CHANGEMENTS GLOBAUX ET RESSOURCES EN EAU EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE

Eric Servat

Directeur du Laboratoire HydroSciences Montpellier

Assemblée Générale ICV – 15 Mai 2014

- Les résultats présentés ici sont principalement issus des thèses de doctorat de :
  - **Marianne Milano** : « Changements globaux en méditerranée : impact sur le stress hydrique et la capacité à satisfaire les demandes en eau »
  - **Lila Collet** : « Capacité à satisfaire la demande en eau sous contraintes climatique et anthropique sur un bassin méditerranéen »

Changement climatique et prise de conscience

✧ Dans la littérature scientifique…

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L08707, doi:10.1029/2006GL025734, 2006

Climate change hot-spots

F. Giorgi[1]

Stoch Environ Res Risk Assess (2011) 25:583–600
DOI 10.1007/s00477-010-0423-y

ORIGINAL PAPER

Global climate change and its impacts on water resources planning and management: assessment and challenges

Bellie Sivakumar

ELSEVIER

Global Environmental Change 14 (2004) 31–52

GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE

www.elsevier.com/locate/gloenvcha

Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios

Nigel W. Arnell

Biosystems Engineering (2002) **81** (1), 3–34
doi:10.1006/bioe.2001.0013, available online at http://www.idealibrary.com on IDEAL®
SW—Soil and Water

KEYNOTE PAPER

Climate Change and Water Resources Management in Arid and Semi-arid Regions: Prospective and Challenges for the 21st Century

Ragab Ragab; Christel Prudhomme

✧ … et la presse.

Libération TERRE

Changement climatique : le Giec chaud bouillant

SYLVESTRE HUET 27 SEPTEMBRE 2013 À 23:29

elmundo.es

S.O.S. Cambio climático

¿QUÉ ES? | LOS HECHOS | EL FUTURO | KIOTO | DICCIONARIO | ECOLOGÍZATE | DOCUMENTOS | elclima

M Plan

PLANÈTE | Climat | Énergies | Ressources naturelles | Biodiversité | Population | Agriculture

ÉDITION ABONNÉS

Nouvelle polémique sur l'ampleur du réchauffement climatique

LE MONDE | 22.05.2013 à 12h16 • Mis à jour le 22.05.2013 à 20h35 |

Par Stéphane Fouca

Courrier international

> HEBDO N° 1196 > EUROPE > ENVIRONNEMENT > UNION EUROPÉENNE

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Giec : le rapport de l'angoisse

The INDEPENDENT

NEWS | VOICES | SPORT | TE

UK | World | Business | People

News > Science

Drought followed by brain: How climate change spurred evolution

Mail Online

Home | News | U.S. | Sport | TV&Showbiz | Femail | Health | Science | Money | Video | Co

News Home | Arts | Headlines | Pictures | Most read | News Board

Apocalypse Now: Unstoppable man-made climate change will become reality by the

LE NOUVEL Observateur

Planète

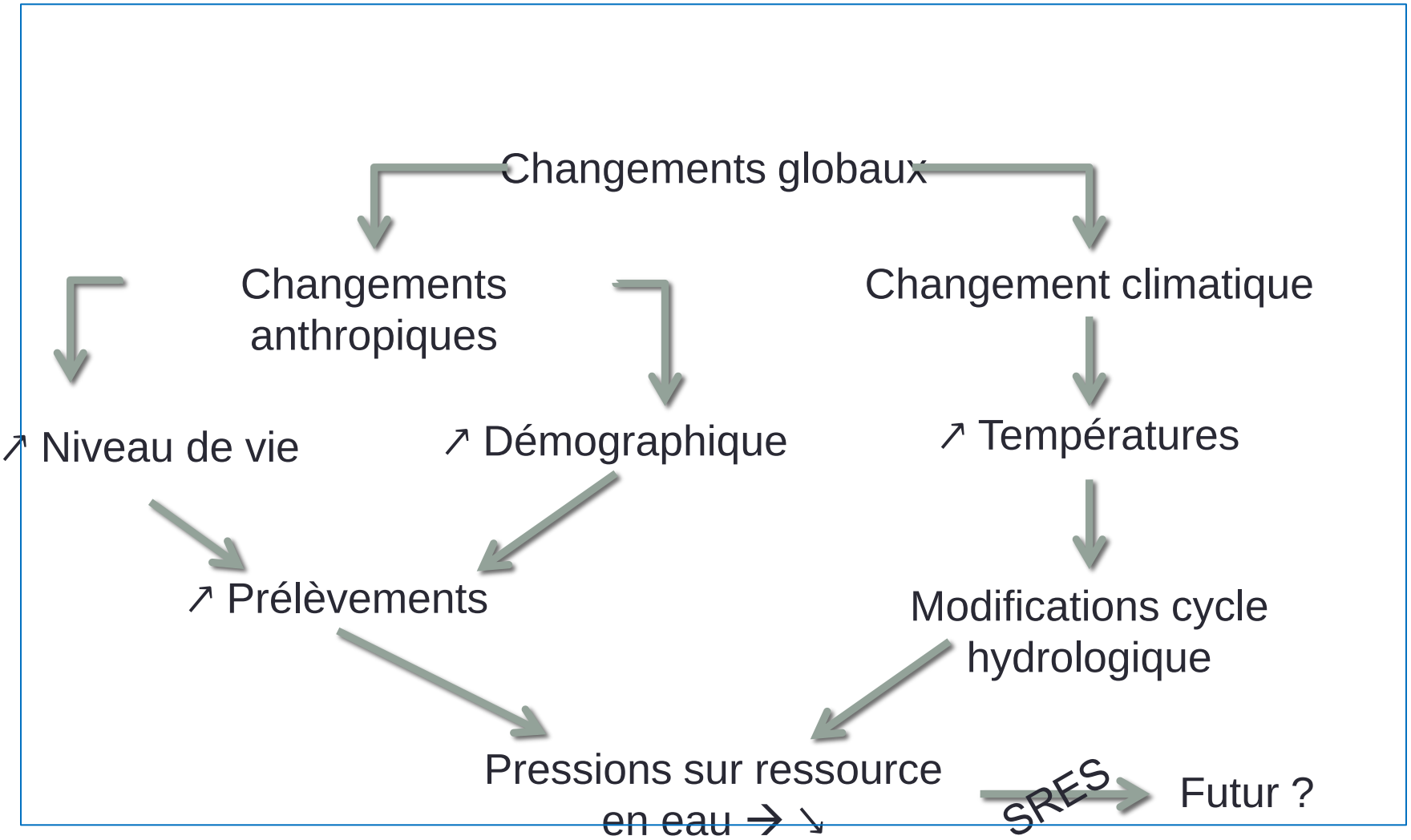
ACTUALITÉ > PLANÈTE > RÉCHA

Réchauffement climatique : "Le temps des actes est venu"

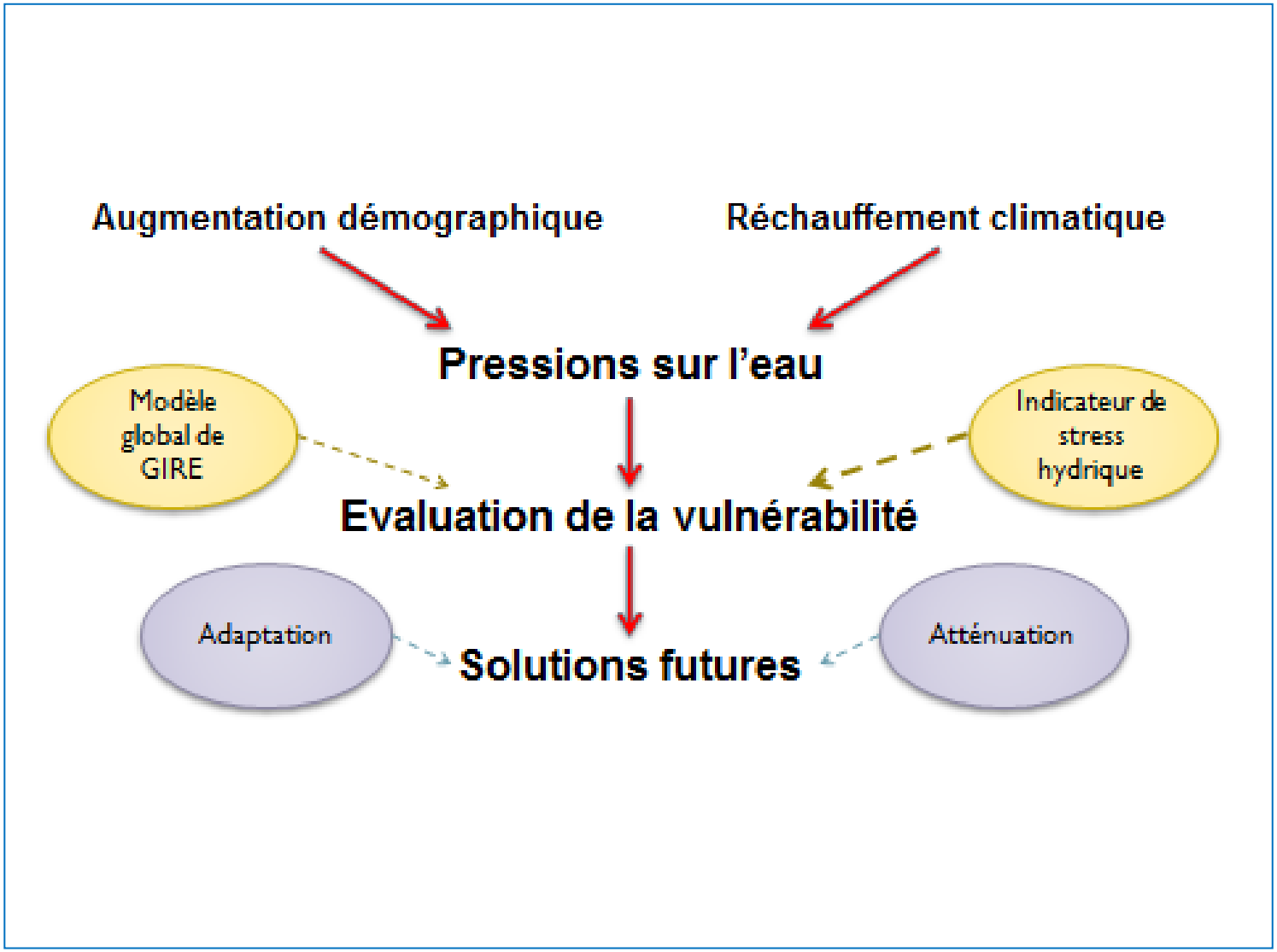
Enjeux

- Au regard des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques, les enjeux sont divers :
  - environnementaux,
  - sanitaires,
  - alimentaires,
  - sociétaux,
  - économiques et financiers,
  - politiques et géopolitiques

Pourquoi l'eau est-elle devenue un enjeu pour le XXIème siècle ?

