

# CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ENJEUX EN MÉDITERRANÉE

## EAU-ÉNERGIE-ALIMENTATION-BIODIVERSITÉ

Philippe Drobinski

Laboratoire de Météorologie Dynamique – Institut Pierre Simon Laplace  
*CNRS, Ecole polytechnique, Ecole Normale Supérieure, Sorbonne Université*

&

Directeur du centre Energy4Climate  
*Institut Polytechnique de Paris*  
*Institut Polytechnique de Paris, CNRS*

[philippe.drobinski@lmd.ipsl.fr](mailto:philippe.drobinski@lmd.ipsl.fr)

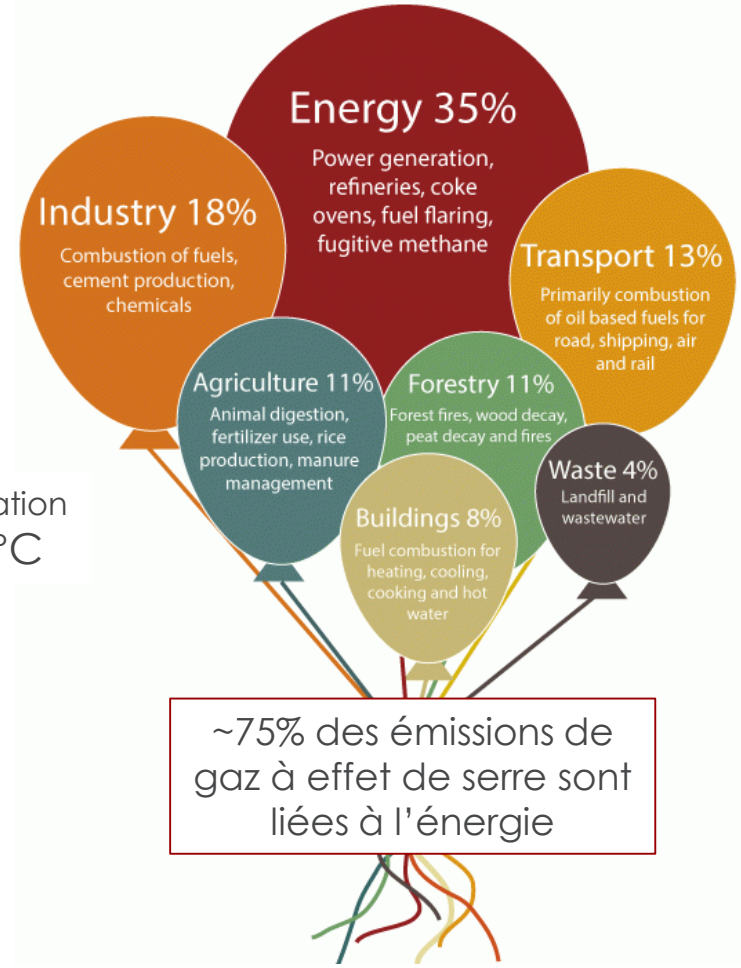
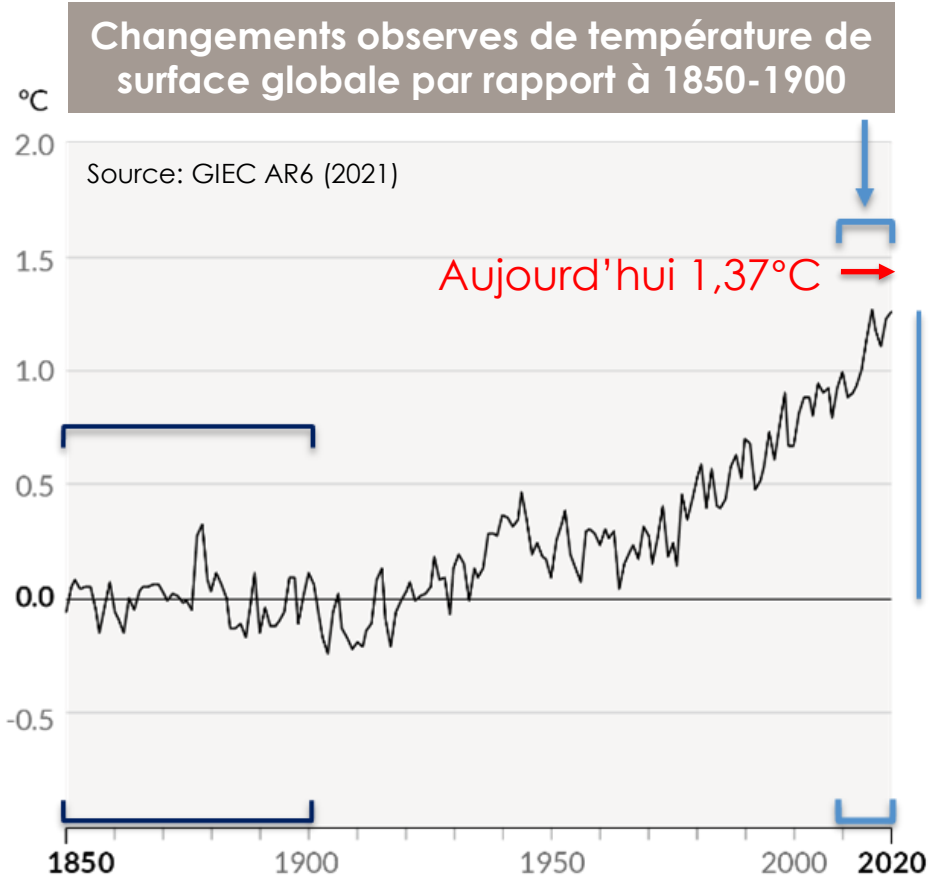
# Temperature anomalies

De combien la température moyenne a-t-elle augmenté sur Terre depuis l'ère préindustrielle ?

Data source:  
NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)  
Land-Ocean Temperature Index, ERSSTv4, 1200km smoothing  
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>  
Average of monthly temperature anomalies. GISTEMP base period 1951-1980.

