

## LES ENJEUX ACTUELS ET FUTURS LIÉS À L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU EN MÉDITERRANÉE

Plus encore que la riveraineté à une mer commune, « *l'unité essentielle de la Méditerranée, c'est le climat* », a souligné Fernand BRAUDEL. C'est bien ce climat spécifique qui caractérise la « région méditerranéenne », définie pour la première fois en 1820 par PYRAME DE CANDOLLE dans sa « Géographie botanique » et qui y détermine les ressources et les besoins en eau des Méditerranéens. Cette région étant, selon toutes les prévisions, un *hot spot* du changement climatique mondial déjà amorcé <sup>1</sup> et en perspective au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, les tensions au sujet de l'eau et les risques de situation critique vont s'y amplifier.

### 1. Le présent

Ces tensions au sujet de l'eau sont déjà présentes en région méditerranéenne,

— où les moyennes climatiques et hydrologiques masquent les variabilités et les fortes irrégularités ;

— où les sécheresses conjoncturelles raréfient périodiquement les ressources en eau verte et en eau bleue, tout en amplifiant les demandes ;

— où les répartitions territoriales des ressources sont très inégales dans chaque pays (en Algérie, par exemple, 90 % des écoulements superficiels sont formés sur 6,5 % du territoire), ce qui a déjà déterminé d'importants transferts d'eau entre bassins, dans les pays du Nord et du Sud.

— où d'importants aménagements de barrages-réservoirs ont été réalisés pour régulariser les cours d'eau. En 2011, 4088 « grands-

---

1. Selon le GIEC, au cours du XX<sup>e</sup> siècle, en région méditerranéenne, la température moyenne en surface se serait déjà accrue de 0,5 à 1,5°, et les précipitations annuelles auraient chuté de 5 à 10 mm par décennie entre 1950 et 2010.

barrages » (à retenue supérieure à 10 millions de m<sup>3</sup>) en service dans les pays méditerranéens cumulaient 460 milliards de m<sup>3</sup> (plus de 5 fois le lac Léman), dont 3 réservoirs géants sur le Nil et l'Euphrate, en Égypte, Syrie et Turquie, forment plus de la moitié (243 milliards de m<sup>3</sup>). Mais ces réservoirs consomment par évaporation au moins 23 km<sup>3</sup>/an, dont 13 au Sud, et participent donc aux demandes en eau.

Exceptionnellement, pour pallier des pénuries d'eau conjoncturelles locales, des transports d'eau nationaux (en Espagne, au Maroc) ou internationaux (entre France et Espagne ou Sardaigne) temporaires par voie maritime ont même été parfois réalisés.

Le climat méditerranéen accentue aussi les besoins en eau des cultures, qui nécessitent très généralement l'irrigation (65 % des demandes en eau des pays méditerranéens, aujourd'hui, 84 % au sud), et ceux du tourisme estival et littoral (la région méditerranéenne est la première destination touristique mondiale).

Cependant, c'est entre pays du Nord (Europe, Turquie) et du Sud (Maghreb, Égypte, Levant) que, dès à présent, les situations sont le plus contrastées (*cf. tableau 1*).

Alors que l'aridité domine au Sud, seules, au Nord, quelques parties de l'Espagne et de la Turquie (et les pays insulaires) sont semi-arides.

Sur les quelque 1150 km<sup>3</sup> d'« eau bleue » apportés à présent à la région en année moyenne :

- 90 % vont au Nord,
- et 10 % seulement au Sud.

Rapporté aux populations, en 2010, l'écart de ces ressources en eau potentielles entre Nord et Sud est encore plus contrasté (*fig. 1*) :

- la moyenne du Nord est actuellement de 3808 m<sup>3</sup>/an par tête,
- celle du Sud, de 573 m<sup>3</sup>/an, presque 7 fois moins.

Entre pays, ces écarts sont encore plus accentués ; les extrêmes sont :

- 25 000 m<sup>3</sup>/an par tête au Monténégro,
- 44 m<sup>3</sup>/an par tête à Gaza.