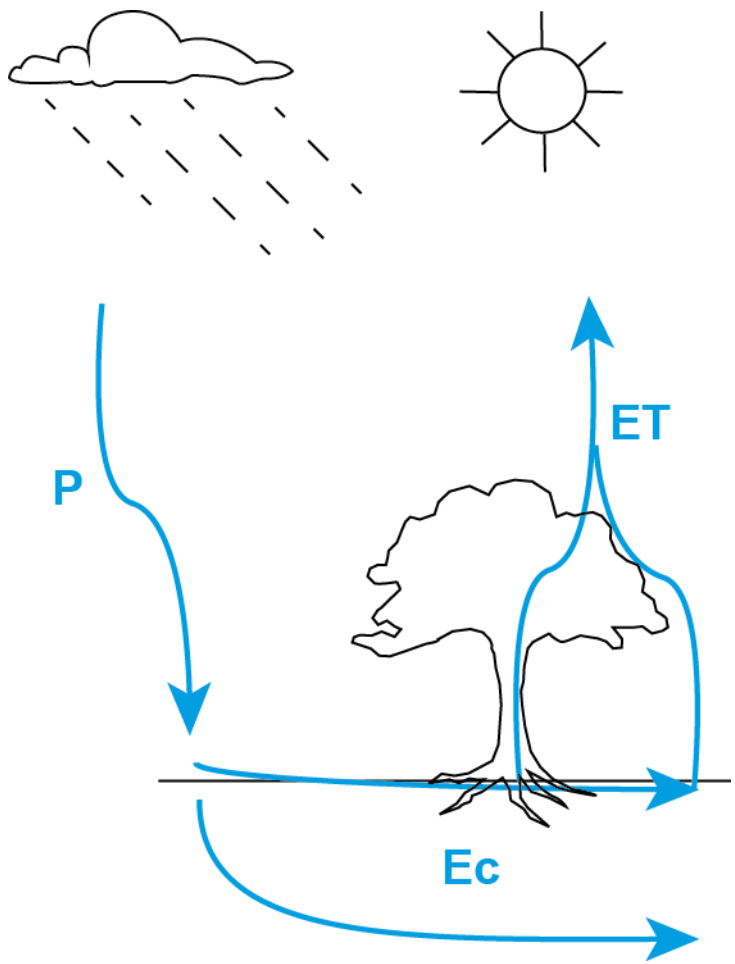


Interactions

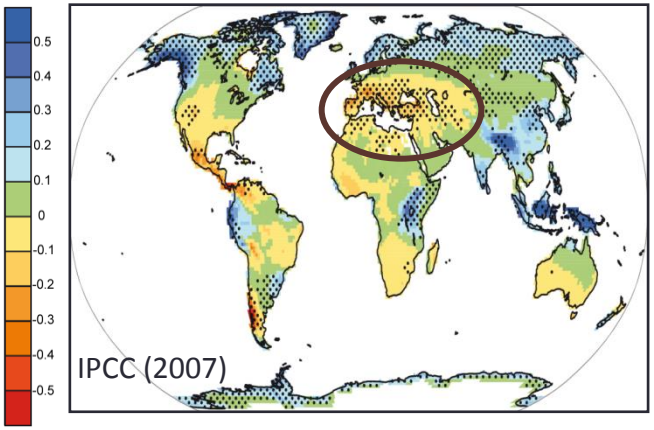


Changement climatique et ressource en eau disponible

✧ Influence sur le cycle hydrologique

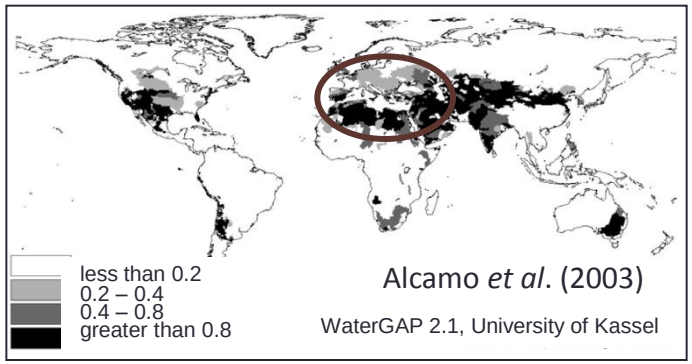


✧ Evolution future possible



Variation (mm) des écoulements entre 2080-2099 et 1980-1999
Pointillés : 80 % de convergence des modèles sur le signe du changement

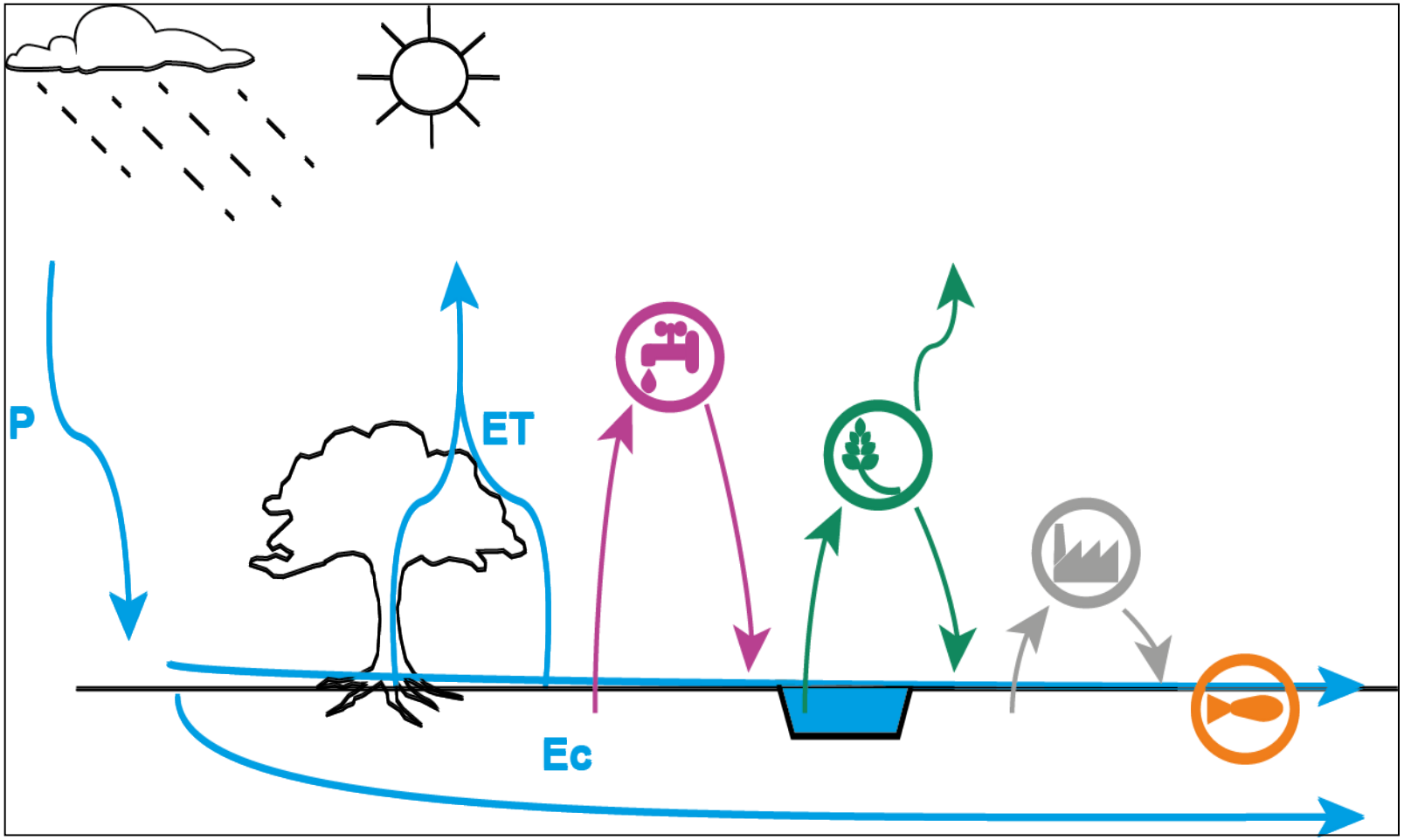
✧ Usage anthropique de l'eau



Ratio entre prélèvements et eau disponible en 1995 (eau disponible sur la période 1961–1990).

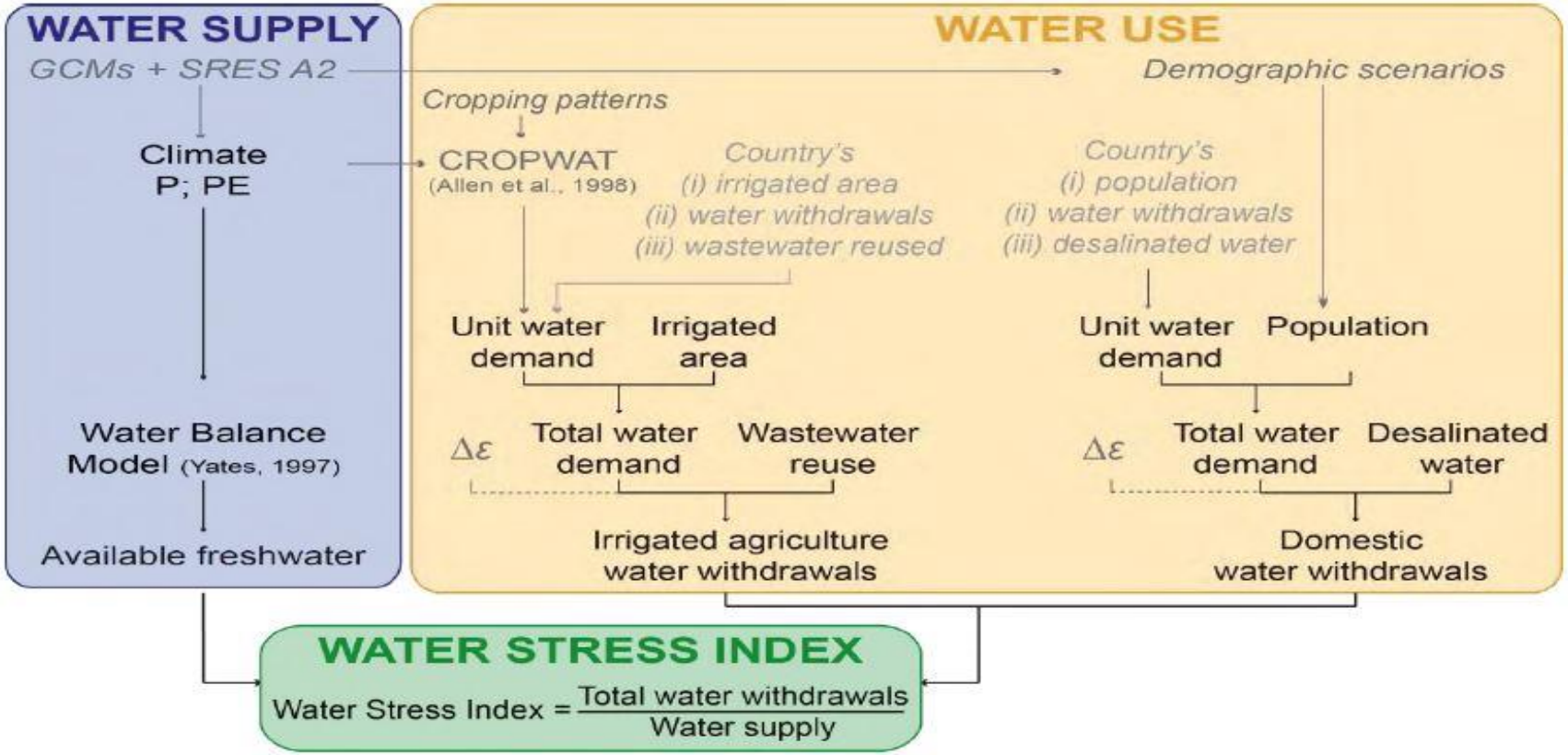
↳ **Les besoins en eau seront-ils satisfaits dans le futur en Méditerranée ?**

Représentation des processus physiques et humains



Comment évaluer la vulnérabilité en eau ?

