Prospective TOSCA 2024 - Introduction

A. Bégué, J. Boutin, A. Carbonnière, R. Cattin, P. Chambon, S. Cherchali, C. Crevoisier (Président sortant Tosca), A. Dabas, C. Deniel, A. Deschamps, O. de Viron, Y. Faugère, S. Gascoin, S. Le Gac, P.Y. Le Traon (Président entrant Tosca), P. Maisongrande, F. Perosanz, A. Sylvestre Baron

Sciences de la Terre : les objectifs

Connaitre et comprendre la Terre

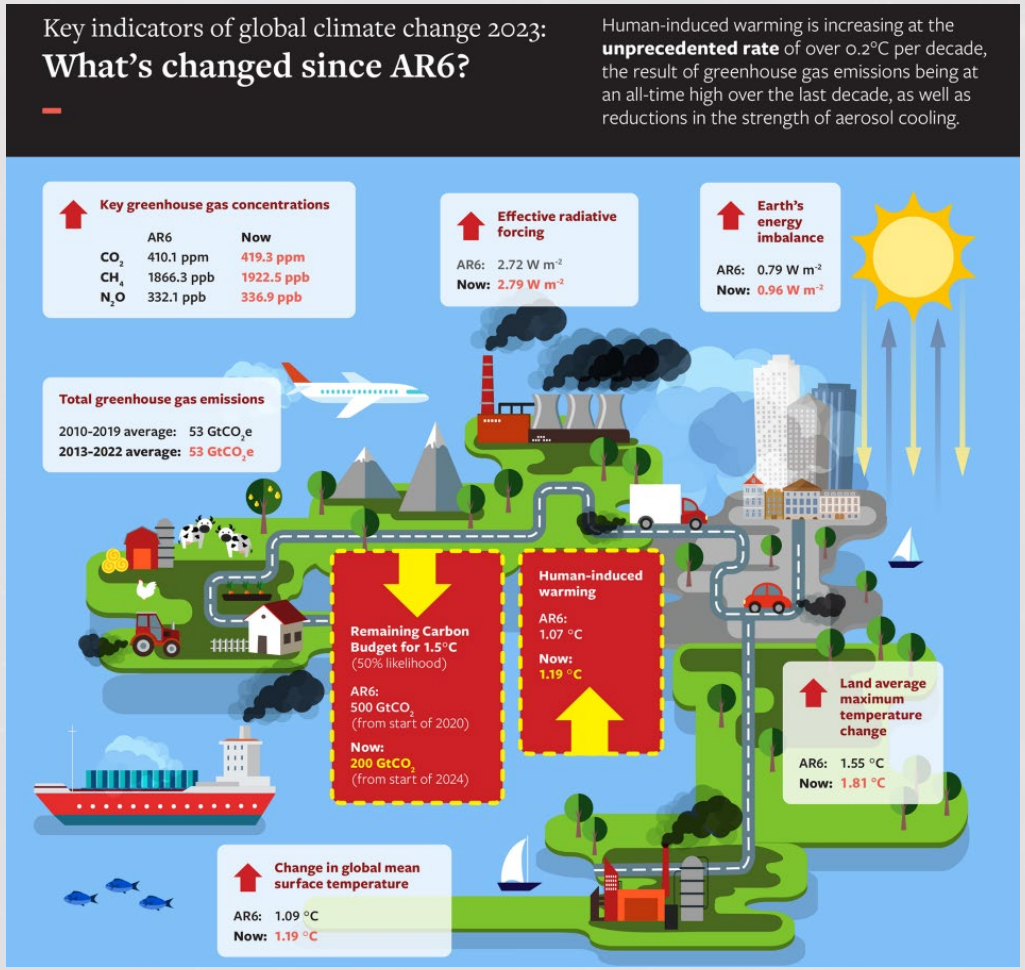
- **Comprendre le système Terre et les processus qui la contrôlent**
- **Prédire l'evolution de notre planète**
- **Comprendre l'impact de l'Homme**