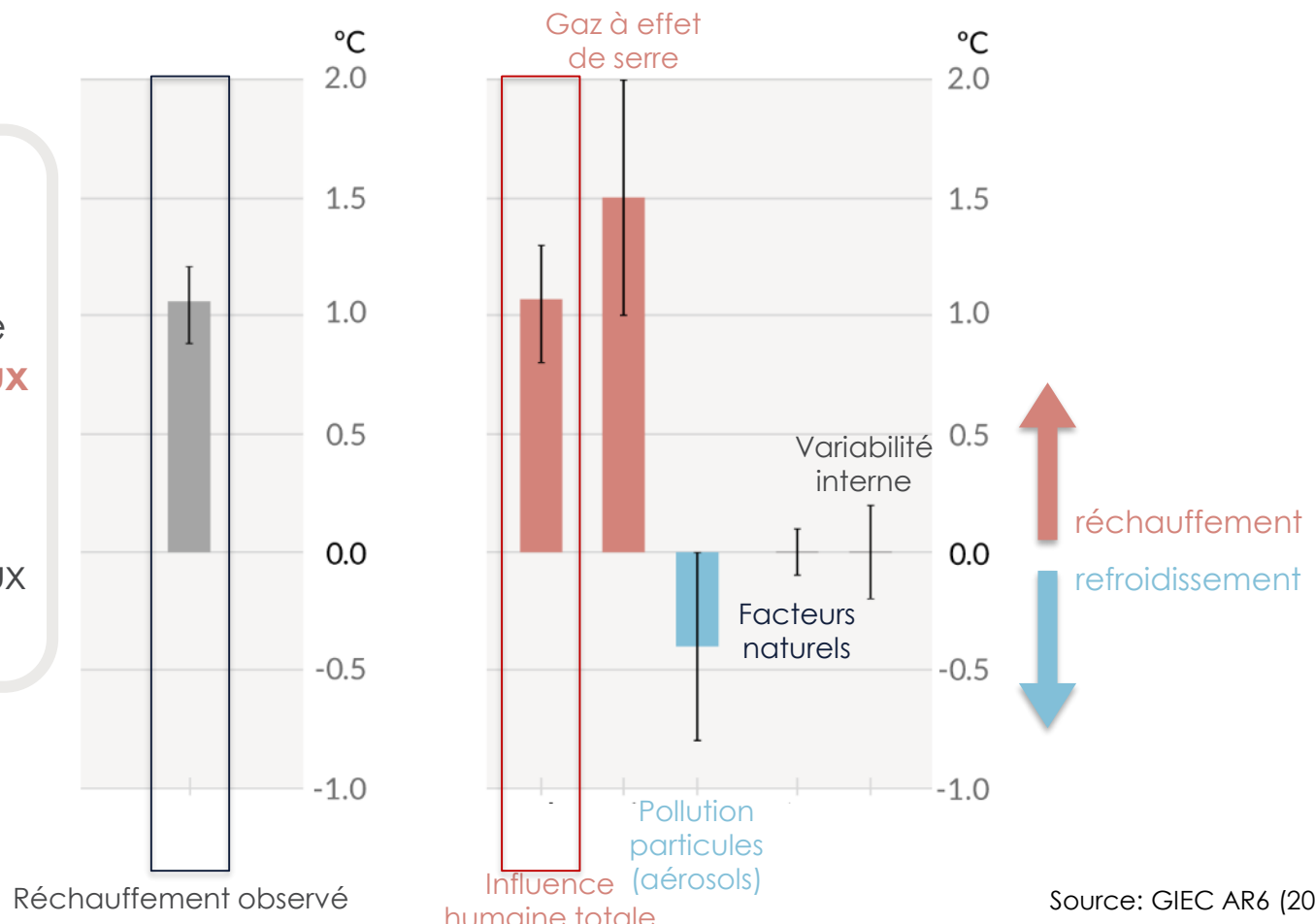


# 1 L'influence humaine a réchauffé le climat



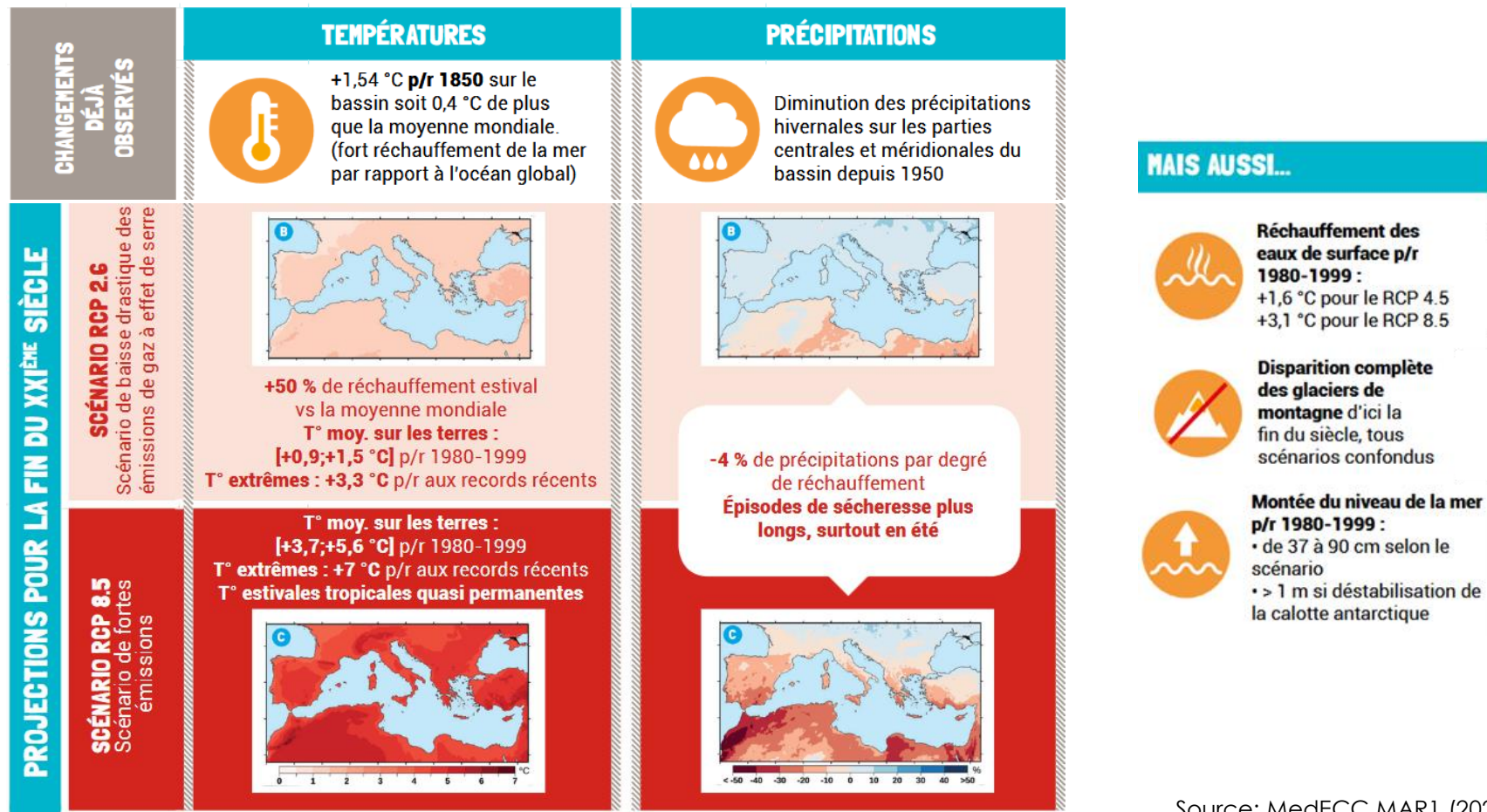
# 1 L'influence humaine a réchauffé le climat

**Le réchauffement observé** est dû aux émissions issues **des activités humaines**, le réchauffement dû **aux gaz à effet de serre** étant partiellement masqué par le refroidissement dû aux **aérosols**



Source: GIEC AR6 (2021)

## ② Facteurs du changement environnemental en Méditerranée

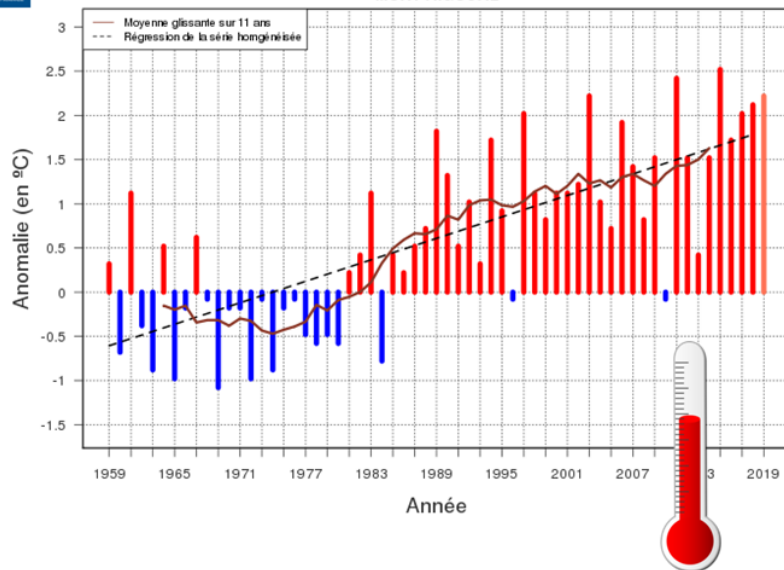


## ② Facteurs du changement environnemental en Méditerranée

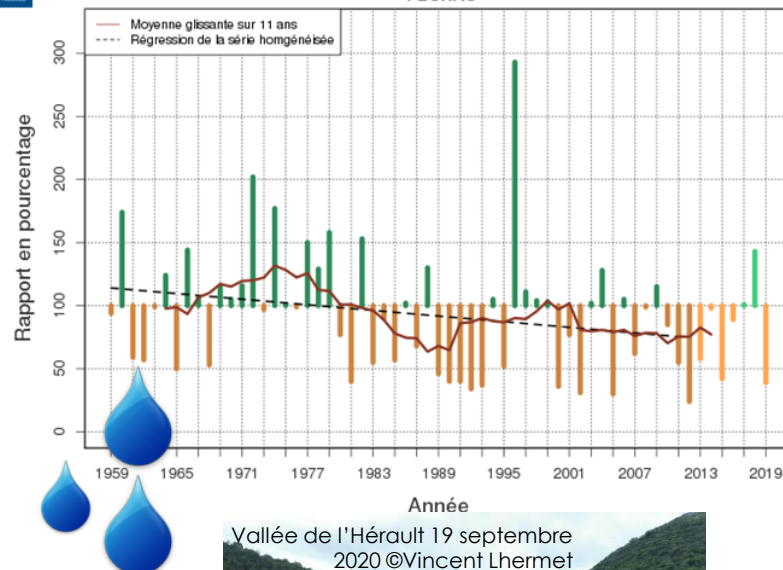
### FOCUS SUR LES CÉVENNES



ANOMALIE DE TEMPERATURE MAXIMALE ANNUELLE - REFERENCE 1961-1990  
MONT AIGOUAL



RAPPORT A LA REFERENCE 1961-1990 DU CUMUL HIVERNAL DE PRECIPITATIONS  
FLORAC



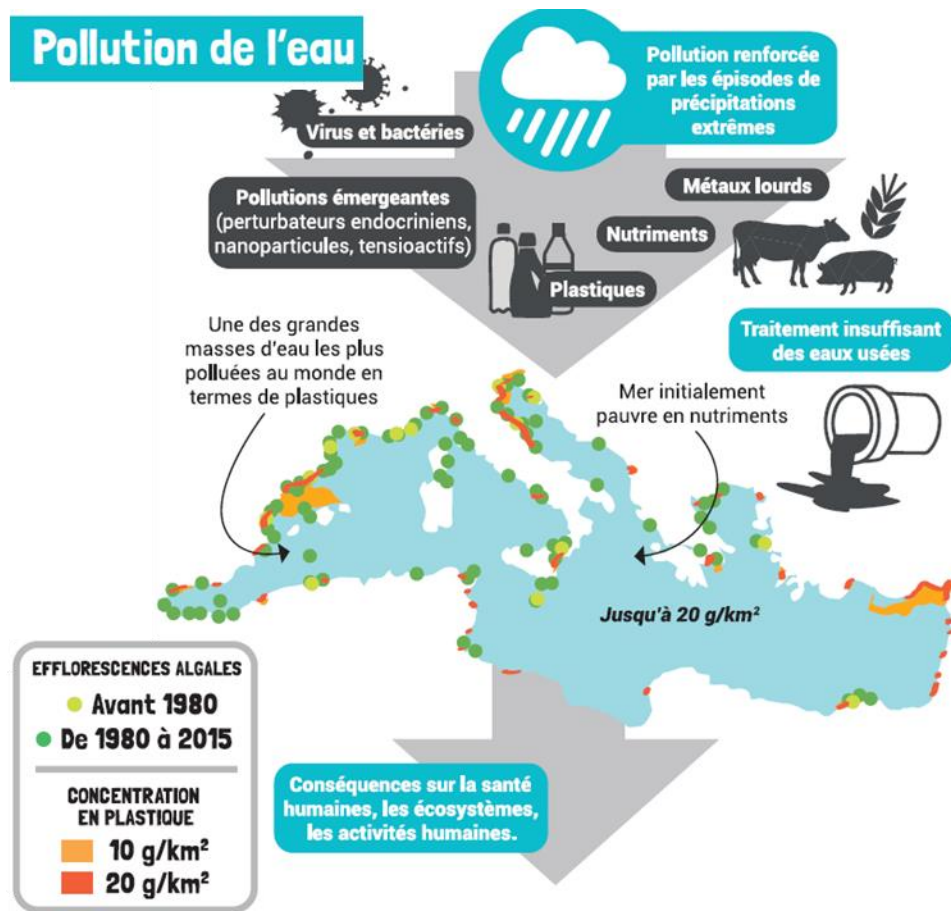
### Des épisodes cévenols plus fréquents

- Oui, les épisodes cévenols existaient avant le changement climatique
- Mais leur fréquence et leur intensité augmentent avec le changement climatique
- Notre vulnérabilité aux crues dépend de l'intensité de ces épisodes et de l'aménagement du territoire



## ② Facteurs du changement environnemental en Méditerranée

### Pollution de l'eau



### Pollution de l'air

- Une des plus fortes concentrations au monde de **polluants gazeux** (trafic maritime)
- Particules proviennent de **sources anthropiques** (transport industrie) et **naturelles** (Sahara, sels marins, feux de forêts)
- **Pollution intensifiée par les conditions climatiques** (fort ensoleillement, circulation atmosphérique)



**Renforcent les pollutions atmosphériques et maritimes**



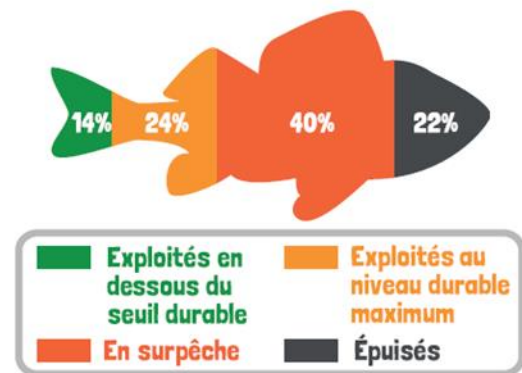
## ② Facteurs du changement environnemental en Méditerranée

### Changement d'utilisation des terres et de la mer

Le changement des paysages terrestres s'est accéléré pendant la seconde moitié du 20ème siècle.