- Chaîne intégrée de modélisation



(Milano, 2012)

Comment évaluer la vulnérabilité en eau ?

INDICATEUR DE STRESS HYDRIQUE

Indice de Shiklomanov

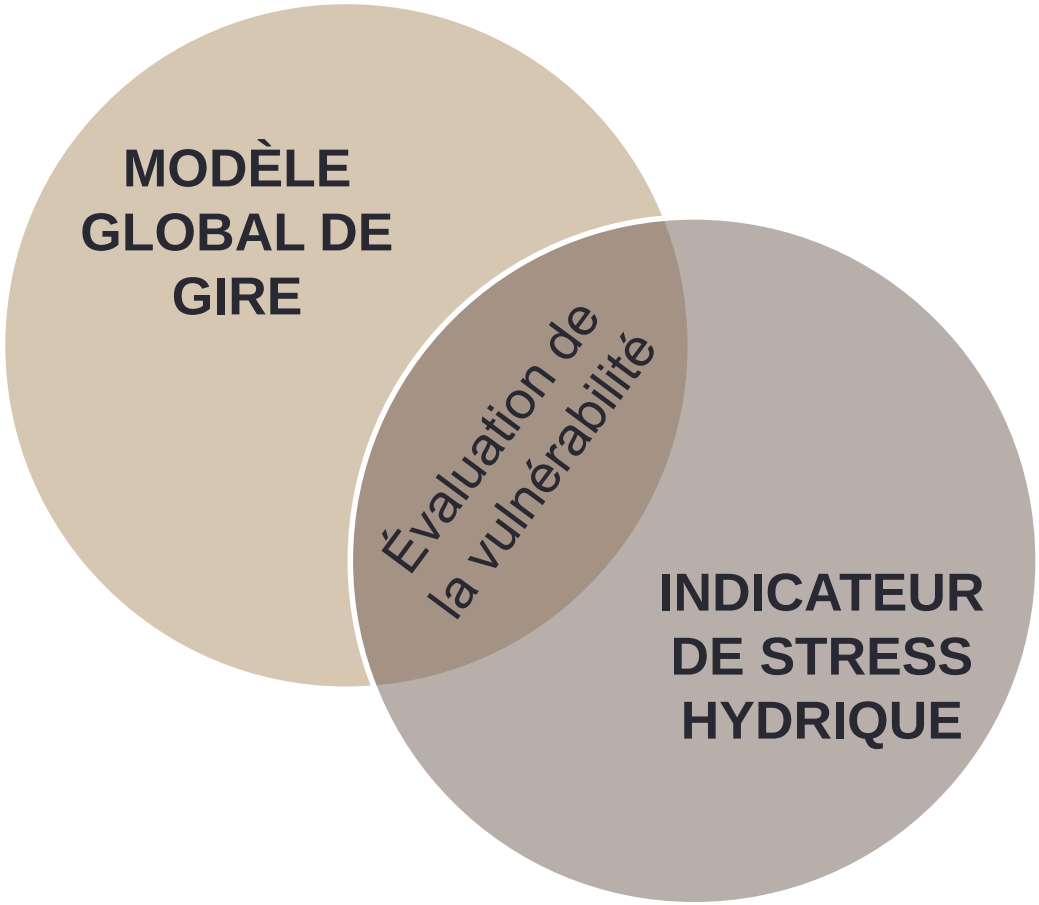
(ou Indice d'exploitation des ressources en eau renouvelables; Water stress Index : WSI)

$$WSI = \frac{\sum \text{Prélèvements en eau}}{\text{Disponibilité ressources en eau}}$$

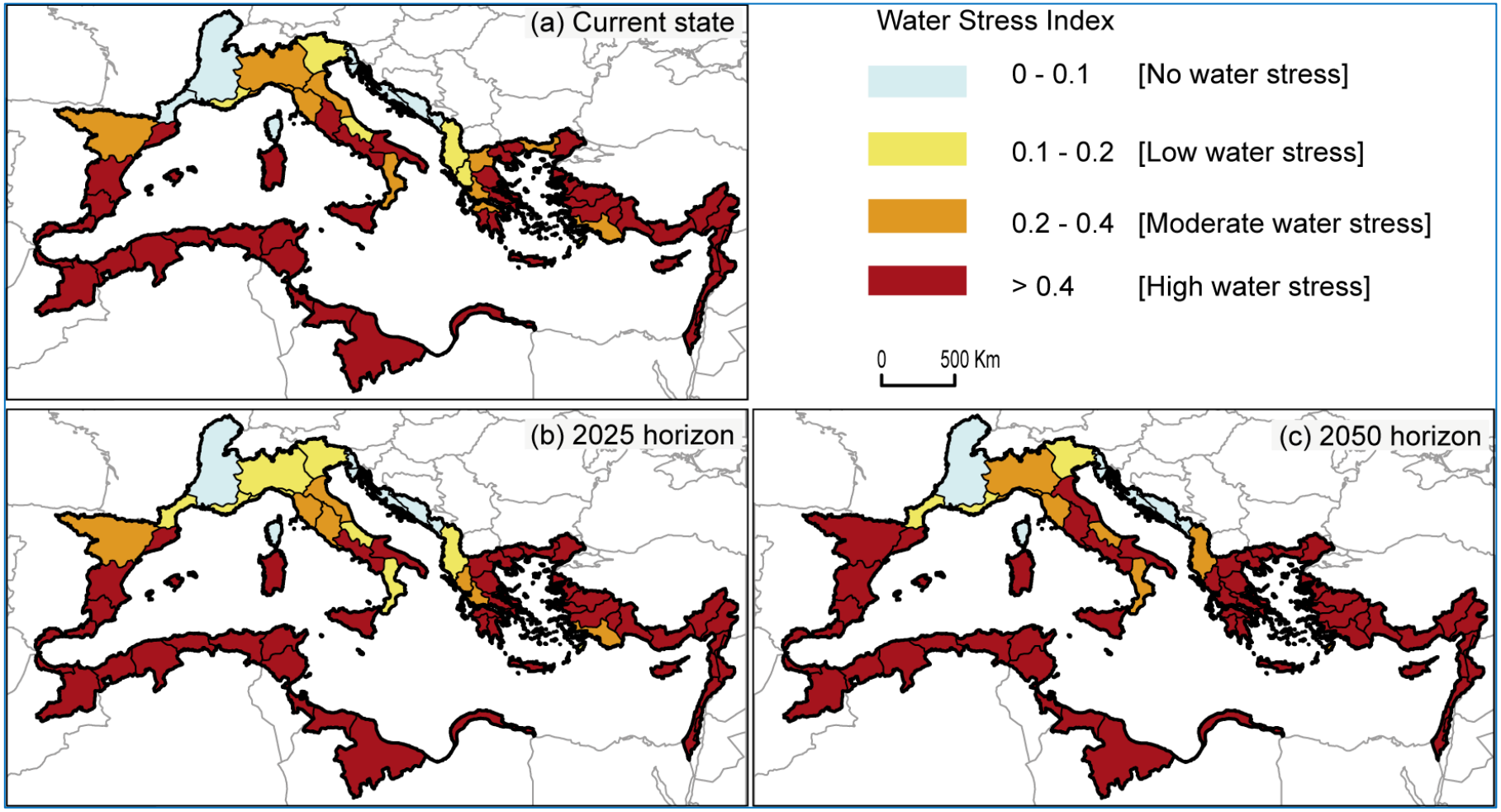
Indice (en %)	Situation
< 10 %	Pas de stress : confort
10 – 20 %	Stress faible
20 – 40 %	Stress modéré
40 – 80 %	Stress important
> 80 %	Stress sévère : pénurie

(Milano, 2012, d'après Shiklomanov, 1991)

Comment évaluer la vulnérabilité en eau ?