Vivre mieux

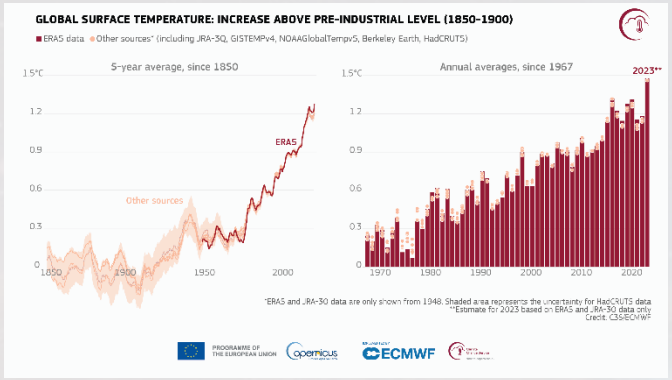
- **Prévoir notre environnement dans les prochains jours, semaines ou à plus long terme**
- **Prévoir et gérer les événements extrêmes**
- **Comprendre et gérer nos besoins en eau, en nourriture et en énergie**

➔ **Etudier et comprendre les processus sur une large gamme d'échelles spatio-temporelles en combinant l'ensemble des sous-systèmes terrestres**

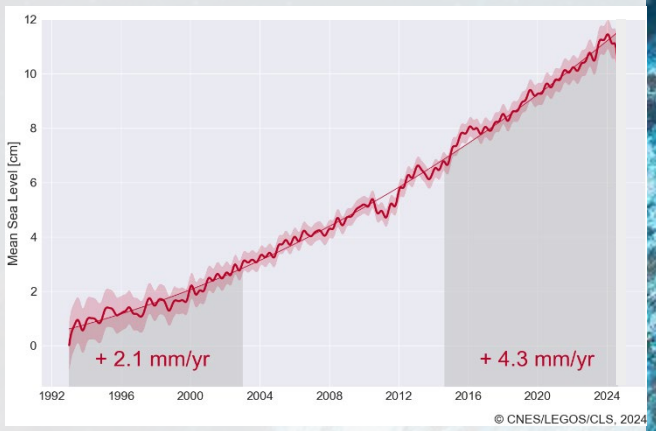
Changement climatique – des records et une accélération des changements



Forster et al., 2024



Température de surface



Niveau de la mer

Evènements extrêmes

Vagues de chaleur marine

Tempêtes, inondations

Questions scientifiques – Sciences de la Terre

- Des questionnements scientifiques qui perdurent sur la variabilité climatique et les cycles climatiques
- Des verrous à lever sur des processus clés du système Terre
- Des nouveaux questionnements: points de bascule, adaptation au changement climatique, terre interne, socio-écosystèmes, extrêmes, prévision et jumeaux numériques

Améliorer nos capacités d'observation de la Terre :

Un besoin impératif

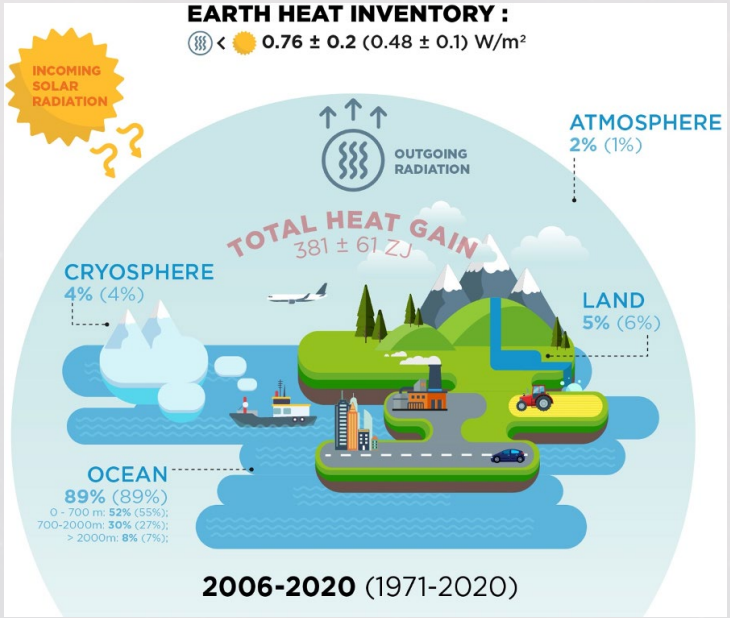
Sciences de la Terre : des enjeux sociétaux majeurs

