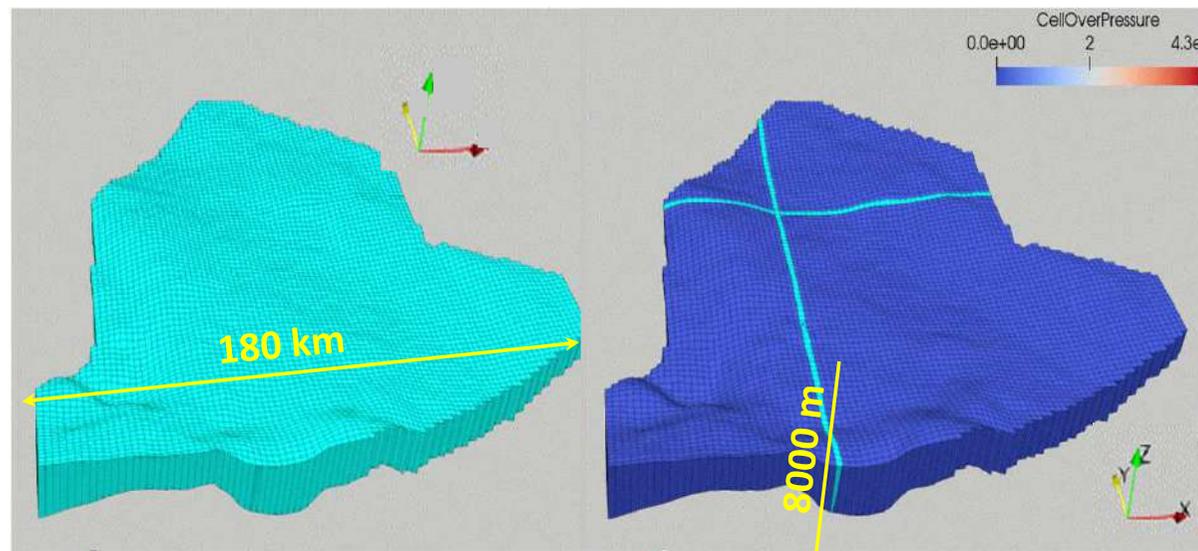


There are still limitations that need to be addressed... This is only one element of the exploration workflow... **BUT it already brings useful clues for the basin screening!**

R&D: BESOINS FUTURS - ÉVOLUTION & ADAPTATION DES OUTILS

Modélisation de bassin

- Ajout de nouveaux constituants (Lithium, H₂) et thermodynamique
- Conditions aux limites : concentration/flux de gaz imposée par groupes de mailles
- Modélisation de la réactivité (géochimique, biologique)
 - Enjeux algorithmiques/numériques (modèles simplifiés, apprentissage, ...)



R&D: BESOINS FUTURS - ÉVOLUTION & ADAPTATION DES OUTILS

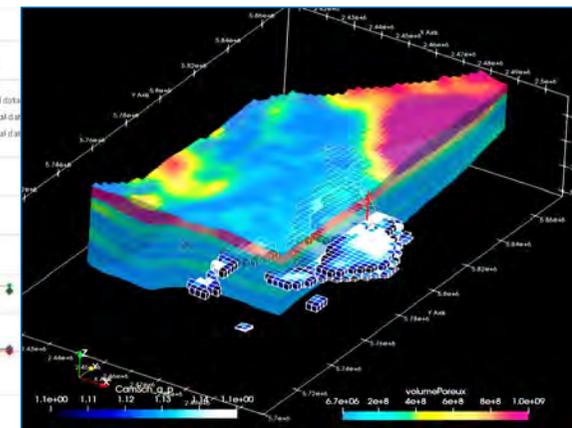
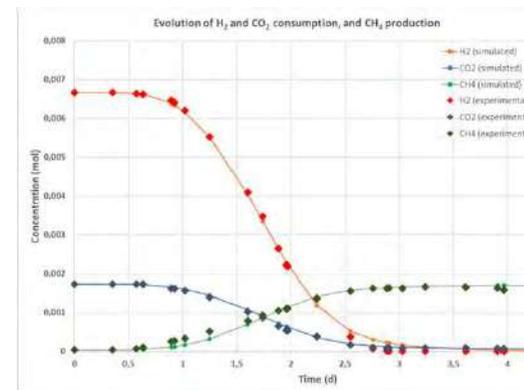
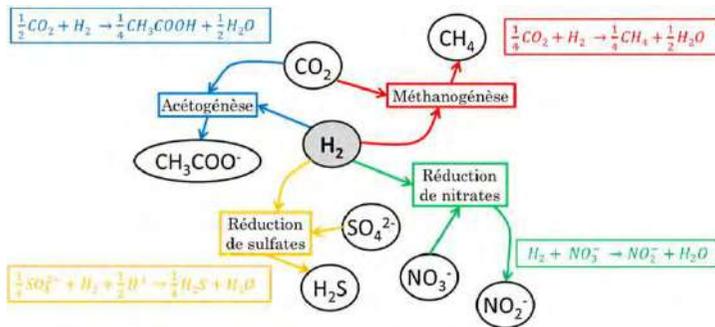
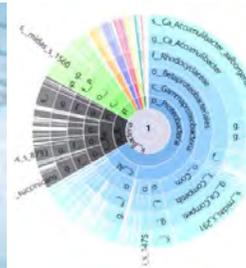
Réactivité microbologique