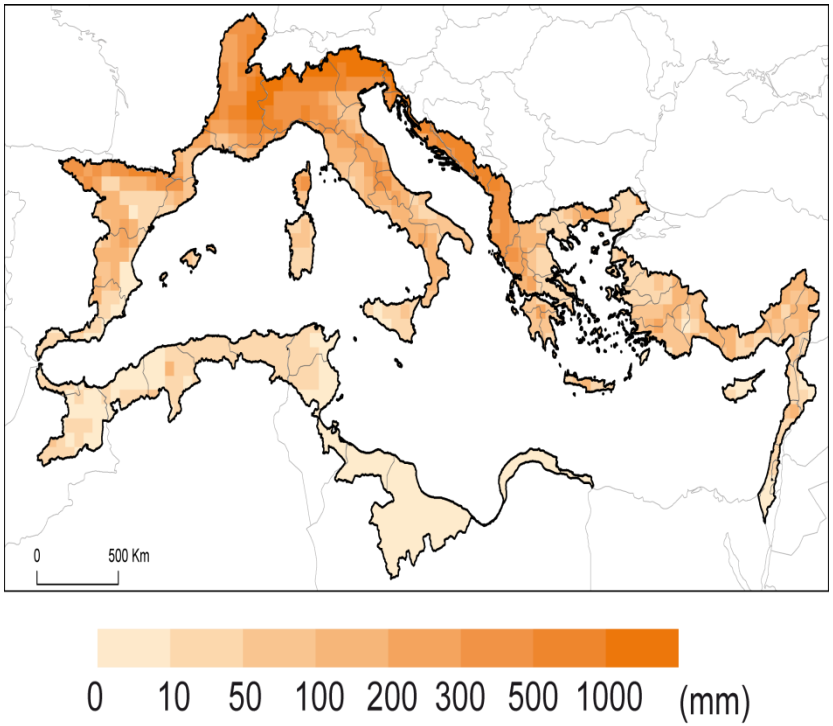


Indice de stress hydrique

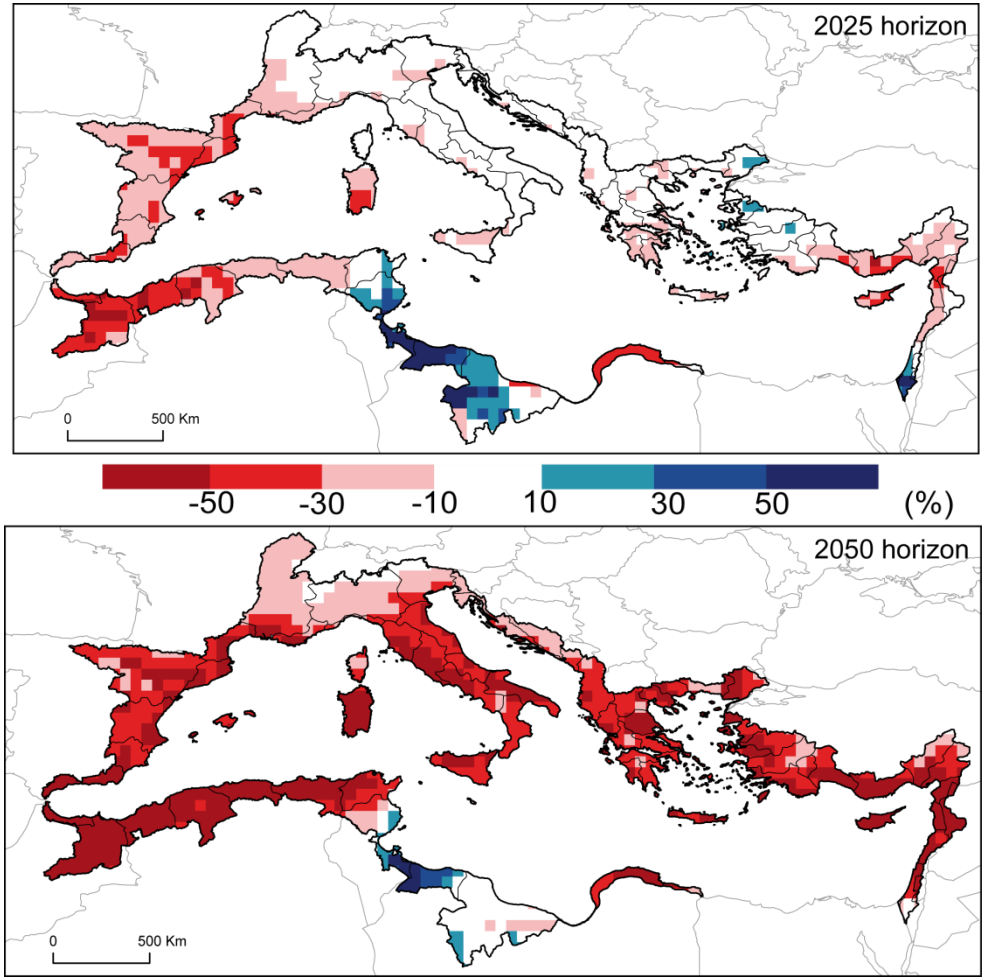


Résultats de la modélisation hydrologique

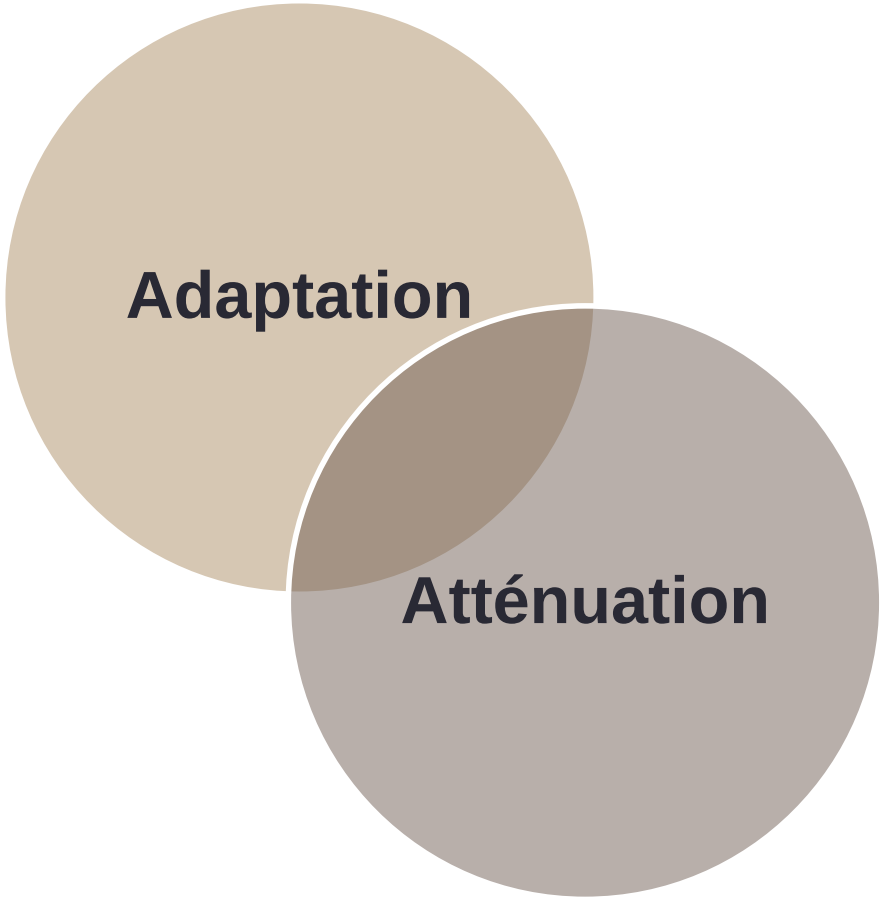
RE annuelles moyennes disponibles



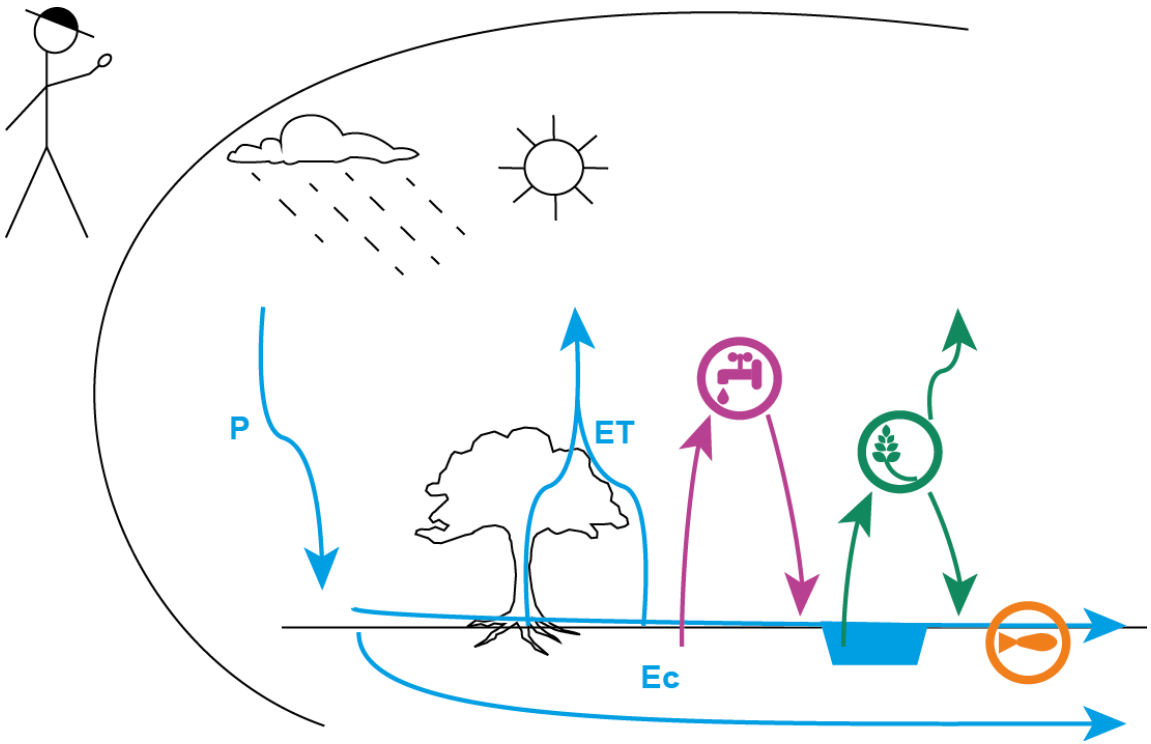
Taux d'évolution des RE disponibles



Remédier à ce constat

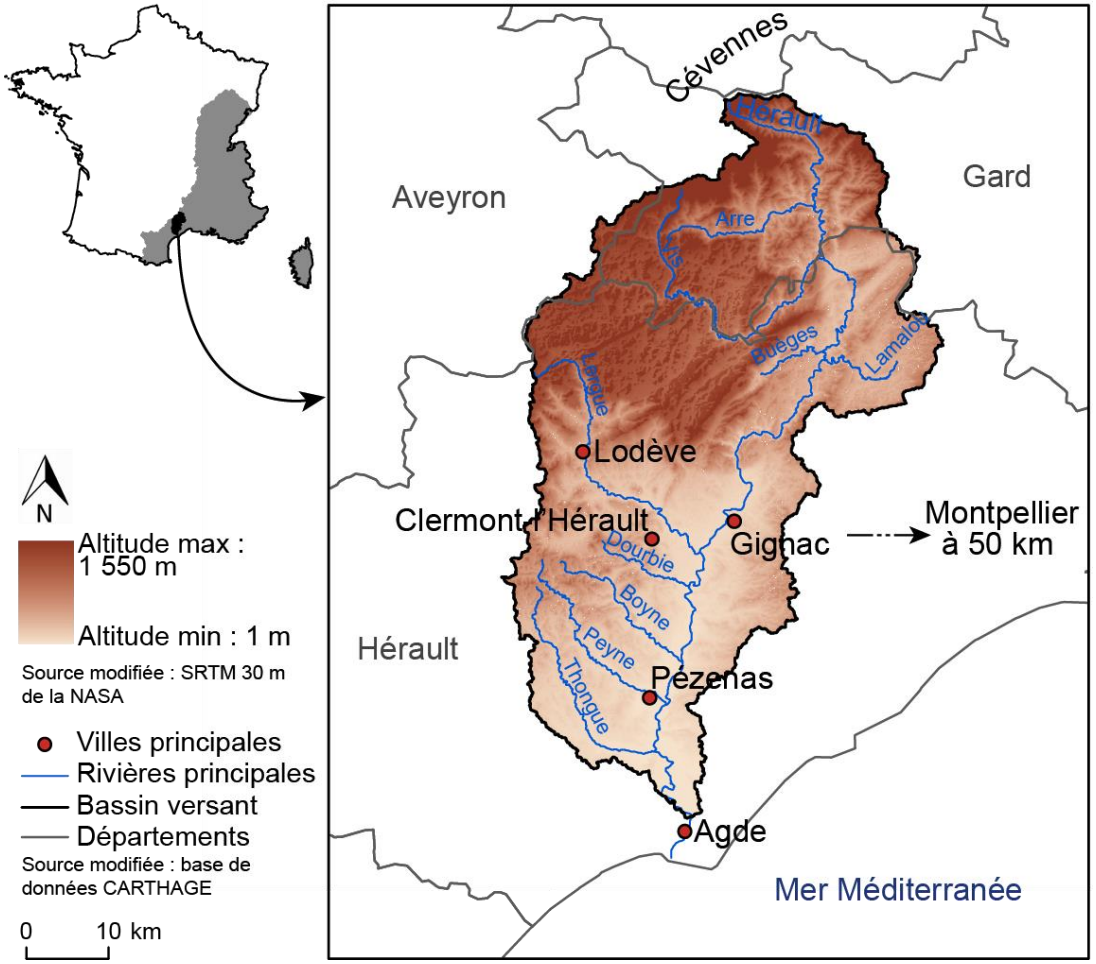


Exemple du Bassin de l'Hérault



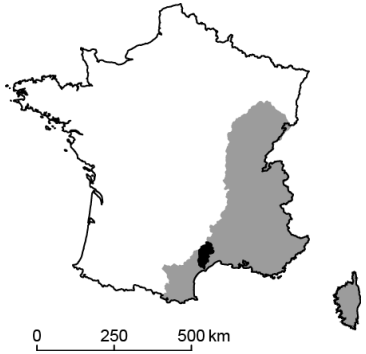
Le bassin de l'Hérault

Surface : 2 500 km² **Population** : plus de 170 000 habitants sur 169 communes

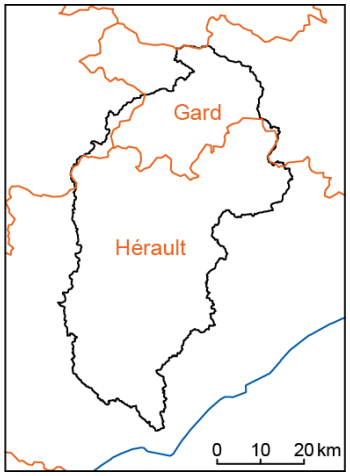


Cadre réglementaire de la gestion de l'eau

- **Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse** : application des exigences de la DCE à travers un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).