- **Trois crises majeures : changement climatique, biodiversité et pollution**
- **Croissance démographique**
- **Des changements rapides et qui s'accélèrent – urgence climatique**
- **Une reconnaissance aux plus hauts niveaux politiques**
  - Agenda 2030 UN et objectifs de développement durable
  - COP Climat
  - COP Biodiversité
  - Conférence UN Océan

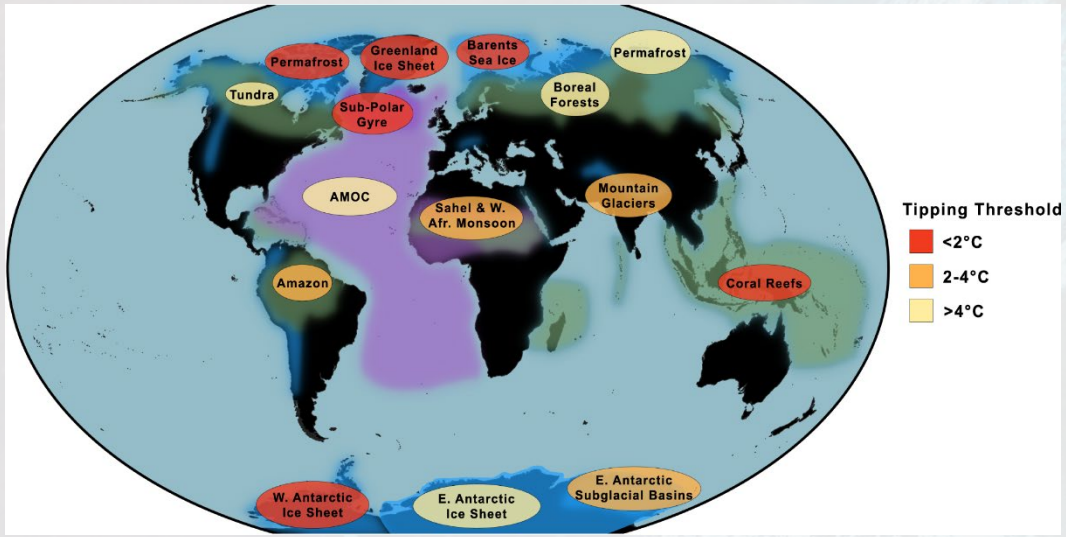
United Nations
2025 UN OCEAN CONFERENCE
June 2025, France

Les enjeux : comment va évoluer le climat dans les prochaines décennies ?

- Compréhension des grands cycles climatiques (énergie, eau, carbone)
- Risques de points de bascule ou de changements irréversibles

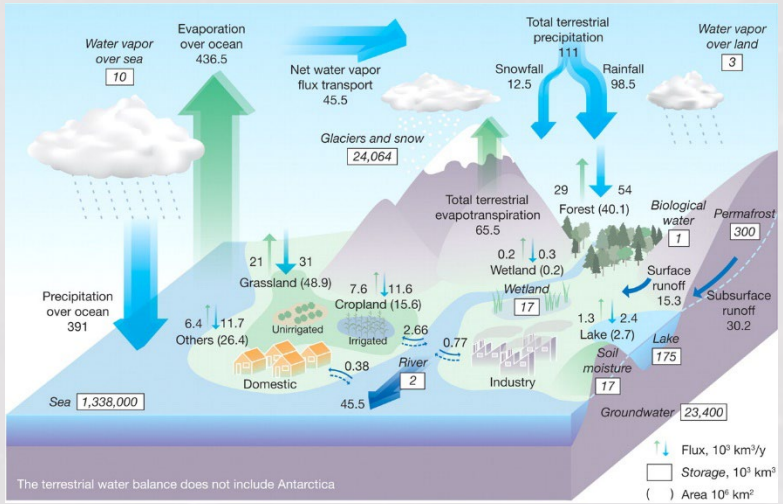


Von Schuckmann et al., Heat stored in the Earth system 1960–2020: where does the energy go?, *Earth Syst. Sci. Data*, **15**, 1675–1709 (2023).