- Urbanisation (Nord et Sud, littoral)
- Abandon de l'agropastoralisme (Nord)
- Intensification de l'agriculture et de l'élevage (Nord et Sud)

La répartition des espèces maritimes entre les différents niveaux d'exploitation est similaire en Méditerranée et au niveau mondial.



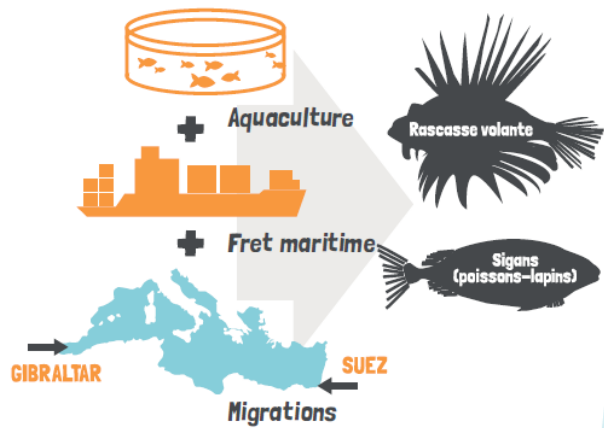
La surexploitation des ressources marines et la pêche non durable sont les principaux facteurs du déclin de la population des espèces marines.

## ② Facteurs du changement environnemental en Méditerranée

### Espèces non indigènes

De nombreuses espèces non indigènes, marines et terrestres, envahissent la région méditerranéenne.

#### ➡ EN MER (Différentes origines)



➡ **SUR TERRE** Plus de la moitié des **invertébrés introduits** (accidentellement) **sont des nuisibles phytophages** qui provoquent des dégâts dans les cultures et les forêts (charançon rouge des palmiers ou chrysomèle des racines du maïs).

Avec l'augmentation des températures, les principales espèces non indigènes devraient migrer vers le nord de 37 à 55 km par décennie, laissant la place à de nouveaux arrivants.

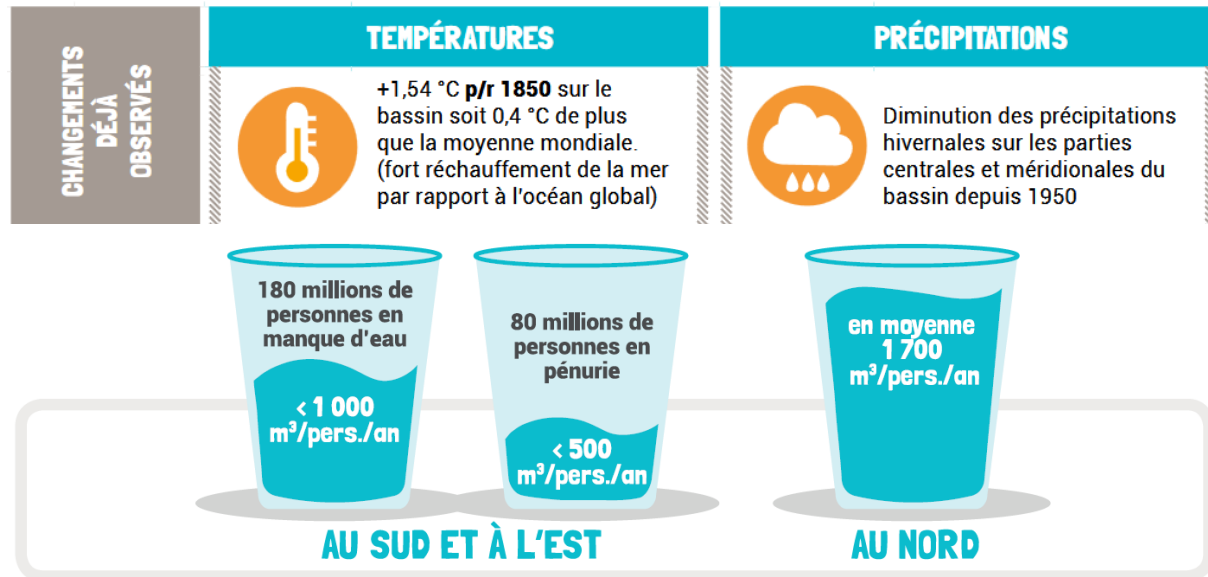
### ③ Risques en Méditerranée

Key risks in the Mediterranean and their locations for SSP5-RCP8.5 by 2100



Source: GIEC AR6 (2021)

### ③ Risques en Méditerranée



#### DES BESOINS MULTIPLES ET EN AUGMENTATION

- du fait du changement climatique et de l'augmentation de la population (au sud et à l'est).
- Plus de 70 % de la surface agricole est déjà irriguée dans certains pays (Égypte, Israël, Liban, Grèce).

#### UNE RESSOURCE QUI DIMINUE

- Les eaux de ruissellement diminueront pour deux raisons : la baisse des précipitations, et l'augmentation de l'évaporation.
- Les périodes de bas débit ou de débit nul augmenteront, avec pour conséquence des risques de sécheresse accrus. Les populations urbaines seront affectées.

## ③ Risques en Méditerranée



### L'ALIMENTATION

Deux chiffres flagrants illustrent le déclin des ressources d'ici 2050 :

**20 %** des populations marines exploitées disparaîtront du fait du changement climatique et environnemental.

**Le maïs :** de rendement (dans certains pays, selon le scénario RCP 8.5)  
**- 17 %**

### À L'AVENIR

- **S'adapter pour limiter en partie les pertes de rendement :** diversification des cultures, adaptation du calendrier et utilisation de nouvelles variétés adaptées aux conditions climatiques changeantes.

- **Changer les pratiques agricoles pour atténuer le changement climatique :** optimiser la fertilisation azotée, le stockage du carbone organique dans le sol et sa séquestration dans le bois coupé, gérer les résidus de culture.

### SOLUTIONS CÔTÉ CONSOMMATION

- **Des économies d'eau sont possibles dans l'agriculture par de bonnes pratiques :** adaptation des cultures, des apports en eau et nutriments, labour minimum, ...  
*Résultat du projet ACLIMAS sur 109 fermes : Rendements +19 à 33 %, et consommation d'eau -20 à 50 % !*
- **Au niveau de l'alimentation,** il existe deux leviers : réduction du gaspillage et retour au

régime méditerranéen traditionnel (3 fois moins de viande, produits laitiers et sucre, 3 fois plus de fruits, légumes et céréales). Pour un même volume d'eau, ce régime apporte davantage d'énergie, fibre, macro et micro-nutriments.

*Estimation des économies : -22.8 % d'eau consommée avec ce changement de régime, -3.5 % par la réduction du gaspillage : une économie de plus d'un quart !*

### ③ Risques en Méditerranée

#### L'ÉNERGIE

Charbon en nette diminution,  
Énergies Renouvelables (ENR) en augmentation.  
**Nord : Diminution de la consommation  
et diversification énergétique.**



#### FORCES

#### OPPORTUNITÉS



Production d'énergie grâce à la  
biomasse en forte augmentation, le solaire  
devrait connaître la croissance la plus rapide.  
**Sud & Est : Haut potentiel pour le solaire (en  
particulier pour les chauffe-eau solaires).**

Utilisation de gaz naturel x2 depuis 1996.  
Utilisation du pétrole ne diminue pas.  
**Sud & Est : Croissance démographique et  
économique entraînant une  
augmentation de la consommation.**



#### FAIBLESSES

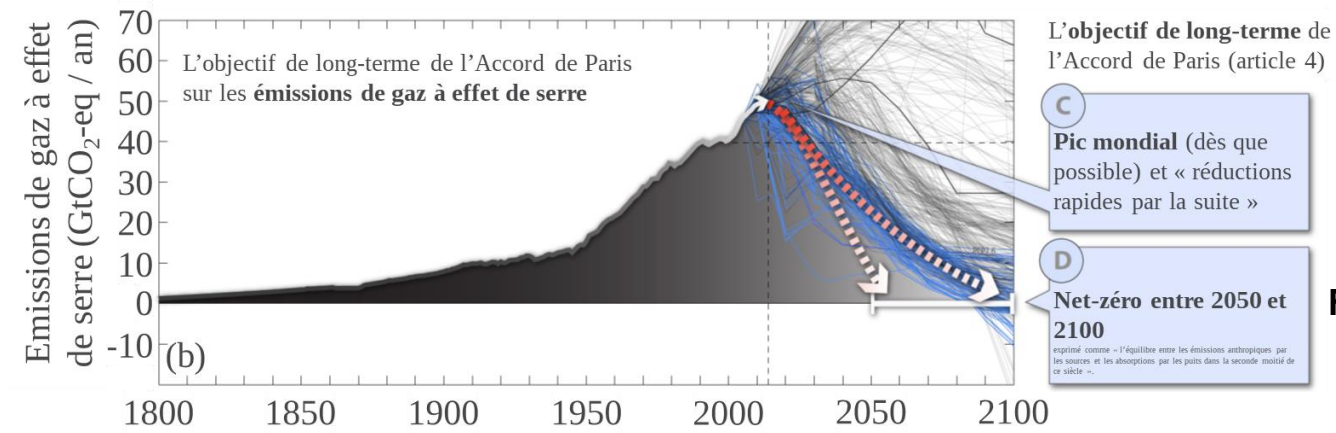
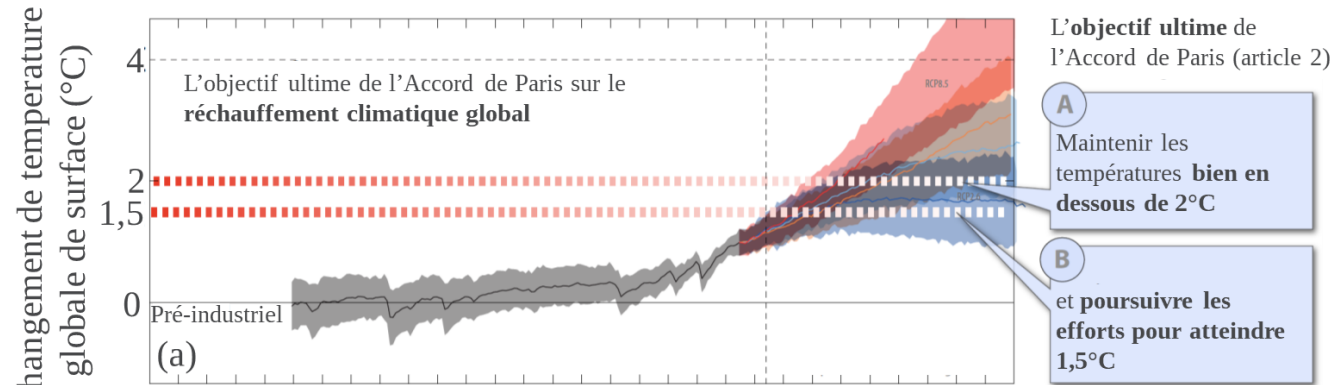
#### RISQUES