- **Départements** : définition et orientation de la gestion de l'eau.
  - Gestion quantitative de la ressource en eau.
  - Prévention des crues et inondations.
  - Restauration d'une bonne qualité de l'eau.



- **SAGE** : planification de la gestion de l'eau
- **Commission Locale de l'Eau** : 52 membres (collectivités territoriales, usagers et élus)
  - élaboration, suivi et révision du SAGE.

- **Syndicat Mixte** : mise en œuvre de la politique de l'eau définie dans le SAGE (janvier 2009).

Cartographie du Bassin

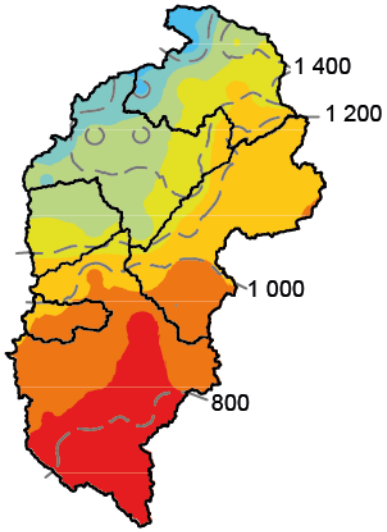
✧ Distributions spatiales observées :

Climat

Température moyenne (°C)
1961–2010
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12
- 12 - 13
- 13 - 14
- 14 - 15

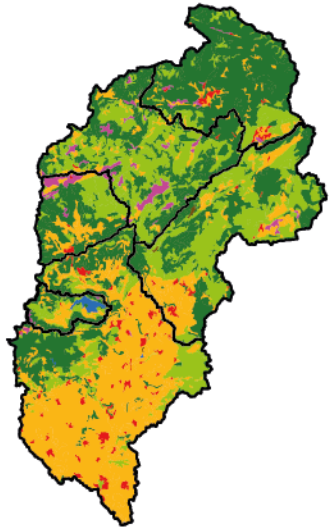
— – Isohyètes (mm/an) 1961–2010

Source : Météo France



Découpage du bassin

Occupation du sol



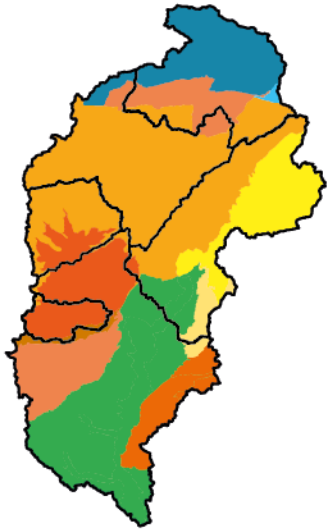
- Cultures
- Forêts
- Végétation naturelle
- Pâturages
- Zones urbaines
- Eau

Source : Corine Land cover (2006)

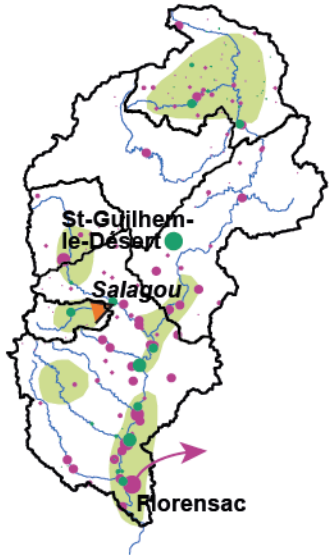
Géologie simplifiée

- Formations schisteuses de socle cévenole
- Formations de calcaire et marne jurassique et cambrien
- Formations sédimentaires tertiaires et crétacées

Source : SIG 34



Usages de l'eau



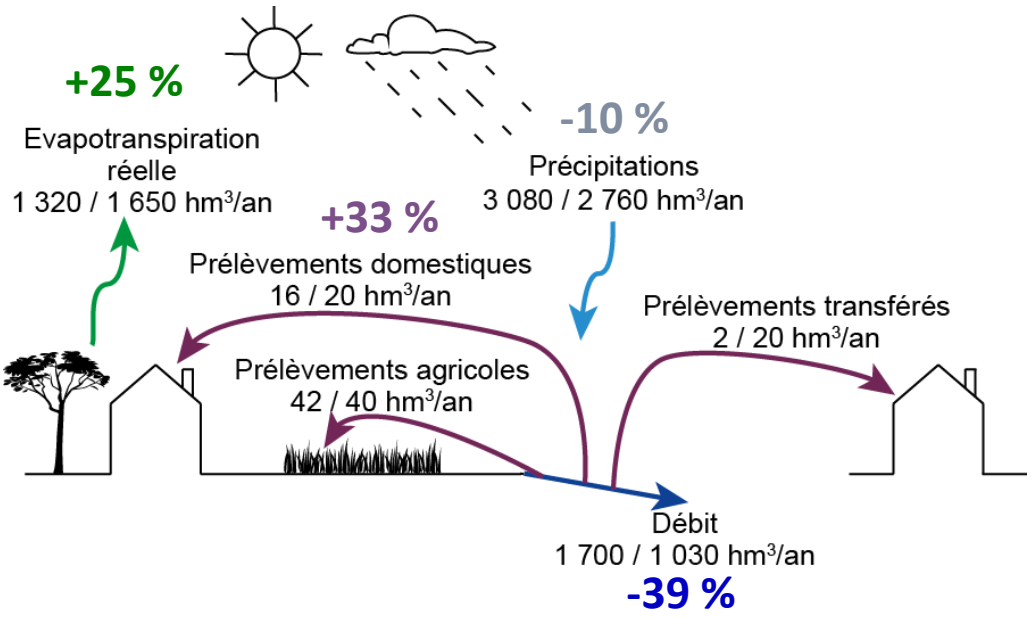
- Barrage principal
- Zones irriguées

Prélèvements en eau moyens 1987–2010 ($10^3.m^3$/an)
- Usage domestique
- Usage agricole
- 0 – 10
- 10 – 100
- 100 – 1 000
- 1 000 – 10 000
- 10 000 – 20 000

Source : AERMC et SMBFH

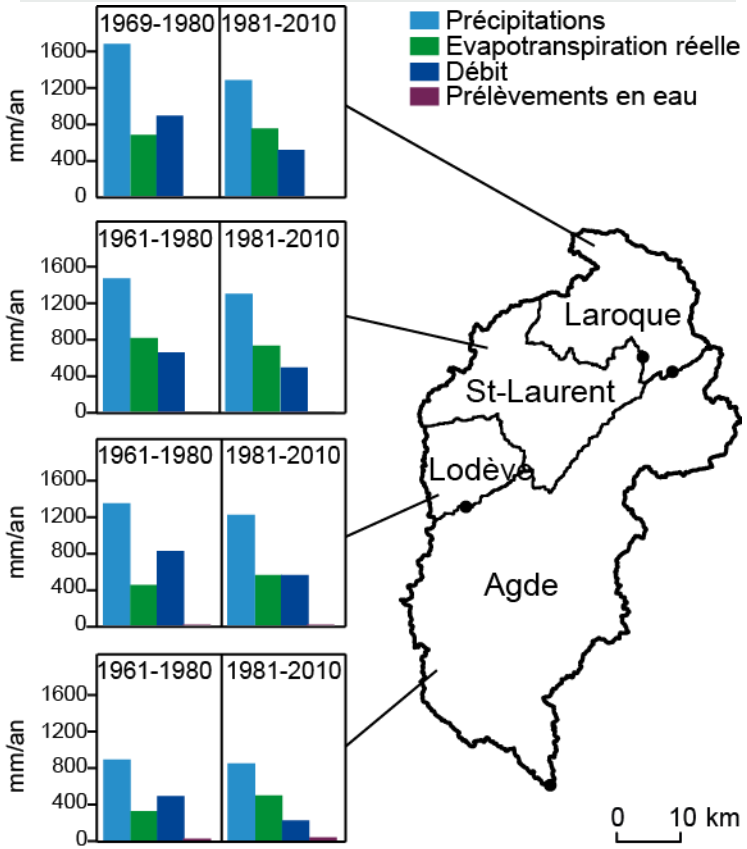
Bilans annuels moyens sur 1961-1980 et 1981-2010

✧ A l'échelle du bassin sur 1961-1980 / 1981-2010



- Baisse des précipitations, augmentation de l'ETR.
- Prélèvements négligeables à l'échelle annuelle.

✧ A l'échelle des portions de bassin avant et après 1980



- **Baisse des précipitations** en **amont**.
- **Augmentation de l'ETR** en **aval**.

Collet *et al*. (sous presse) *Hydrol. Sci. J.*

Indicateur de capacité de satisfaction

✧ Taux de Satisfaction de la Demande : *TSD = RED/DE x 100*

RED : Ressource en Eau Disponible

DE : Demande en Eau

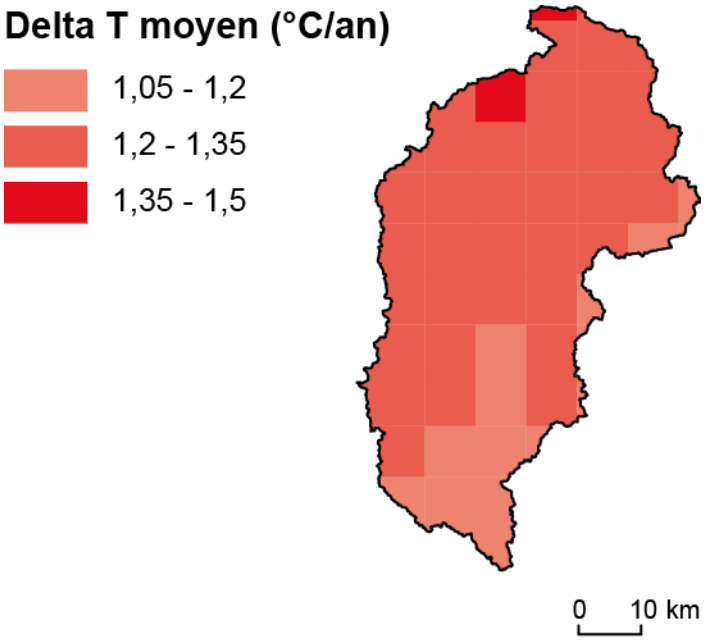
✧ Définition de classes du TSD pour la demande domestique et agricole :

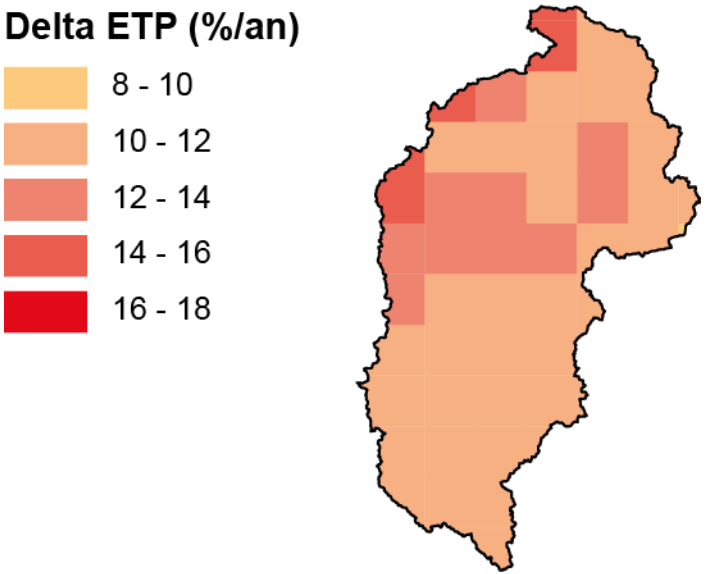
Demande	Très faible satisfaction	Faible satisfaction	Satisfaction modérée	Forte satisfaction	Très forte satisfaction
Domestique	0–75 %	75–95 %	95–97 %	97–99 %	99–100 %
Agricole	0–25 %	25–50 %	50–75 %	75–95 %	95–100 %

Projections climatiques à l'horizon 2050

- Modèle climatique : **ARPEGE** (Cerfacs) désagrégé (dsclim, Pagé et al, 2010) à la maille SAFRAN (8x8 km²).
- Scénario d'émission de gaz à effet de serre : **A2** (population mondiale croissante, développement économique régional, évolution technologique lente).