Dans tous les pays du Sud, — mais dans aucun pays du Nord (à l'exception de Malte) — ces ressources potentielles moyennes sont dès à présent au-dessous du seuil de pénurie convenu de 1 000 m<sup>3</sup>/an par habitant, et dans la plupart, elles sont déjà inférieures au seuil de « pénurie absolue » de 500 m<sup>3</sup>/an par habitant (*fig. 1*).

De plus, dans plusieurs pays du Sud, les principales ressources en eau conventionnelles sont externes, donc dépendantes (97 % en Égypte, 58 % en Israël et en Syrie) ; ou bien les sources d'approvisionnement actuelles sont en partie non durables (surexploitation d'eau souterraine renouvelable, exploitation minière d'eau souterraine fossile : en Algérie, Libye, Tunisie).

Les pressions des demandes sur les ressources conventionnelles sont aussi très contrastées entre le Nord et le Sud, aujourd'hui. Dans presque tous les pays du Sud, les demandes sont en excès sur les ressources renouvelables moyennes, et une partie des approvisionnements en eau n'est pas durable.

Les productions d'eau douce par dessalement d'eau de mer sont déjà développées au Sud (Algérie, Israël, Libye, Tunisie) et même au Nord (Chypre, Espagne, Malte).

Les prévisions présentes des demandes en eau futures, basées avant tout sur les projections démographiques et sur des scénarios tendanciels, et limitées aux horizons 2025 ou 2030 (*tableau 1 et fig. 2*), accentuent le contraste Nord/Sud.

Les demandes en eau ayant déjà tendance à se stabiliser, voire à décroître en Europe, comme les populations dans plusieurs pays, c'est surtout en Turquie et au Sud que les demandes projetées en fonction des populations et de l'urbanisation devraient continuer à croître et dépasser par tête celles de l'Europe (*tableau 1*), avec le risque d'aggravation des situations de pénurie dans les pays du Sud, même sans péjoration du climat (*fig. 3*).

## 2. L'avenir

### Quel changement de climat ?

Appuyés principalement sur les travaux successifs du GIEC <sup>2</sup> et sur des modélisations variées, les études nationales ou internationales sur le changement climatique et ses composantes en région méditerranéenne sont déjà nombreuses, assez convergentes et actualisées (*fig. 4*).

À défaut des effets espérés des mesures adoptées par la *COP 21*, les températures moyennes annuelles prévisibles en 2081-2100 pourraient être supérieures de 2 à 3, voire 5°C, à ce qu'elles sont actuellement, et seraient liées surtout à des vagues de chaleur plus fréquentes.

Des diminutions des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 15 à 30 % sont prévisibles à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, avec une

---

2. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat.

zonalité plus accusée : écart Nord/Sud plus accentué — et une saisonnalité plus contrastée — sécheresses estivales aggravées.

Le rapport du GIEC 2013 précise notamment, en Méditerranée : « une intensification des précipitations extrêmes et une diminution des précipitations tombant dans l'Est de la Méditerranée lors de tempêtes ».

### Quels impacts sur les ressources et les besoins en eau ?

À la fin du <sup>xxi</sup>e siècle, les « eaux bleues » pourraient être réduites de 20 à 40 % en moyenne. Les variations de régime des cours d'eau sont plus difficilement prévisibles, mais les étiages, donc les ressources en eau estivales, seront sans aucun doute le plus appauvris.

Bien plus que les réductions des eaux bleues et vertes en moyenne, ce sera surtout la fréquence accrue et l'aggravation des sécheresses qui appauvriront les disponibilités en eau renouvelable et amplifieront les besoins, notamment ceux de l'agriculture et des populations littorales, en particulier saisonnières (tourisme).

Les risques de pollution des eaux courantes et de surexploitation des nappes souterraines moins rechargées seront accrus, de même que les pertes par évaporation des réservoirs. Dans plusieurs pays du Sud, l'exploitation minière des eaux souterraines non renouvelables risque d'être accrue, mais écourtée.

Les compétitions entre usages ou régions (amont/aval), y compris entre utilisations humaines et conservation des écosystèmes aquatiques, risquent d'être plus étendues, fréquentes et conflictuelles.

Les ressources externes en partage risquant d'être davantage utilisées dans les pays en amont, des rivalités, voire des conflits pourraient s'en suivre.