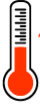


Moins de débit pour les barrages,  
moins de refroidissement des centrales  
thermiques.  
Sites ENR menacés par les événements  
extrêmes. Augmentation des demandes  
énergétiques pour produire du froid.  
**Sud & Est : Certains pays dépendent de leur  
production d'énergie fossile.**



# 4 L'accord de Paris cadre les trajectoires futures



 **+2°C**  
20% d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins en 2030 par rapport à 1976-2005

## Stress hydrique



**+490.000.000**  
Personnes exposées aux pénuries d'eau

## Risque de crues



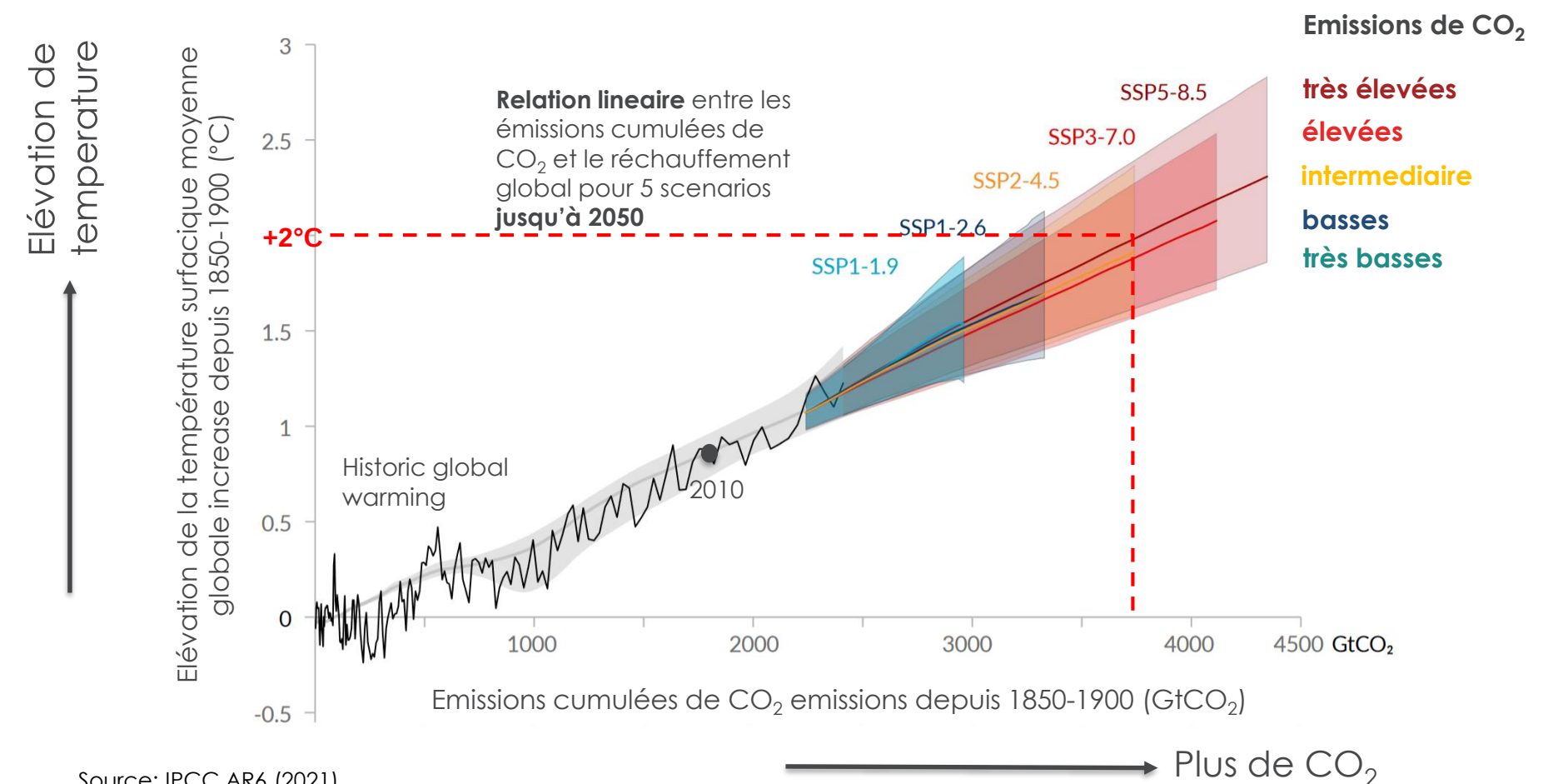
**x2,7**  
Nombre de personnes exposées aux inondations

## Réduction du stock halieutique



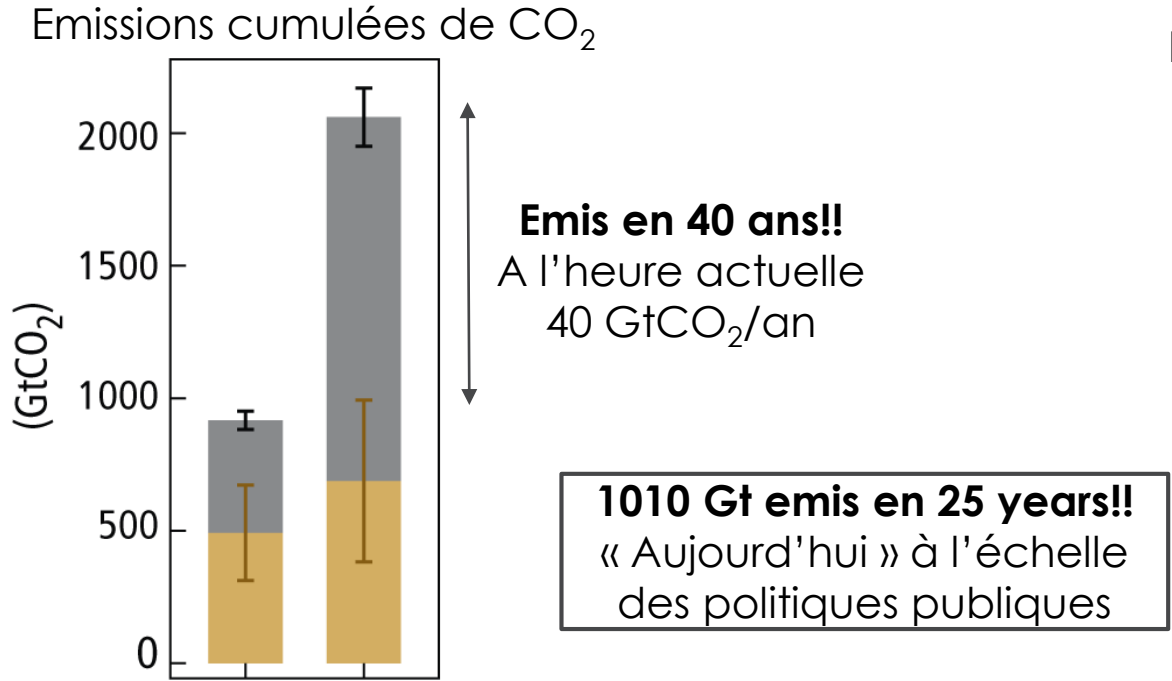
**- 3.000.000 t**  
de produits de la pêche

# 4 L'accord de Paris cadre les trajectoires futures



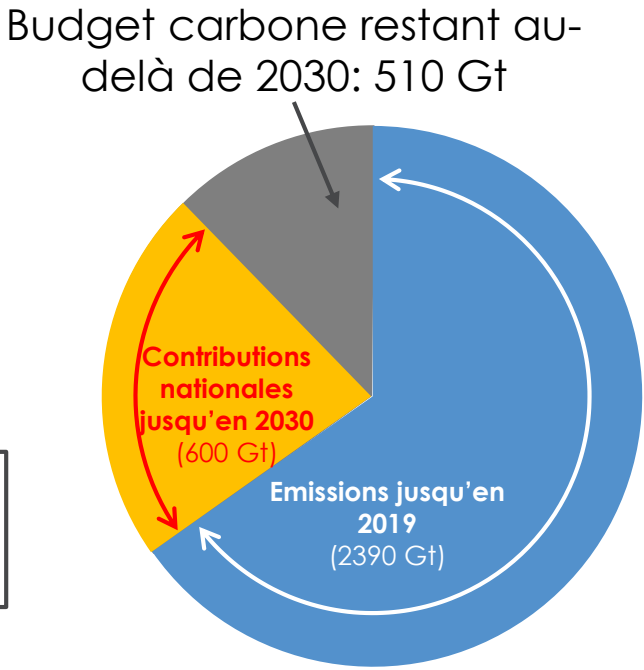
Source: IPCC AR6 (2021)

# 4 L'accord de Paris cadre les trajectoires futures



Source: IPCC  
AR5 (2014)

- Combustibles fossiles, ciment et torçage
- Foresterie et autres utilisations des terres