Entre 1981-2000 et 2041-2060 :



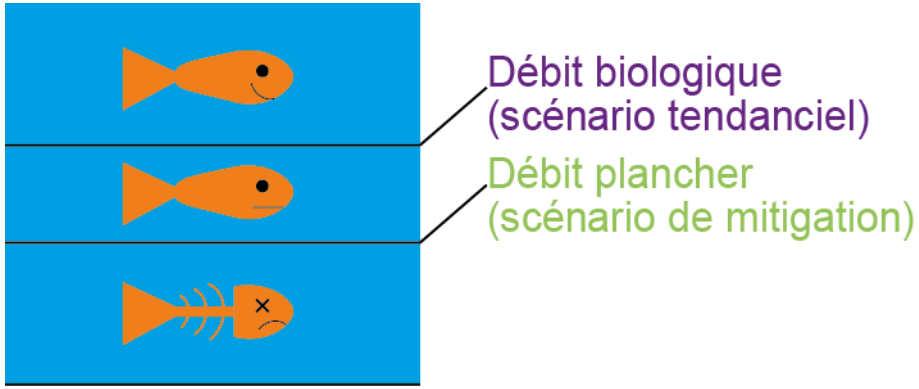


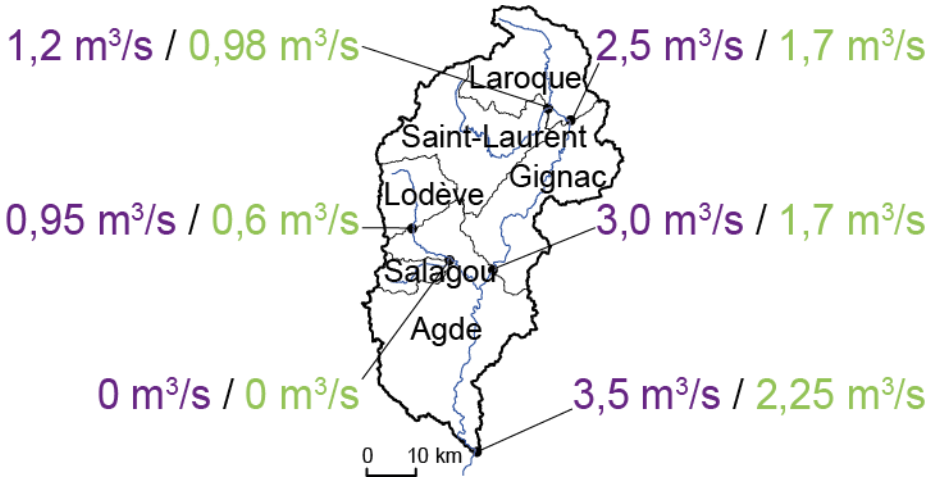
Projections d'usages de l'eau à l'horizon 2050

✧ Gestion du barrage du Salagou (CG34)

	Scénario tendanciel	Scénario de mitigation
Prélèvements	+20 – +60 %	-40 – +20 %
Cote de gestion	139 m NGF	139,5 m NGF
Cote minimale	---	136 m NGF
Débit réservé	0,08 m^3/s	0,05 m^3/s
Restriction de la turbine	d'octobre à mai	croissante d'octobre à mai

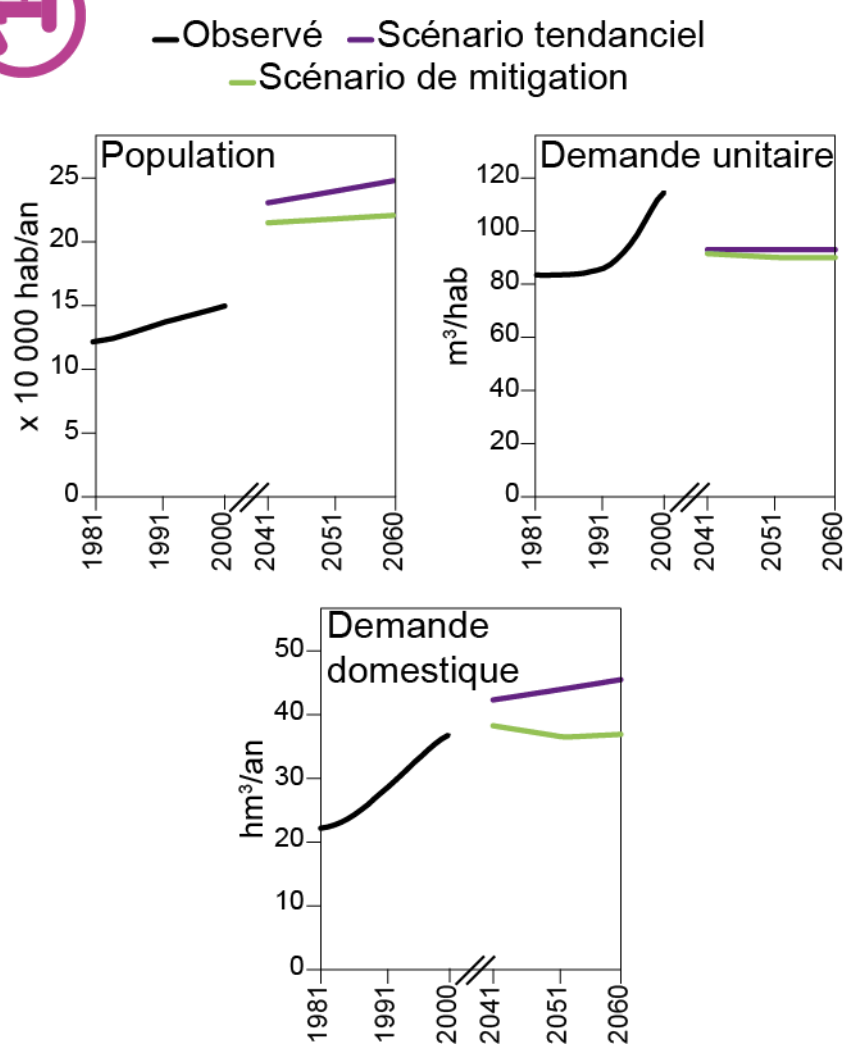
✧ Demande environnementale (SMBFH)





Projections d'usages de l'eau à l'horizon 2050

✧ Demande domestique (INSEE, SMBFH)



✧ Demande agricole (SMBFH)

Hypothèses sur le bassin de l'Hérault :

✧Pas de modification de la Superficie Agricole Utilisée.

✧Pas de modification des types de culture.

✧Augmentation du périmètre irrigable.

✧Amélioration du rendement des systèmes d' irrigation.

✧Distribution d'eau provenant du réseau Aqua Domitia.

➢Scénario **tendanciel** : + 5 000 ha, avec mobilisation du réseau Aqua Domitia.

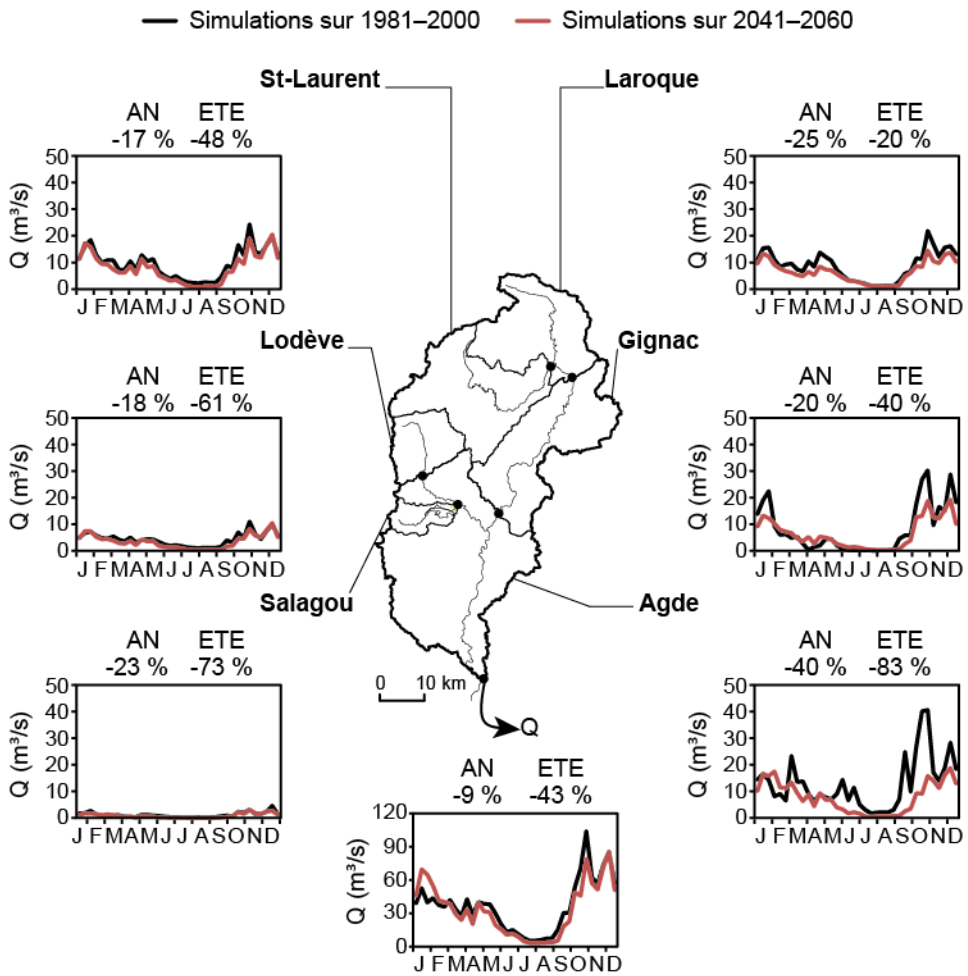
➢Scénario de **mitigation** : + 1 500 ha, sans mobilisation du réseau Aqua Domitia.