(Le cas du Nil est à mettre à part, en raison de la forte incertitude sur l'évolution de ses apports en zone équatoriale).

### **Quelles solutions ?**

La formule maîtresse est l'adaptation.

Pour faire face aux situations critiques, présentes ou aggravées, particulièrement dans les pays du Sud, les adaptations sont variées, bien connues et déjà mises en œuvre, mais seront à amplifier, en s'appliquant à la fois à la gestion des ressources et des utilisations — des offres et des demandes.

— Parachèvement des aménagements de maîtrise des eaux irrégulières, et de transfert entre bassins dans chaque territoire, y compris par des ouvrages estimés antérieurement trop coûteux, en luttant contre l'envasement des réservoirs et en développant la recharge

artificielle d'aquifères ; en développant aussi la gestion plus active des réserves régulatrices des nappes souterraines à ressources renouvelables irrégulières, tout en réduisant leur surexploitation par une gestion plus collective (« contrats de nappe »).

Théoriquement, des transferts d'eau entre pays, voire entre Nord et Sud, seraient faisables ; certains ont même été conçus et projetés (par exemple entre la Turquie et Israël, ou même entre la France et l'Algérie, par conduite sous-marine ou par voie maritime). Mais ils se heurtent à une réticence politique affirmée, à accepter une dépendance pour l'eau ; ou simplement à des coûts supérieurs à ceux du dessalement, qui ont beaucoup baissé.

— Réduction des pertes de transport dans les adductions d'eau potable ou d'eau d'irrigation, ainsi que dans les transferts.

— Tarification progressive des eaux distribuées. Révision éventuelle des priorités d'allocation.

— Gestion des demandes en eau, plus économe pour toutes les utilisations en améliorant les efficacités d'usage, en particulier en irrigation par développement de la micro-irrigation (« goutte à goutte »), mais aussi dans les usages domestiques et industriels (progress du recyclage).

En 2005, selon le Plan Bleu, l'efficacité de l'irrigation était encore inférieure à 50 % dans 6 pays méditerranéens et à 75 % dans 15 pays. L'efficacité de l'eau potable distribuée ne dépassait 70 % que dans 2 pays.

— Recours accru aux sources d'approvisionnement en eau non conventionnelles :

- utilisation des « eaux grises » dans l'habitat ;
- réutilisation des eaux usées urbaines traitées en conséquence, et des eaux de drainage ;
- développement du dessalement des eaux de mer ou continentales saumâtres.

Partout, une participation consciente et active des usagers sera une condition nécessaire.

Jean MARGAT

Hydrogéologue, Institut Méditerranéen de l'Eau (IME)

## BIBLIOGRAPHIE

- BENBLIDIA M., MARGAT J., VALLÉE D. (1998). *Pénuries d'eau prochaines en Méditerranée ?* — Futuribles, n° 233, juillet-août, pp. 5-29, Paris.
- BENBLIDIA M., MARGAT J. (2015). *Contrastes Nord-Sud sur l'avenir de l'eau en région méditerranéenne*. (Soc. Hydrotechnique de France, Paris, 7-9 Oct. 2015).
- BENOIT G. (DIR.), COMEAU A. (dir) (2005). *Méditerranée, les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement*. Éditions de l'Aube, La Tour d'Aigues. 432 p. / *A sustainable Future for the Mediterranean. The Blue Plan' Environment and Development Outlook*. Earthscan, Londres. 464 p. Chap. « L'Eau » pp. 71-107.
- BRAUDEL F. (1977). *La Méditerranée, l'espace et l'histoire*. (Arts et Métiers graphiques, et Flammarion 1985).
- BULLET C. (2008). *Changements climatiques et usages de l'eau dans le bassin méditerranéen*. (Agro ENGREF / Paris Tech. / OIE, Fév.).
- BURAK S. (2007). *Mediterranean strategy for sustainable development : Monitoring progress and promotion of water demand management policies, National report of Turkey*. UNEP/MAP/Blue Plan.
- BURAK S., MARGAT J. (2015). *Water Management in the Mediterranean Region : Concepts and Policies*. (EWRA, Istanbul).
- DUBREUIL C. (2012). *Eau et changement climatique : quelle stratégie d'adaptation en Méditerranée ?* (Les Notes du Plan Bleu, 23 sept. Sophia Antipolis).
- ENNABLI M., MARGAT J., VALLÉE D. (1998). *Pour prévenir les crises de l'eau en Méditerranée, priorité à une meilleure maîtrise des demandes*. Conférence internationale « Eau et Développement Durable », 19-21 mars, 6 p., Paris.
- GIEC (2013). *Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques* (contribution du Groupe de Travail I au 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation du GIEC, O.M.M. / PNUE).
- HALLEGATE S. & al. (2008). *Anticiper le changement climatique autour de la Méditerranée*. (Institut de prospective économique du Monde méditerranéen. 77 p., Paris).
- JEFTIC L., MILLIMAN J.D., SESTINI G. eds (1996). *Climatic change and the Mediterranean*. (Edward Arnold, London).
- KARAS J. (1997). *Climate change and the Mediterranean Region*. (Greenpeace International).
- LA JEUNESSE I, CIRELLI C., AUBIN D., LARRUE C., SELLAMI H., BELLIN A., & al (2015a). *Is climate change a threat for water uses in the Mediterranean region ? Results from a survey at locale sale*. Science of the Total Environment (in press).
- LAMADDALENA (2010). *Changement climatique et ressources en eau dans la région méditerranéenne*. Lettre d'information du CIHEAM n°12.