Budget carbone pour  
un réchauffement  
global limité à 2 ° C

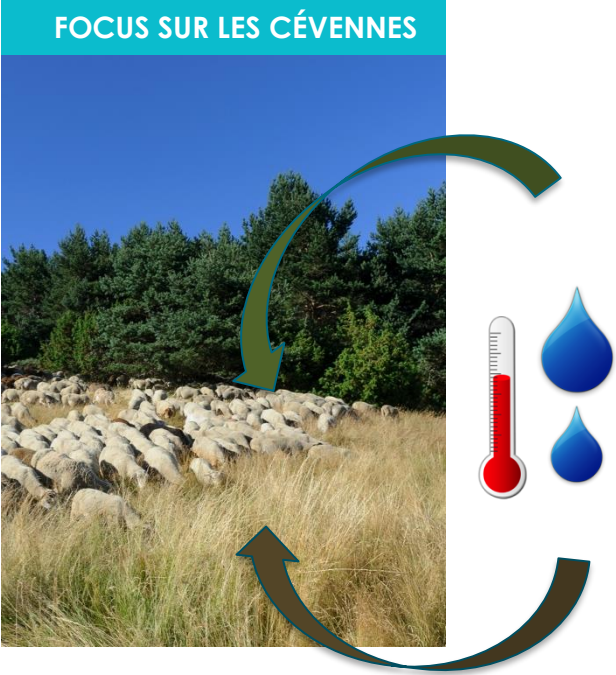


## 5 Quelles solutions à ces défis ?

- **Atténuation** : Intervention anthropique visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre (GIEC, 2001)
- **Adaptation** : Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou attendus ou à leurs effets, permettant d'en modérer les conséquences néfastes ou d'en exploiter les opportunités bénéfiques (GIEC, 2001)
- **Solution** : option **efficace, réalisable** et conforme aux **principes de justice** (GIEC, 2022).
  - Les **solutions incrémentales** consistent en des **changements marginaux apportés progressivement** au système existant.
  - Les **solutions transformatrices** impliquent des **changements non linéaires** qui nécessitent fondamentalement une augmentation des interventions humaines et une réorganisation du système, modifiant ainsi son fonctionnement. Elles peuvent toutefois constituer la réponse la plus appropriée lorsque :
    - la gravité des impacts attendus est particulièrement élevée ;
    - le temps disponible pour la mise en œuvre est court en raison de la gravité des impacts ;
    - les options d'adaptation progressive actuelles atteignent leurs limites en termes de mise en œuvre et de fonctionnement.
- **Maladaptation** : Modification des systèmes naturels ou humains en réponse au changement climatique qui, involontairement, accroît la vulnérabilité au lieu de la réduire. Elle correspond à l'une des trois situations suivantes : 1) une utilisation inefficace des ressources par rapport à d'autres options d'utilisation ; 2) un transfert incontrôlé de la vulnérabilité ; ou 3) un mauvais calibrage.

# 5 Quelles solutions à ces défis ?

Les impacts sont le plus souvent multiples



**Stress  
thermique et  
hydrique sur  
les animaux  
et sur les  
prairies**

## IMPACTS

- Reproduction
- Productivité et qualité des produits
- Santé et bien-être



- Changements dans la période de croissance des végétaux
- Productivité et qualité des fourrages

## ADAPTATION

- Décalage des cycles de production
- Races plus rustiques
- Utilisation plus efficace des parcours
- Reconquête de parcours délaissés car trop excentrés
- Adaptation des espèces et variétés fourragères, diversification

## 5 Quelles solutions à ces défis ?

?

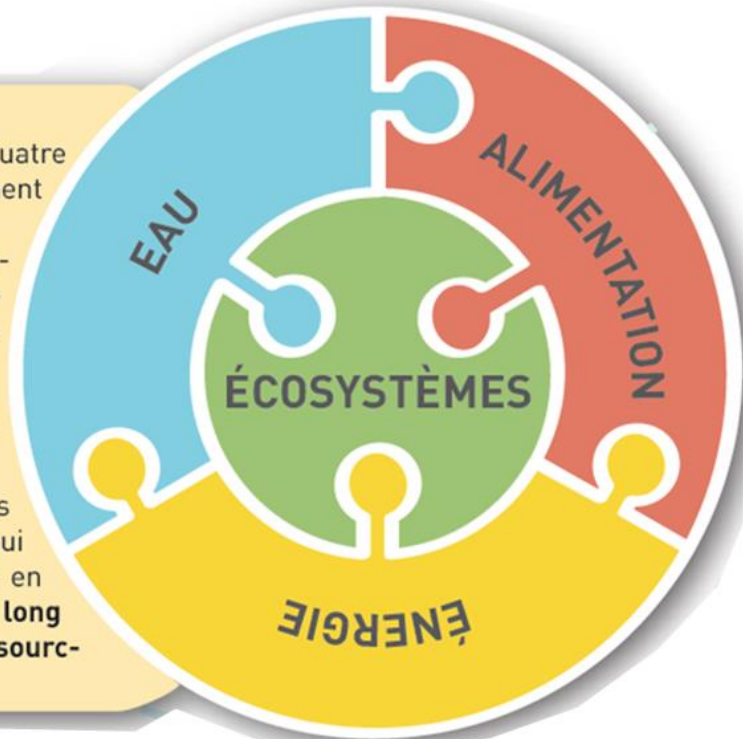
**NEXUS** (n.m): une connexion ou série de connexions reliant deux éléments ou plus.

### L'importance du nexus WEFE

Le concept de nexus WEFE met en évidence l'interdépendance de quatre secteurs critiques. Toute crise dans l'un de ces secteurs peut rapidement avoir des répercussions sur les autres :

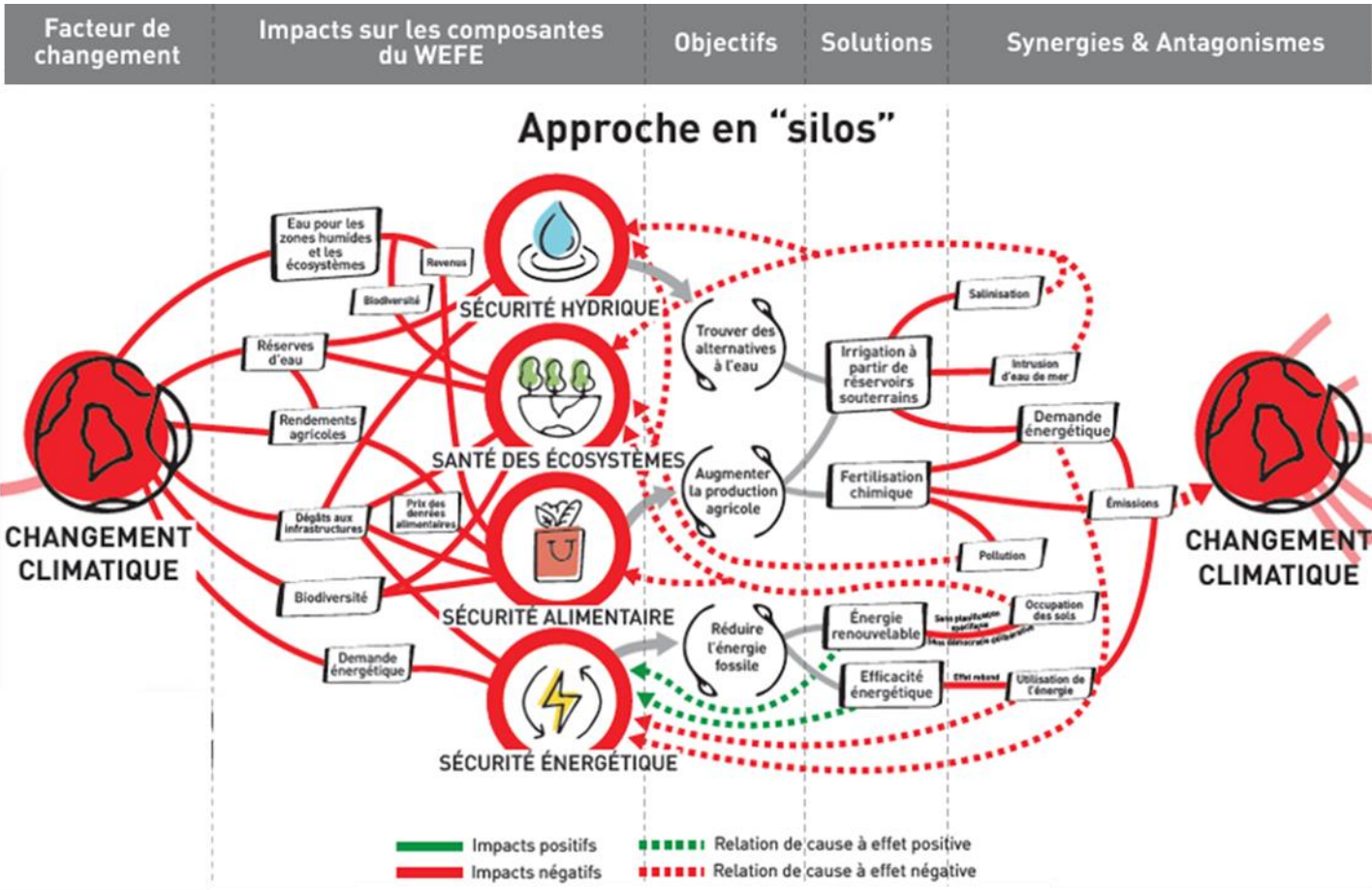
- Eau & Énergie : des débits fluviaux plus faibles réduisent la production hydroélectrique et peuvent rendre l'utilisation d'énergie fossile nécessaire, faisant augmenter à la fois les coûts et les émissions de gaz à effet de serre (GES).
- Eau, Alimentation & Écosystèmes : une irrigation excessive appauvrit les nappes phréatiques, nuisant ainsi aux écosystèmes supportant la biodiversité et la pollinisation, et donc à l'agriculture.