Lenton, T.M. et al. Remotely sensing potential climate change tipping points across scales. *Nat Commun* **15**, 343 (2024).

Les enjeux: de l'échelle globale à l'échelle locale



Du global : compréhension du cycle de l'eau, de l'évolution des stock et flux entre les composantes du système Terre et des processus sous-jacents

… au local : gestion des ressources en eau

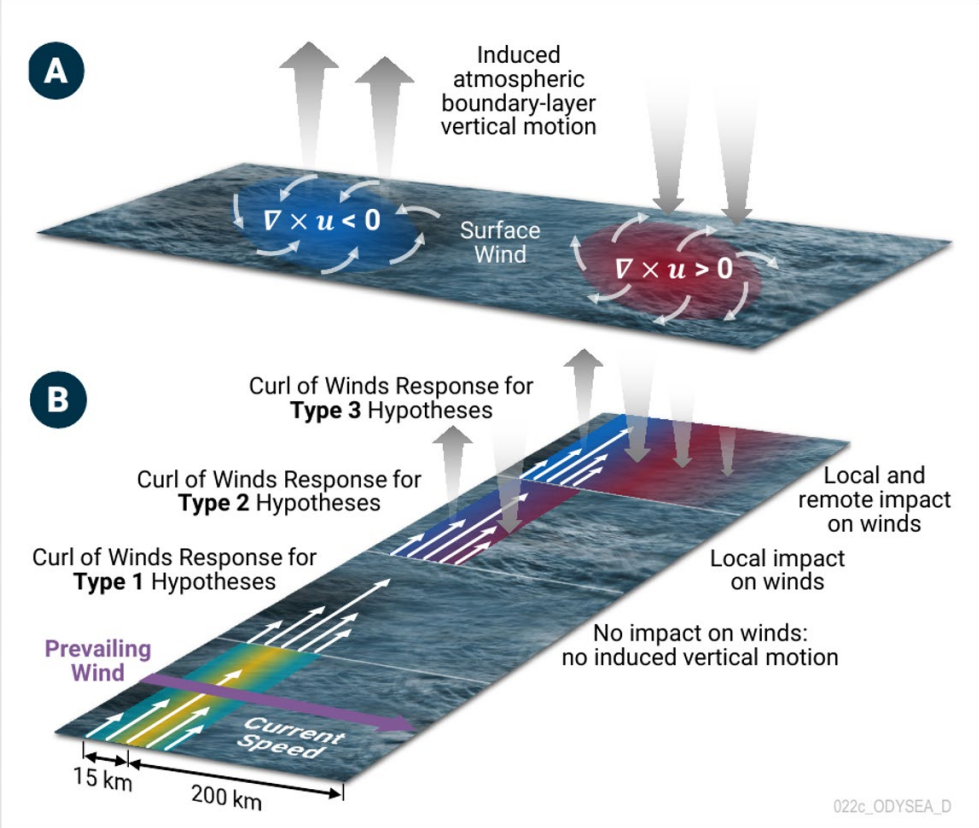
Du global : évolution de la biodiversité

… au local : quantifier les impacts des changements globaux sur les socio-écosystèmes et évaluer leur réponse

Des verrous à lever sur des processus clés

➢ Mécanismes de couplage dynamique entre l'océan et l'atmosphère

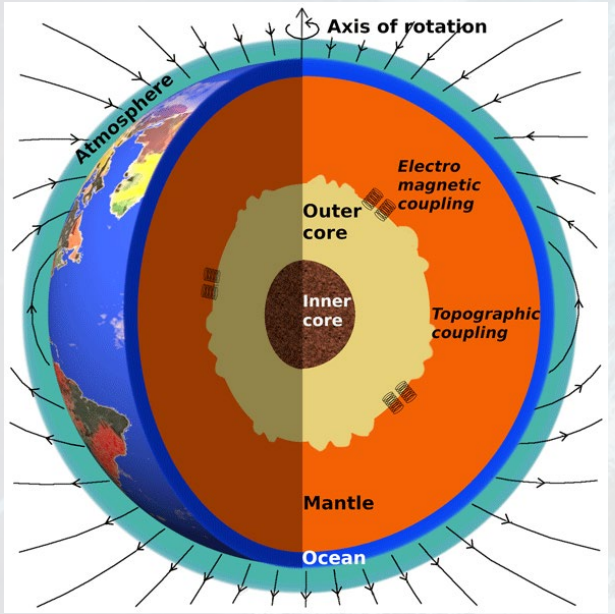
Comment et à quelles échelles le couplage entre les vents et les courants influence les nuages et les précipitations ?