- LI L. (2002). *Évolution future du climat en Méditerranée : vers un état de sécheresse accru ?* (Université Paris 6, Laboratoire de Météorologie dynamique. Rapport quadriennal 1999-2002. Paris).
- MARGAT J. Plan Bleu (2004). *L'eau des Méditerranéens. Situation et perspectives*. UNEP-MAP, Athènes. 330 p. (MAP Technical Report Series n° 158) et version abrégée, Ed. L'Harmattan, Paris (2008).
- MARGAT J. (2009). *Quelles crises de l'eau en Méditerranée ? 5<sup>èmes</sup> Rencontres Internationales Monaco et la Méditerranée*. Actes Assoc. Monégasque pour la Connaissance des Arts (2010), Monaco.
- MARGAT J. (2011). *Quelles sont les demandes en eau et les sources d'approvisionnement actuelles et futures des pays méditerranéens ?* (Contribution au 1<sup>er</sup> Forum méditerranéen de l'Eau — Marrakech, 19-20 déc. 2011. Institut méditerranéen de l'Eau, Marseille).
- MARGAT J. (2015). *Les enjeux actuels et futurs en Méditerranée liés à l'impact du changement climatique dans la gestion des ressources en eau*. (MedCOP21, Contribution de l'Institut Méditerranéen de l'Eau. Marseille, Juin 2015).
- MILANO M. (2012). *Changements globaux en Méditerranée : Impacts sur le stress hydrique et la capacité à satisfaire les demandes en eau*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 257 pp.
- Plan Bleu, CMDD (2002). *Études thématiques*. Forum « Avancées de la gestion des demandes en eau en Méditerranée », Fiuggi (Italie), 3-5 Oct. 2002.
- Plan Bleu (nov. 2012). *Vers une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau en Méditerranée, Eau efficace*, cahier 14.
- PYRAME DE CANDOLLE A. (1820). *Géographie botanique*.
- SEMIDE/EMWIS (2009). *The Mediterranean, a Hotspot for Climate Change ? Contracting Parties to the Barcelona Convention convene in Marrakech to agree on urgent adaptation measures*. (Source : UNEP-MAP).
- SIMONET S. (2011). *Adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en Méditerranée : situation et perspectives*. Valbonne, Plan Bleu (Les cahiers du Plan Bleu, n°10).
- Collectif (2009). *Gestion durable et équitable de l'eau douce en Méditerranée. Mémoire et traditions. Avenir et solutions*. (5<sup>èmes</sup> Rencontres Internationales Monaco et la Méditerranée. Actes Association Monégasque pour la Connaissance des Arts).
- Collectif « SESAME » (2015). *Changement climatique et sécurité alimentaire en Méditerranée et en Afrique de l'Ouest — Quelles stratégies pour une agriculture, des territoires et une croissance durables ?* (3<sup>e</sup> Séminaire international SESAME. Paris, 23 fév. 2015. Note de présentation).
- Collectif (2015). *Water tensions in Europe and in the Mediterranean: Water Crisis by 2050 ?* (Soc. Hydrotechnique de France, Paris, 7-9 Oct. 2015).