Axes de recherche

Etude des mécanismes d'écoulement en milieux poreux

Signature microbienne des environnements profonds

Isolement, culture, mesure de l'activité microbienne



R&D: BESOINS FUTURS - ÉVOLUTION & ADAPTATION DES OUTILS

Outils expérimentaux



Batch/core flood experimental facilities

- Study of microbial activity in porous media (in development)

Gas analysis

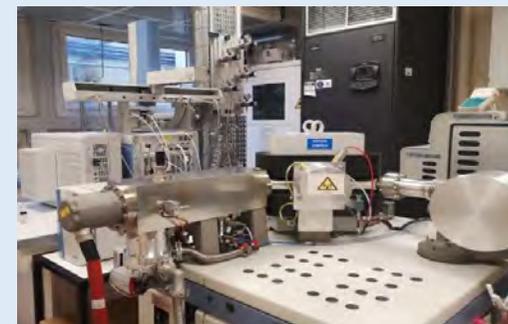
Gas chromatography



Noble gases analysis



Isotopes analysis

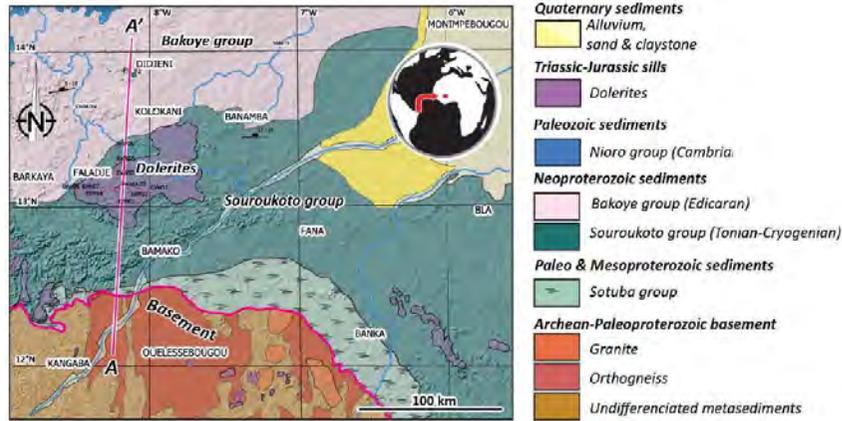


NATIVE HYDROGEN : CASES STUDIES – PHD WORK

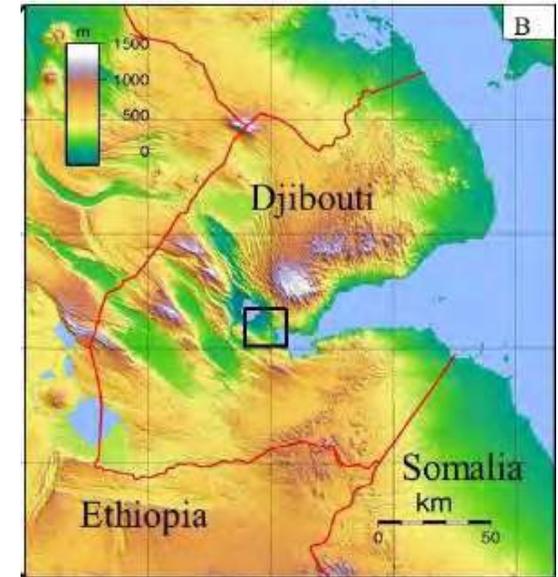
Énergies
renouvelables



Kansas (2016)



Mali (on going)



Djibouti (on going)



Oman (2011)



New Caledonia (2017)

DÉVELOPPEMENTS SPÉCIFIQUES

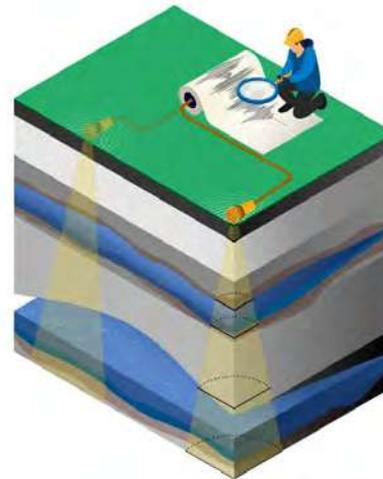
● Mesures en surface par sonde permanente

45-8 ENERGY



● Sismique passive

Geolinks



SYNTHÈSE

- **L'existence d'hydrogène dans le sous-sol est aujourd'hui établie**
- **La connaissance d'ensemble a fortement progressé ces dernières années, cependant, les ressources disponibles, les réserves éventuelles et les méthodes de production font encore l'objet de grandes incertitudes**
 - De nombreuses questions scientifiques restent encore ouvertes sur les mécanismes de formation, de migration et d'accumulation dans le sous-sol
- **L'apport potentiel de cette ressource pour la transition énergétique reste à évaluer**
- **Une éventuelle production importante d'hydrogène naturel pour le marché mondial ne peut vraisemblablement pas être attendue avant 2035-40**
- **Le financement de la R&D sur ce sujet est nécessaire et doit être amplifié si l'on veut envisager une production à l'échelle industrielle à l'horizon 2035/2040**