L'approche nexus intègre l'analyse des interactions entre toutes les composantes du WEFE afin d'identifier des compromis ou co-bénéfices qui pourraient être négligés dans des approches monosectorielles. Mettre en place une telle approche en Méditerranée permettrait une stabilité à **long terme pour plus de 500 millions d'habitants, un accès équitable aux ressources, et la diminution du nombre de conflits liés à ces ressources.**



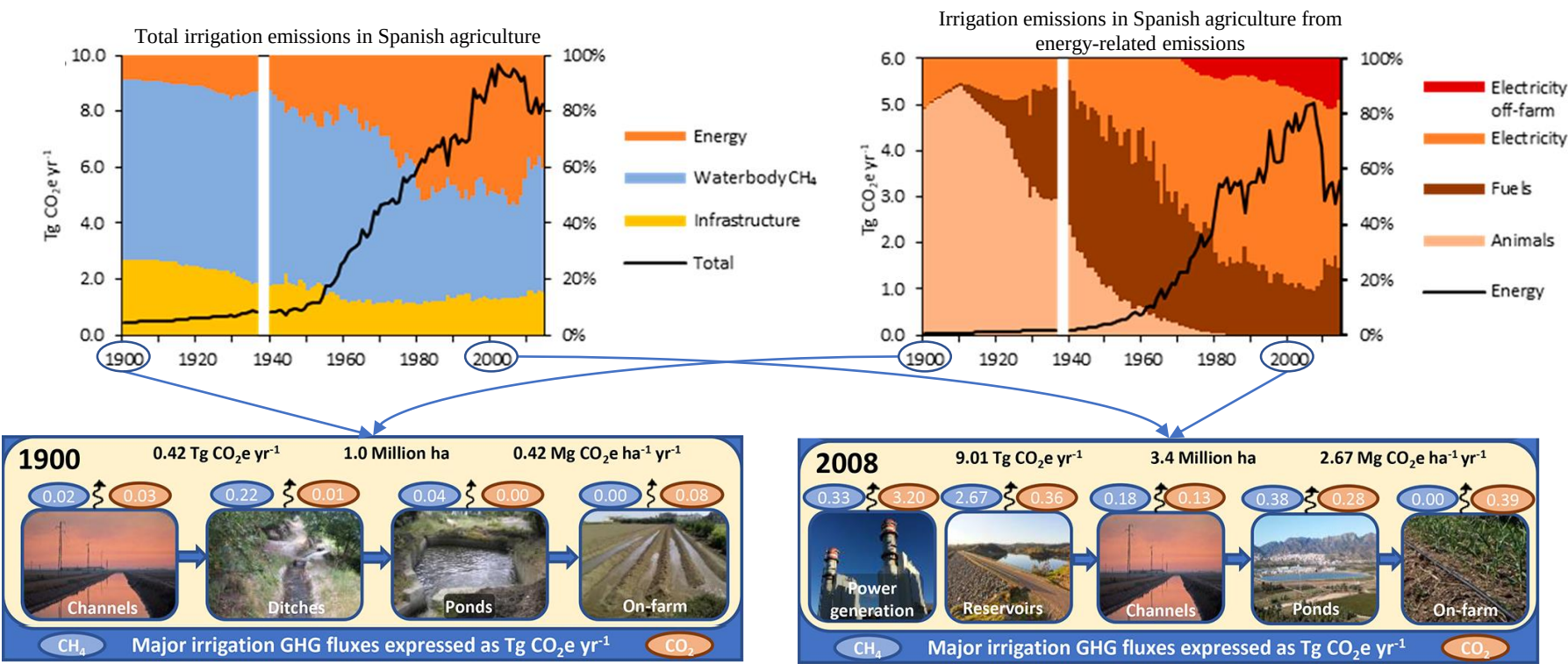
# 5 Quelles solutions à ces défis ?

Effet ruissellement et approche en silo pour l'adaptation



# 5 Quelles solutions à ces défis ?

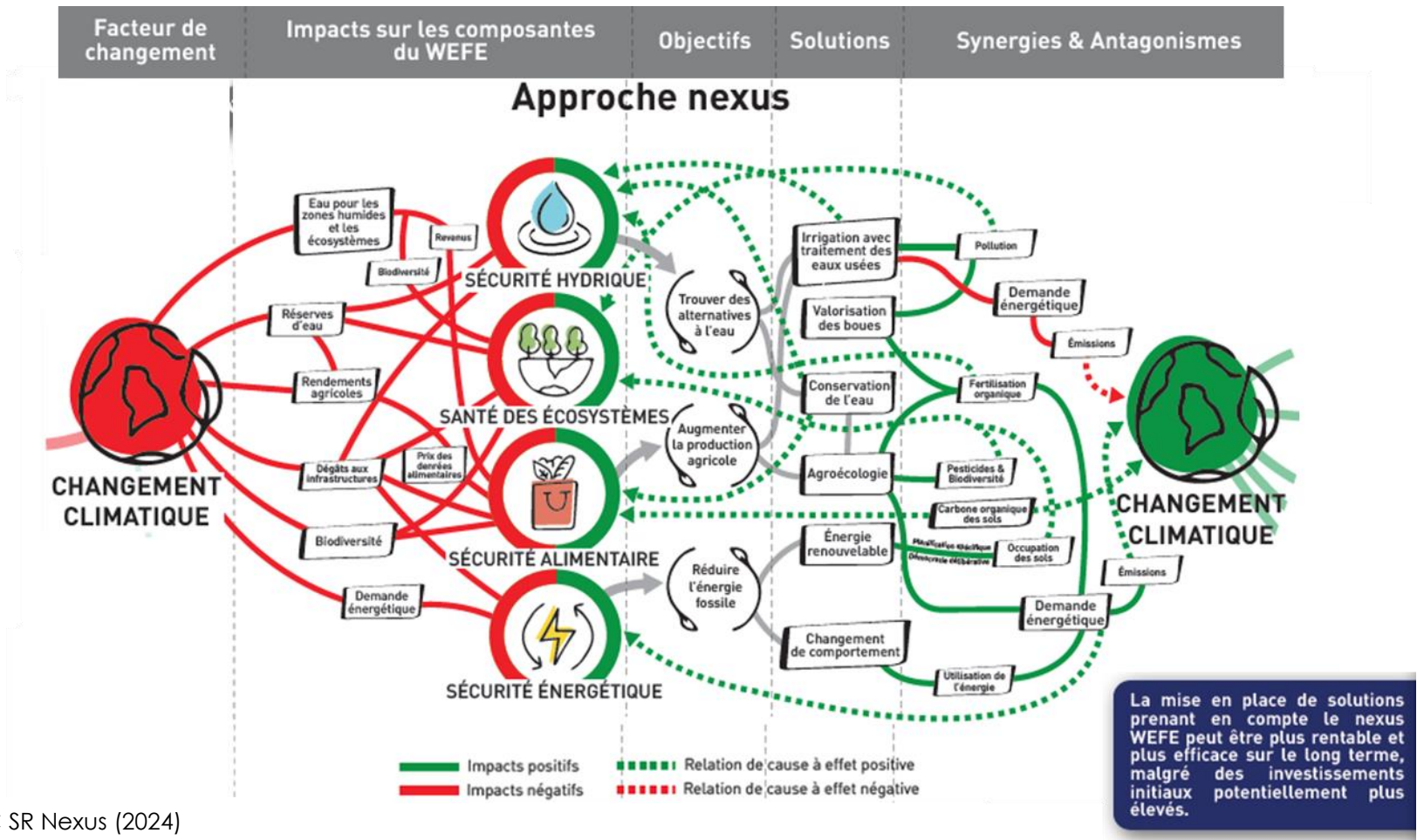
Emissions de gaz à effet de serre, eau, agriculture et énergie en Espagne... un exemple d'approche en silo.



Source: Aguilera et al. (2019)

# 5 Quelles solutions à ces défis ?

Effet ruissellement et approche intégrée (nexus) pour l'adaptation



Source: MedECC SR Nexus (2024)

## 5 Quelles solutions à ces défis ?

### Solutions suivant l'approche intégrée (nexus) pour l'adaptation

#### Solutions technologiques

- Techniques d'irrigation alternatives et plus durables
- Utilisation d'énergies renouvelables dans les secteurs agricole et eau
- Dessalement, souvent combiné à la production d'énergie bas-carbone
- Ressources en eau non conventionnelles et réutilisation des eaux usées
- Accroissement de la production de cultures destinées à la bioénergie sur des terres marginales



Source: Toledo and Scognamiglio (2021)

#### Changements comportementaux

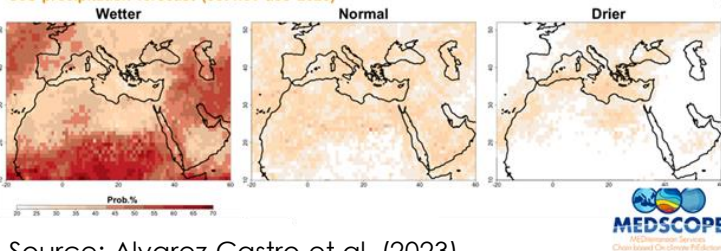
- Régime Méditerranéen
- Sobriété



#### Services numériques

- Systèmes d'alertes précoces
- Services climatiques

C3S precipitation forecast (oct-nov-dec 2023)



Source: Alvarez-Castro et al. (2023)