Des questionnements nouveaux

➢ Interactions entre la Terre interne et ses enveloppes externes

- Oscillation périodique des champs magnétiques et gravimétriques, et des mesures de la rotation terrestre de 6 ans liée à la dynamique du noyau
- Période similaire détectée pour plusieurs paramètres caractérisant les enveloppes externes
- Couplage entre Terre interne et climat ? Mécanismes ?

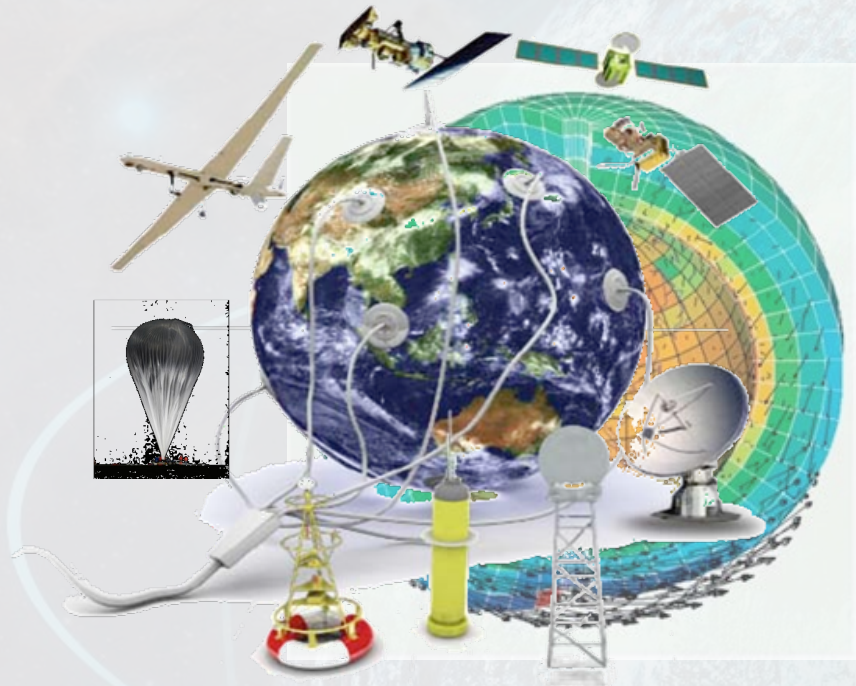


Cazenave, A et al. ESD Ideas: A 6-year oscillation in the whole Earth system?, Earth Syst. Dynam., 14, 733–735, 2023