Méthode d'analyse des résultats

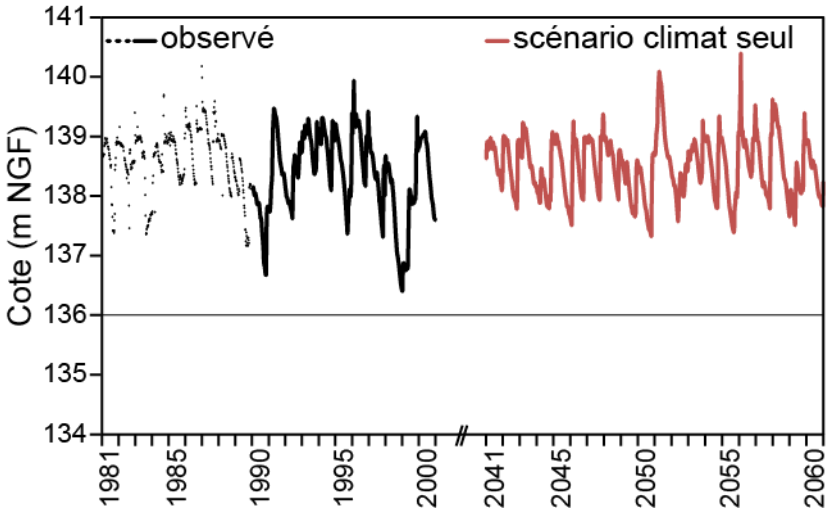
① Influence de la variation climatique seule :	Scénario d'ETP		
② Influence des scénarios d'usages seuls :			Scénarios d'usages tendanciels
③ Influence combinée des scénarios climatique et d'usages :	Scénario d'ETP	+	Scénarios d'usages tendanciels
④ Effet des scénarios de mitigation des usages :	Scénario d'ETP	+	Scénarios de mitigation des usages

Impact de la variation climatique seule sur…

✧ Les écoulements :



✧ La cote du barrage :

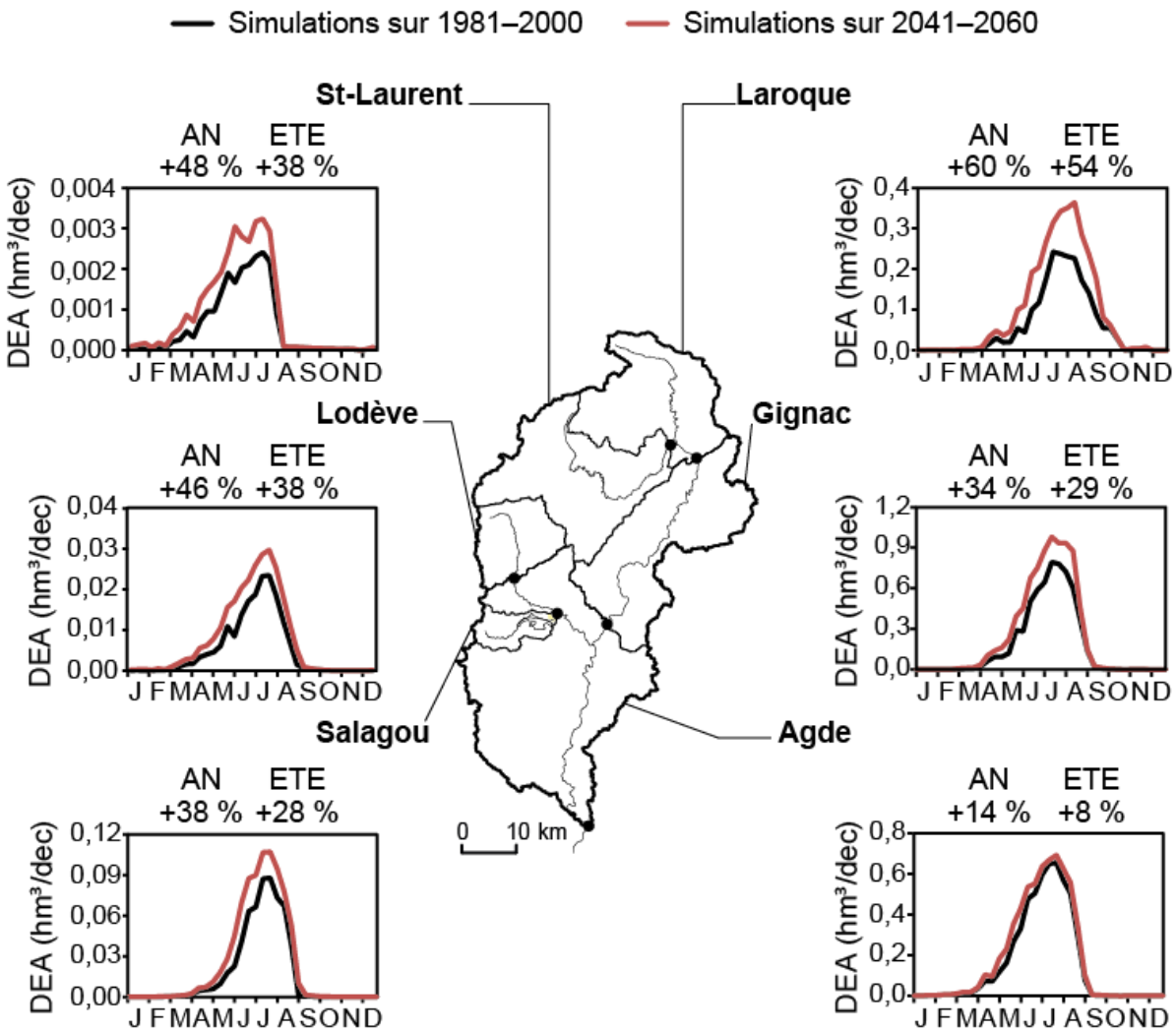


- Maintien au-dessus de la cote 136 m NGF.
- Dépassement de la cote 140 m NGF.

- **Diminution** annuelle de 17 à 40 %, en été de 20 à 83 %.

Impact de la variation climatique seule sur…

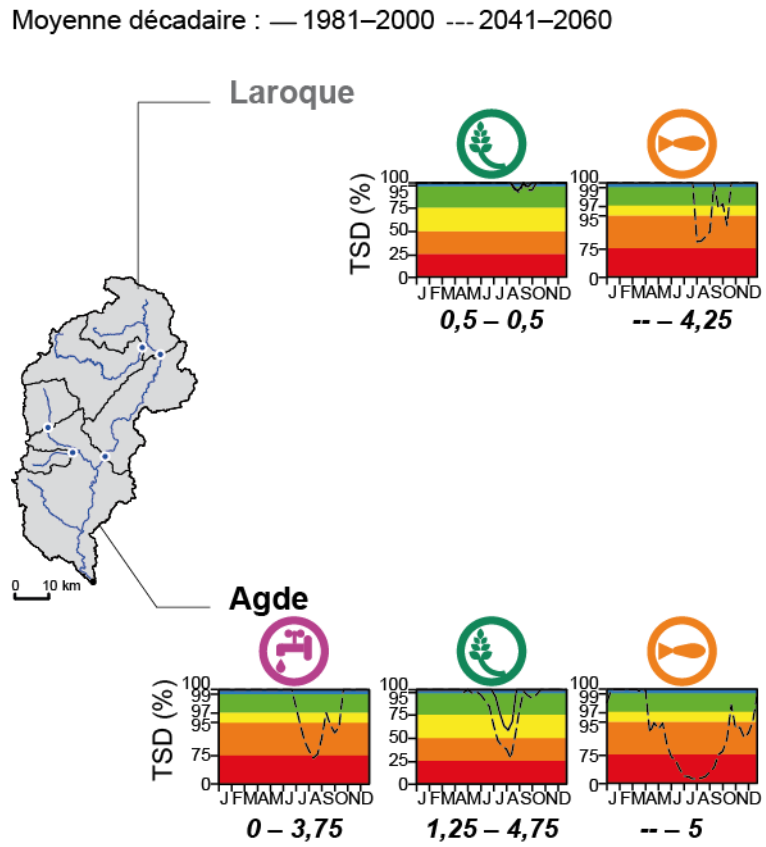
✧ La demande agricole :

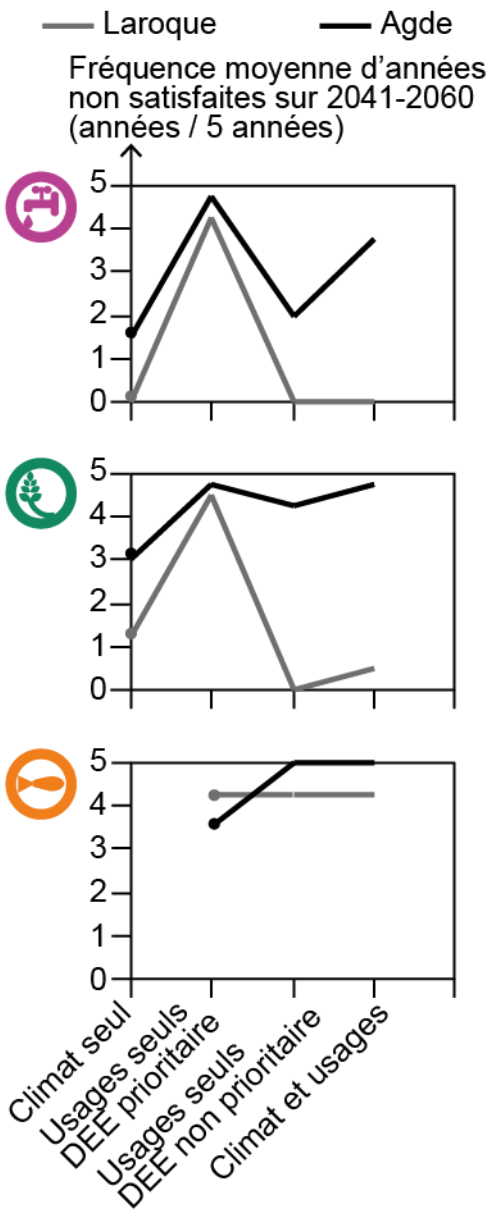


➢ **Augmentation** annuelle de 14 à 60 %, en été de 8 à 54 %.