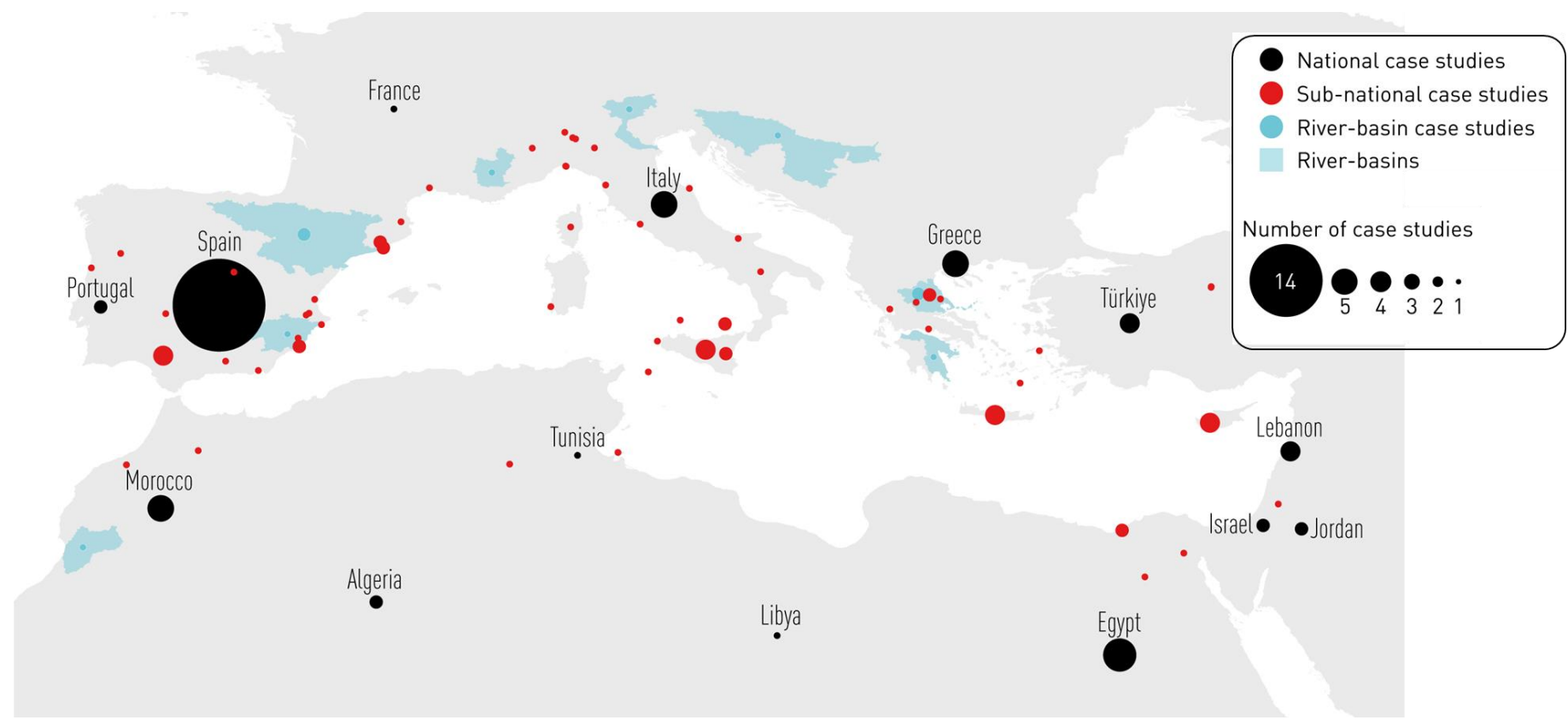
#### Solutions fondées sur la nature et les écosystèmes

- Ingénierie urbaine (e.g. végétalisation, jardin horticole, blanchissement des façades et toits,...)
- Zones humides et étangs artificiels ou naturalisés
- Agro-écosystèmes



# 5 Quelles solutions à ces défis ?

Solutions suivant l'approche intégrée (nexus) pour l'adaptation



Source: MedECC SR Nexus (2024)

# 5 Quelles solutions à ces défis ?

## Solutions suivant l'approche intégrée (nexus) pour l'adaptation

| Stratégies d'adaptation et d'atténuation du nexus WEFE | Réponses de gestion existantes dans le bassin méditerranéen                                     | Composante eau<br>💧<br>SDG 6 |    | Composante énergie<br>⚡<br>SDG 7 |    | Composante alimentation<br>🌱<br>SDG 2 |   | Composante écosystèmes<br>🌳<br>SDG 14<br>SDG 15 |   |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|----------------------------------|----|---------------------------------------|---|-------------------------------------------------|---|
|                                                        |                                                                                                 |                              |    |                                  |    |                                       |   |                                                 |   |
| Gouvernance et institutions                            | Politiques de tarification de l'eau, de limitation et de réduction de la consommation d'eau [3] | ++                           | o  | ++                               | o  | ++                                    | o | ++                                              | o |
|                                                        | Utilisation des énergies renouvelables dans l'agriculture et d'autres secteurs [42]             | +++                          | o  | +++                              | -  | +                                     | - | +                                               | - |
| Options technologiques                                 | Systèmes d'alerte précoce et services climatiques [7]                                           | +++                          | o  | +                                | o  | +++                                   | o | +                                               | o |
|                                                        | Numérisation et agriculture de précision [2]                                                    | +++                          | -  | +                                | o  | ++                                    | o | +                                               | o |
|                                                        | Augmentation de la production de cultures bioénergétiques dans les zones marginales [8]         | ++                           | -  | +++                              | o  | +                                     | o | ++                                              | - |
| Solutions de conservation de l'eau et d'irrigation     | Ressources en eau non conventionnelles et amélioration de l'efficacité d'utilisation [12]       | ++                           | -  | +                                | -  | +                                     | - | +                                               | - |
|                                                        | Nouvelles techniques d'irrigation [16]                                                          | ++                           | -- | +                                | -- | +                                     | o | +                                               | o |
|                                                        | Réutilisation des eaux pour l'irrigation [11]                                                   | +++                          | o  | +                                | -  | ++                                    | - | +                                               | o |
| Solutions fondées sur la nature et les écosystèmes     | Solutions basées sur la nature [10]                                                             | +++                          | -  | +++                              | o  | +                                     | o | ++                                              | o |
|                                                        | Pratiques de gestion agroécologique [18]                                                        | +++                          | o  | +++                              | o  | +++                                   | - | ++                                              | o |
| Options sociales : changement de comportement          | Régime méditerranéen et consommation modérée [30]                                               | +++                          | o  | ++                               | o  | +++                                   | o | +++                                             | o |

### IMPACTS ET RISQUES

- +

Impacts positifs sur les composantes du nexus WEFE
- Risque ou antagonisme sur une composante du nexus WEFE