Sciences de la Terre – Approche et rôle de l'observation spatiale

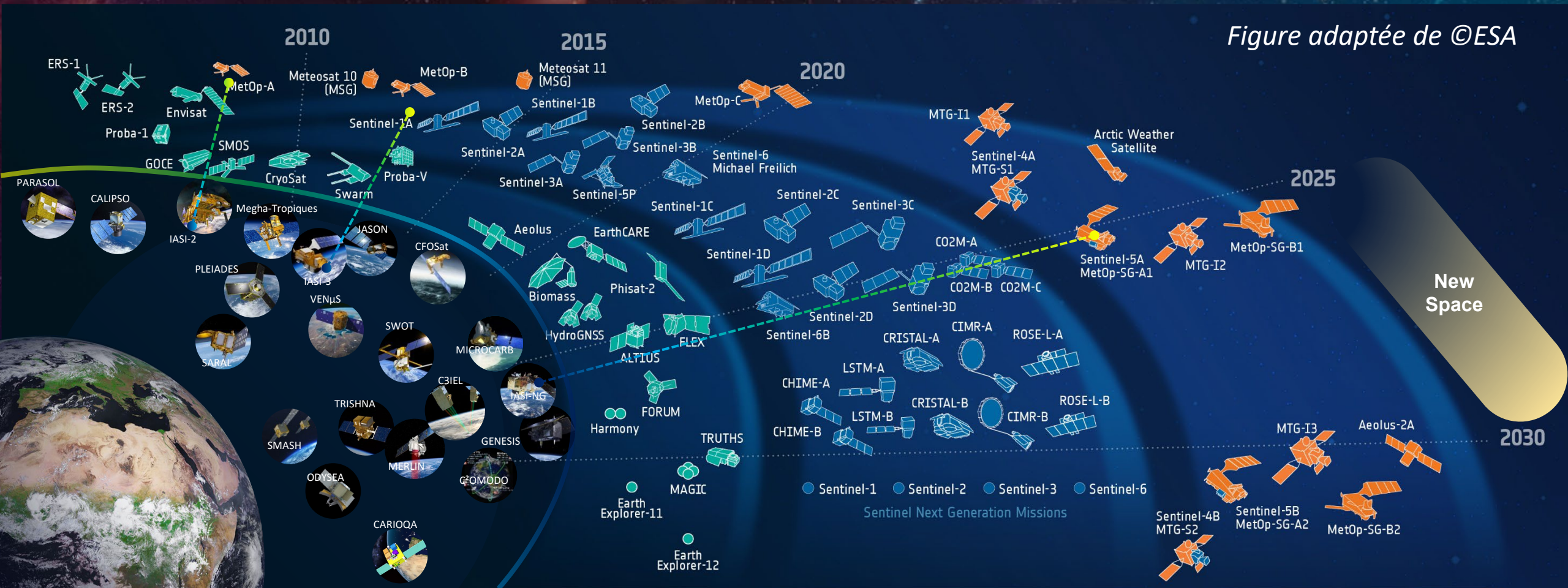
L'étude du **système Terre** nécessite une **approche intégrée** pour observer, modéliser et comprendre ses différentes composantes et leurs couplages et interactions.

- Rôle unique des **observations spatiales** : vision globale et répétée de paramètres essentiels.
- **Observations in-situ / mesures sol** indispensables : calibration/validation des mesures satellitaires et observation de paramètres non observables par satellites.
- **Modélisation** fondamentale pour expliquer les phénomènes, décrire l'état de la planète, prévoir son évolution et développer des scénarios (**jumeaux numériques**).



Observation de la Terre en Europe – contexte programmatique

Figure adaptée de ©ESA

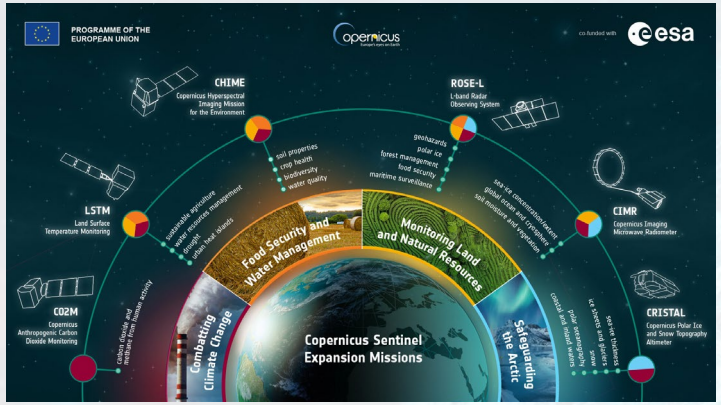


Le rôle spécifique du CNES

- Copernicus est un **changement de paradigme**. Montée en puissance avec le programme Sentinel Expansion et Sentinel NG (plus de 20 satellites en post 2030).

- Le Cnes doit être **un acteur majeur dans la définition et la mise en oeuvre de Copernicus** en collaboration avec l'UE, l'ESA et Eumetsat. Accompagner la participation des laboratoires français.