Impact du climat et des scénarios d'usage sur…

✧ La capacité de satisfaction de la demande :

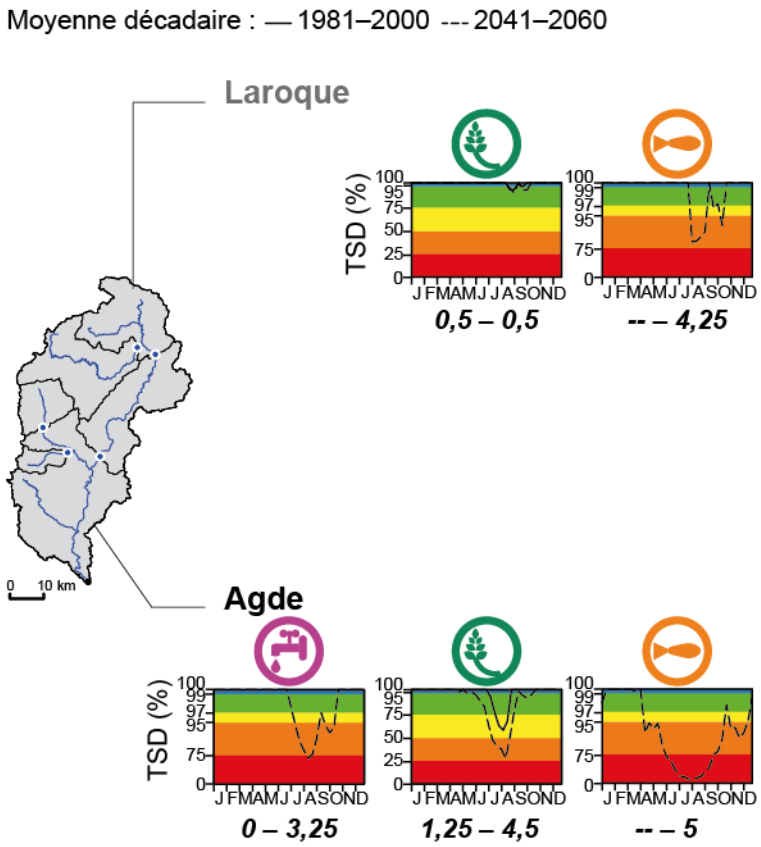


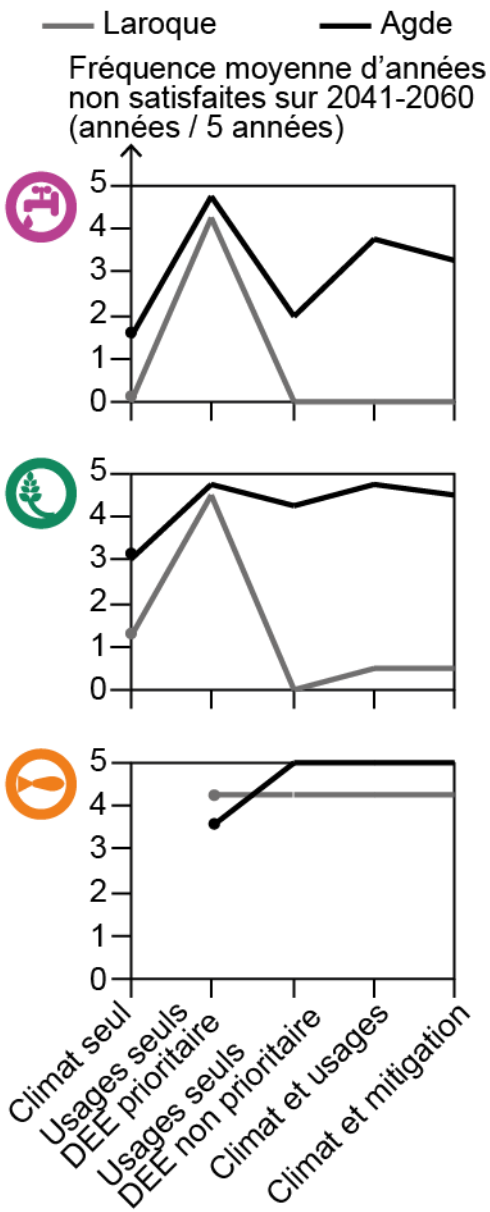


- ➢ Dégradation de toutes les capacités de satisfaction.
- ➢ Apparition de lacune pour la DEA en amont.

Impact des scénarios de mitigation des usages sur…

✧ La capacité de satisfaction de la demande :

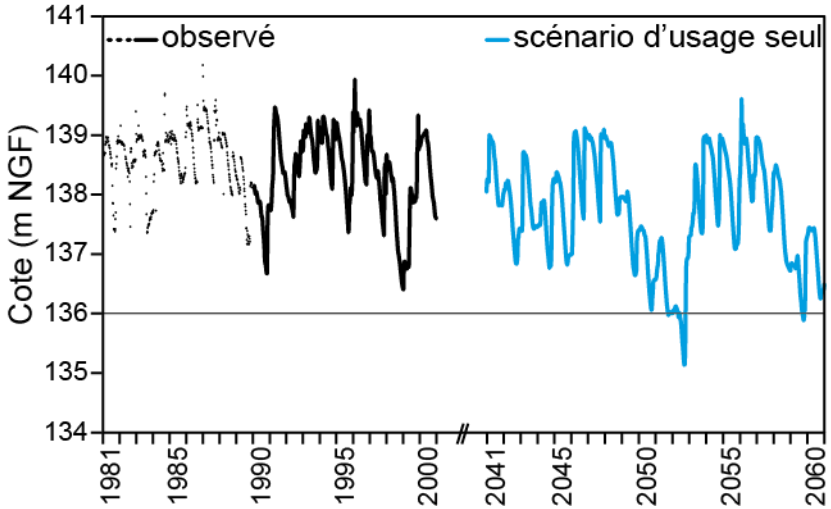




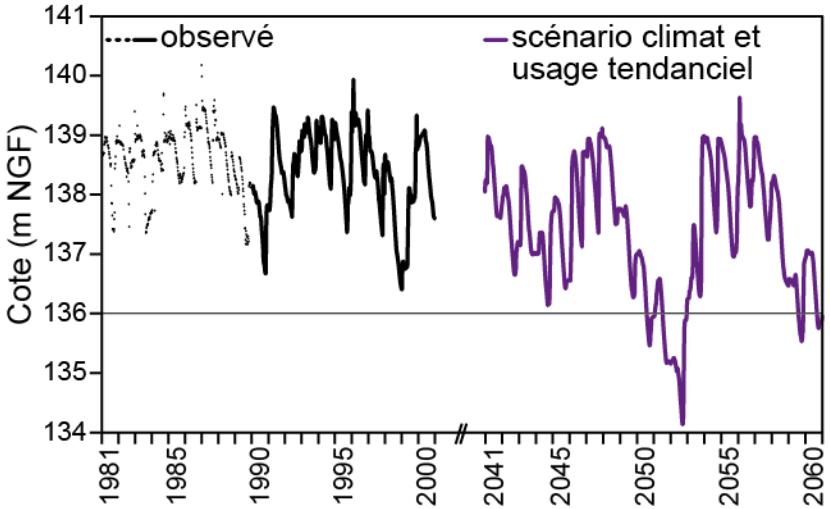
➢ Faible amélioration de la DED et la DEA en aval.

Influence des scénarios d'usage sur le barrage

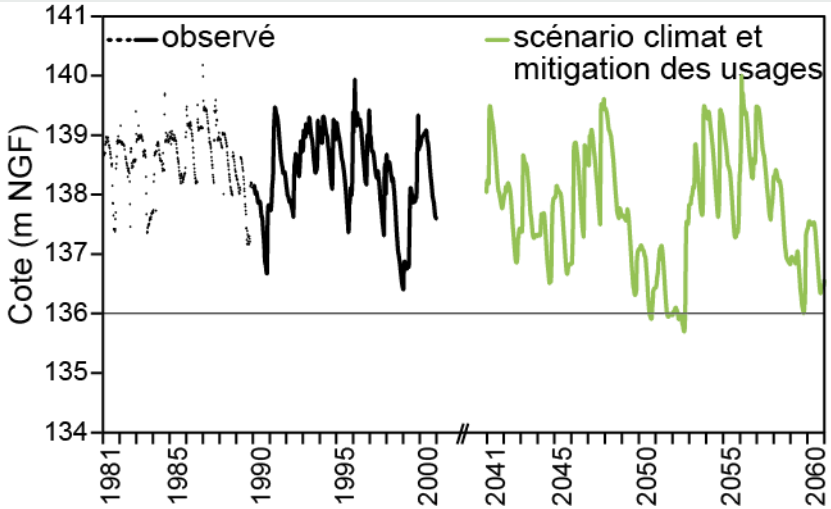
✧ Scénario de variation d'usage tendanciel seul :



✧ Scénarios de variation climatique et d'usage :



✧ Scénario de mitigation des usages :

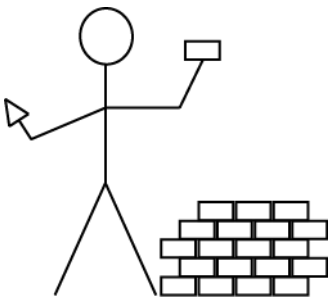


- Scénarios de variation d'usages seul et de combinaison de variation climatique et d'usages : la cote pourrait passer sous le seuil de 136 m NGF.
- Scénario de mitigation des usages : la cote 136 m NGF serait respectée.

Conclusion : Rappel des résultats principaux

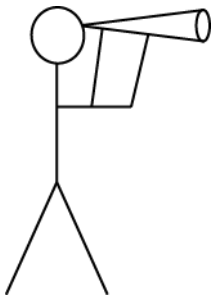
✧ **Comprendre** des relations entre contraintes climatiques et pressions anthropiques d'un hydrosystème de méso-échelle sur une longue période temporelle :

- Base de travail solide pour la suite des travaux



✧ **Construire** une chaîne de modélisation intégrative en répondant à plusieurs objectifs :

- Contexte méditerranéen
- Variabilité sur une longue période
- Gestion de l'eau
- Transposabilité de l'approche

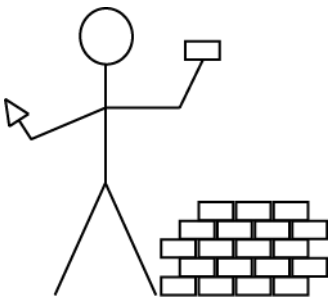


✧ **Evaluer** la capacité de satisfaction future en utilisant la chaîne de modélisation et en s'appuyant sur des scénarios prospectifs :

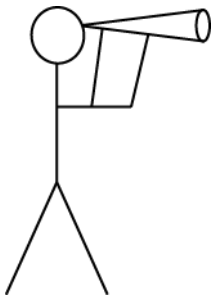
- Proposition de futurs possibles
- Discussion sur les impacts dissociés de ces scénarios

Conclusion : Des améliorations envisageables

- Evaluation des **débits naturalisés** : les débits observés sont déjà perturbés par les prélèvements.

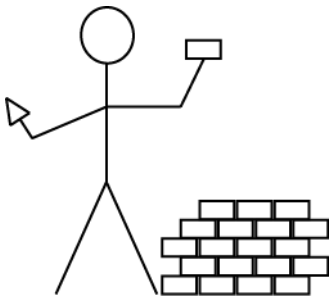


- Ecoulements hydrologiques : modélisation des **écoulements souterrains et superficiels**.
- Taux de satisfaction de la demande : **limitation de l'épuisement total de la ressource** disponible.

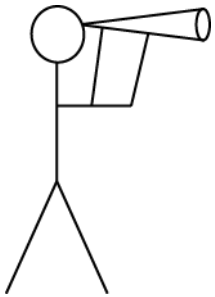


- Utilisation de projections issues de **plusieurs modèles climatiques**.

Conclusion : De nouvelles pistes de réflexion



- Demande en eau : représentation de **nouvelles variables** contraignant la demande.
  - Secteur domestique : tarification de l'eau
  - Secteur agricole : stades de croissance des plantes



- Construction de **scénarios d'usages évolutifs**.
  - Evolution des règles de gestion
  - Adaptation des écosystèmes à l'environnement
- Proposition de **nouvelles stratégies** de mitigation.
  - Cultures efficientes en eau
  - Aspect économique des stratégies de mitigation

Conclusion : De nouveaux défis pour les scientifiques

- En conclusion, il y a un véritable défi à développer :
  - des connaissances,
  - des compétences,
  - des démarches et des outils

  pour éclairer :
  - les compromis nécessaires,
  - les choix de trajectoires de développement et
  - les politiques de réduction de la vulnérabilité aux risques liés à l’eau.