- Limité
- Moyen
- Fort

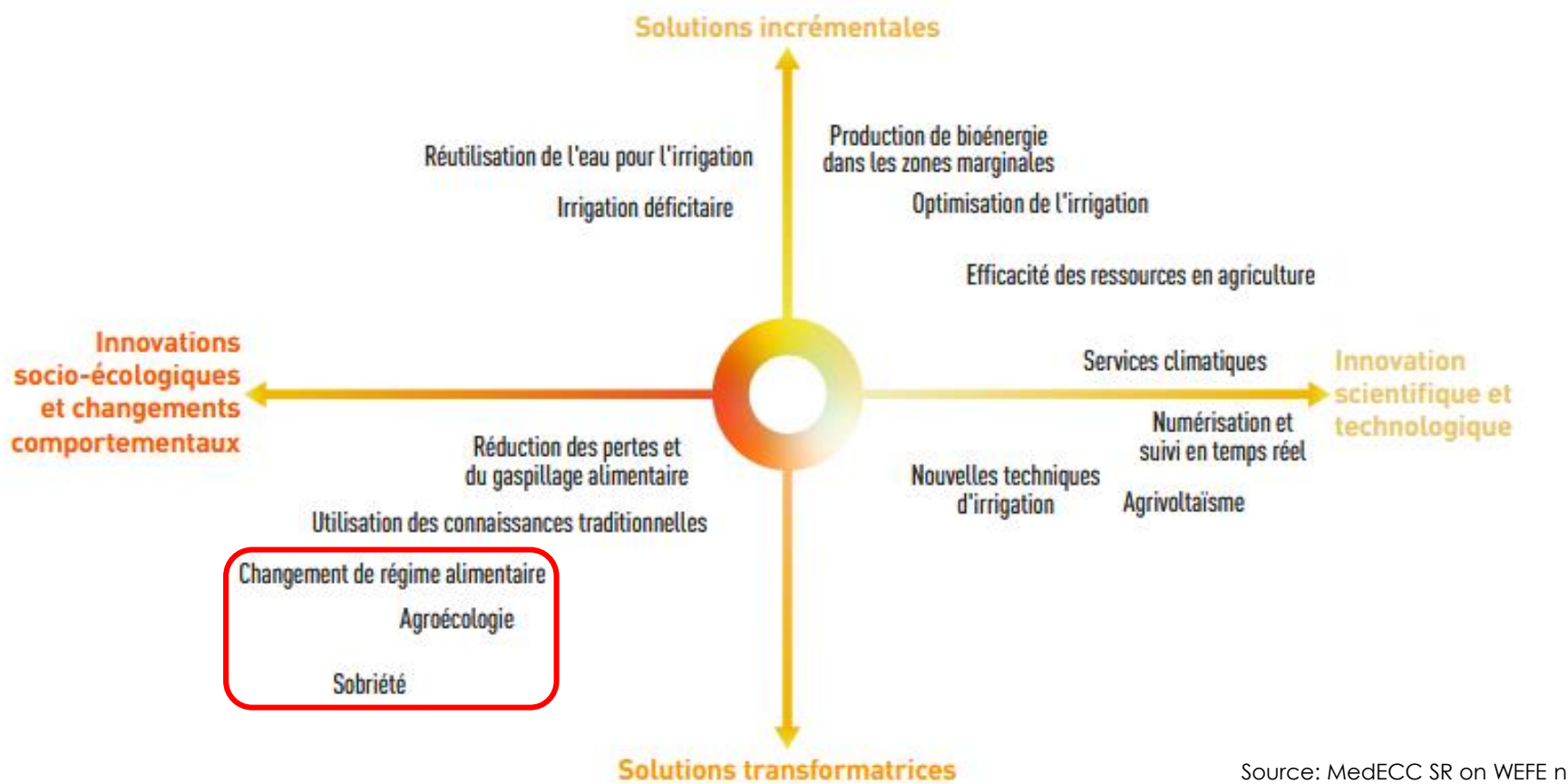
### NIVEAU DE CONSENSUS/CONFIANCE

- +++ Élevé
- ++ Moyen
- +
- Faible

- o
- Faible consensus ou preuves limitées

# 5 Quelles solutions à ces défis ?

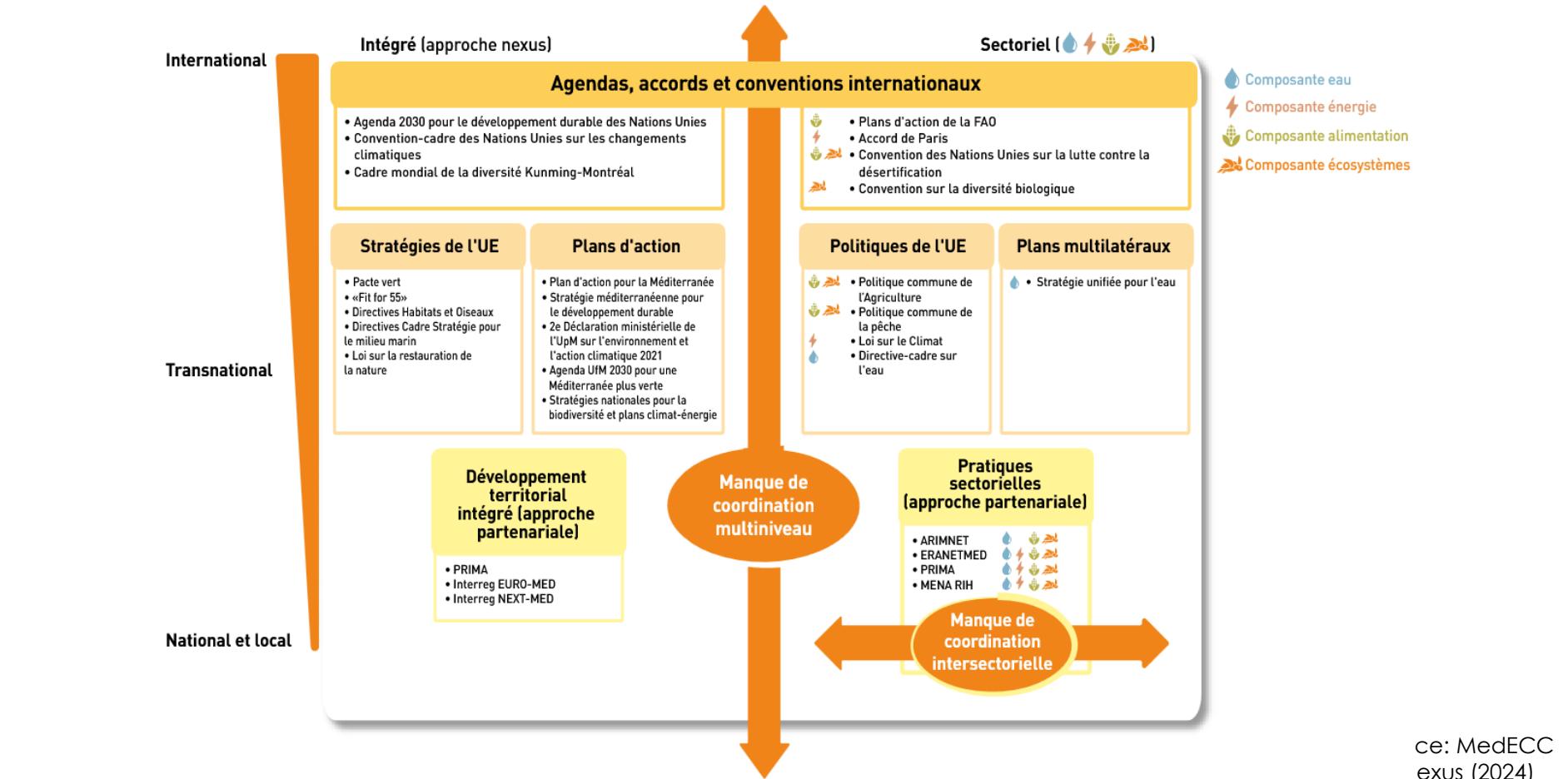
Solutions suivant l'approche intégrée (nexus) pour l'adaptation



Source: MedECC SR on WEF nexus (2024)

# 5 Quelles solutions à ces défis ?

De l'expérimentation locale au déploiement global : combler l'écart entre le concept et la mise en œuvre





## ⑥ L'action climatique prend de l'ampleur... ... mais ce n'est pas un long fleuve tranquille

- **La transition écologique est l'objet de tous**
  - l'expertise scientifique et technique des gestionnaires,
  - les savoirs professionnels,
  - les connaissances scientifiques,
  - mais aussi l'expérience des usagers et citoyens.
- **Renforcer la recherche scientifique au niveau territorial et les interactions entre recherche et décideurs**
- **Penser à la convergence des problématiques**
  - climat, biodiversité, social, santé, gouvernance...



Bois de Païolive ©Antoine Nicault

## ⑥ L'action climatique prend de l'ampleur...

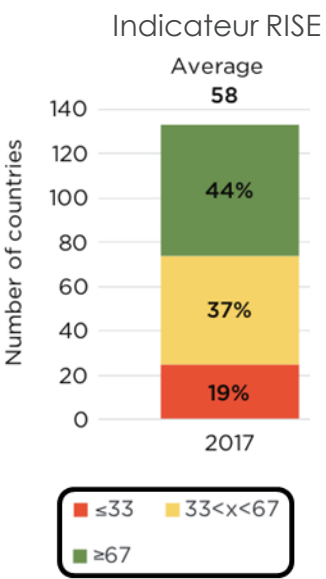
... mais ce n'est pas un long fleuve tranquille



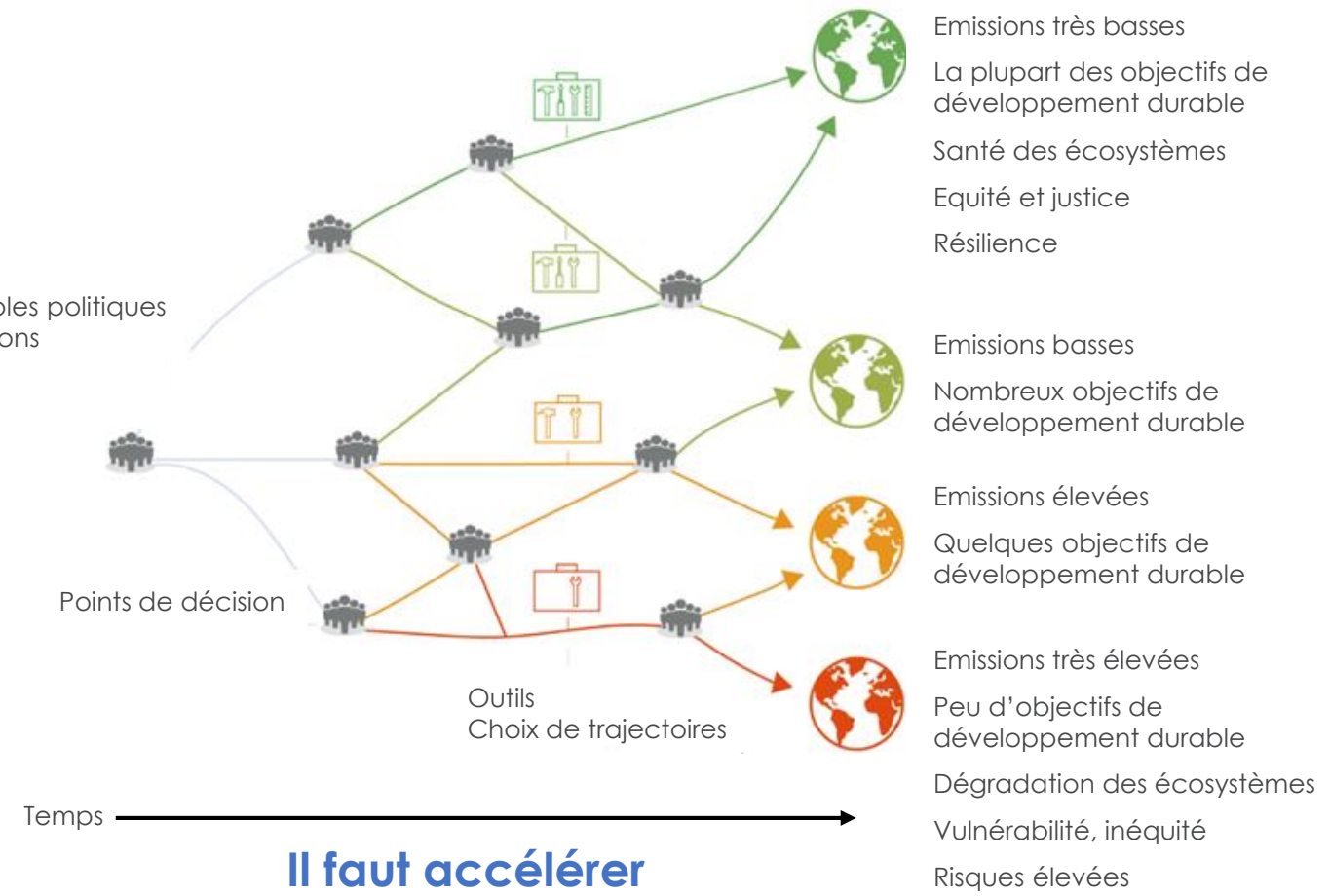
- Diminution constante des émissions de gaz à effet de serre dans plus de 18 pays
- Plus de la moitié des émissions mondiales de gaz à effet de serre encadrée par des politiques publiques
- Energies renouvelables, batteries : baisse des coûts, augmentation des capacités installées
- Efficacité énergétique, gestion de la demande, réduction du gaspillage alimentaire : abordable, haute acceptabilité
- Des progrès dans la planification et la mise en œuvre de l'adaptation, mais des réponses fragmentées et progressives, et des preuves de mauvaise adaptation
- Des flux financiers insuffisants

**Des progrès plus que des succès**

# ⑥ L'action climatique prend de l'ampleur... ... mais ce n'est pas un long fleuve tranquille



Décideurs  
Responsables politiques  
Organisations  
Individus



Source: GIEC AR6 (2023)

## ⑥ L'action climatique prend de l'ampleur...

... mais ce n'est pas un long fleuve tranquille



“ Il faut réfléchir à la guerre en Ukraine, pour éviter d'être surpris par une nouvelle bascule du monde. ”

Général de corps d'armée Benoît Durieux  
Directeur de l'IHEDN  
et de l'Enseignement militaire supérieur

Lancé en mai 2022, REPowerEU aide l'Union Européenne à

1. économiser l'énergie,
2. diversifier les approvisionnements énergétiques,
3. produire de l'énergie propre



Credit: Yasin Ozturk / Anadolu Agency via Getty



### Twitter ranks worst in climate change misinformation report

Climate coalition cites Twitter's lack of clear policies to stop incorrect information and confusion from Musk takeover



None of the five major tech companies (Meta, Pinterest, YouTube, TikTok and Twitter) scored well. Photograph: Anadolu Agency/Getty Images

A report ranking climate change misinformation gave Twitter (recently rebranded as X) only a single point out of a 21-point scorecard when assessing policies aimed at reducing inaccurate information - the worst out of five major tech platforms.

21 Sept. 2023

L'action climatique doit reposer  
sur des faits scientifiques robustes



Philippe Drobinski

**Merci pour votre attention...  
... questions ?**