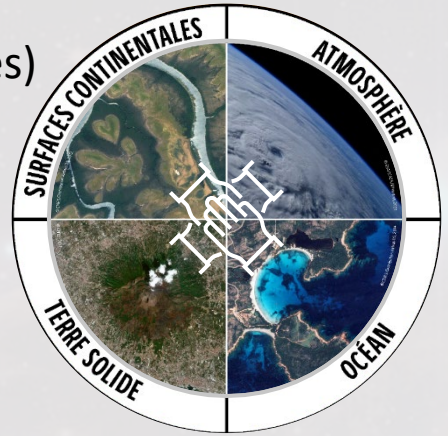
- Le Cnes doit être une force de proposition et de développement pour **des missions ou des concepts innovants** pouvant être ou non intégrés à terme dans les programmes d'observation à long terme (e.g. implication du Cnes dans Swot).



Approche prospective TOSCA

- **Bilan** (priorités passées non réalisées)
- Analyse de l'**appel à idées**
- Prospectives

- Questions et priorités scientifiques des **groupes thématiques**



- **Verrous** à lever
- Analyse des **manques**
- Nouveaux **besoins**

Synthèse TOSCA
Vision système Terre et priorisation

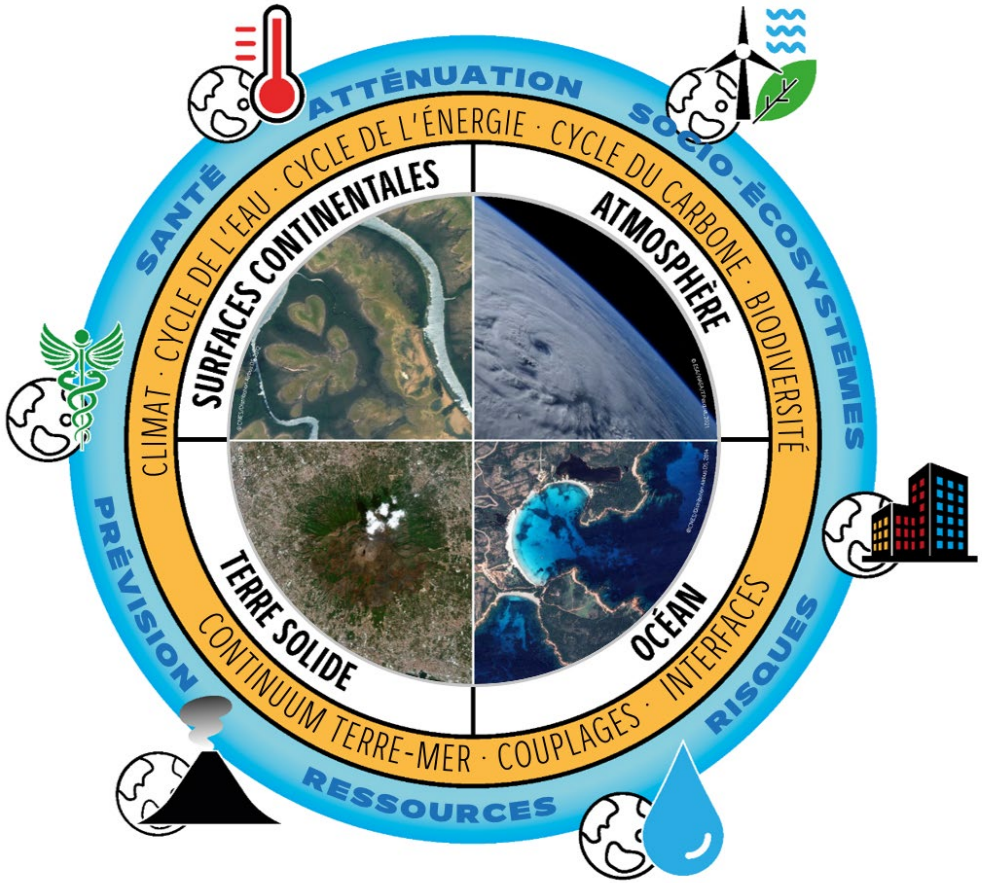
→ **Priorités** pour missions CNES et multilatérales, missions dans un cadre Europe et actions R&T

→ **Recommandations** sur l'instrumentation in-situ/mesures sols, l'exploitation scientifique, les pôles de données, l'accompagnement de la recherche, le New Space

Prospective des groupes TOSCA

Surfaces Continentales
Simon Gascoin

Terre Solide
Rodolphe Cattin



Atmosphère
Philippe Chambon

Océan
Jacqueline Boutin