TABLEAU 1

Chiffres-clés sur les états et les projections des populations, des ressources et des demandes en eau en région méditerranéenne

Sujets et dates de valeur	Pays riverains de la Méditerranée				
	Nord			Sud	Total
	Europe	Turquie	Total		
Population 2010 (M hab.) 2025 Réf. a 2050	194,5 218,1 232,1	75,7 85,1 95,5	270,2 303,2 327,6	207,6 247,5 300	477,8 550,7 627,2
Ressources en eau potentielles actuelles (« eaux bleues ») internes et externes moyennes annuelles km <sup>3</sup> /an (écoulements transfrontaliers sortant non déduits) Dont ressources externes km <sup>3</sup> /an Réf. b	797 100	232 4	1029 104	119 75	1148 179
Écoulement transfrontalier moyen annuel sortant à réserver en partie km <sup>3</sup> /an	171	65	236	34	270
Ressources en eau potentielles moyennes par habitant 2010 (m <sup>3</sup> /an) 2025 * 2050 * * dans l'hypothèse où les ressources potentielles moyennes actuelles seraient conservées	4098 3654 3434	3065 2726 2429	3808 3394 3141	573 481 397	2403 2085 1830
Demandes en eau pour Réf. toutes utilisations par habitant (km <sup>3</sup> /an) 2010 b projection 2025 c projection 2050 d	122 128 110-120	44 56 ~ 80	166 184 190-200	121 127 175-190	287 311 365-390
Demandes en eau pour toutes utilisations par habitant (m <sup>3</sup> /an) 2010 projection 2025 projection 2050	627 587 475-517	581 658 785-890	615 607 580-610	583 424 580-630	600 666 600-620

**Références :**

- a UN World Population Division / DESA — The 2010 Revision — Medium variant
- b FAO/Base AQUASTAT (2015)
- c Plan Bleu (2004) — Scénario tendanciel
- d Scénario tendanciel extrapolé



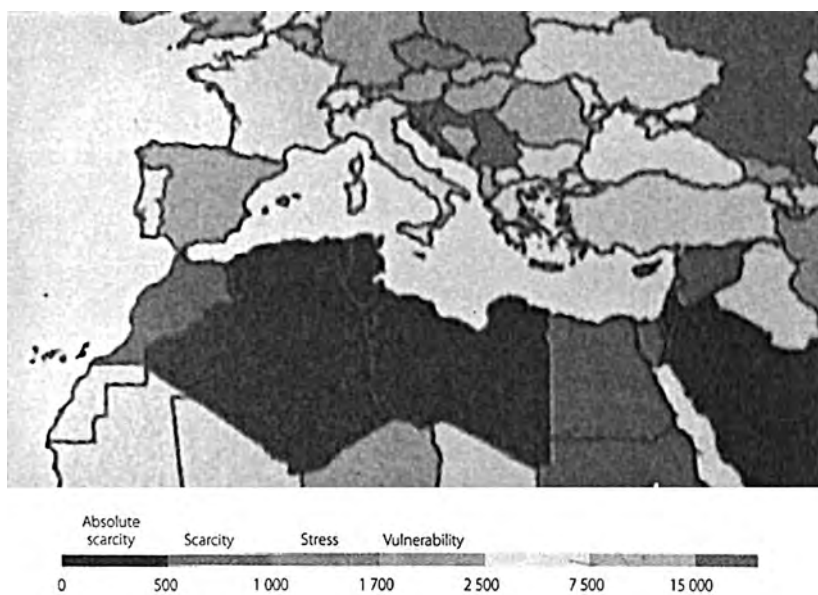


FIG. 1 — Contraste Nord/Sud des ressources en eau renouvelables présentes par habitant

(Source : UNWWD Report 2015 — UNESCO/WWAP)

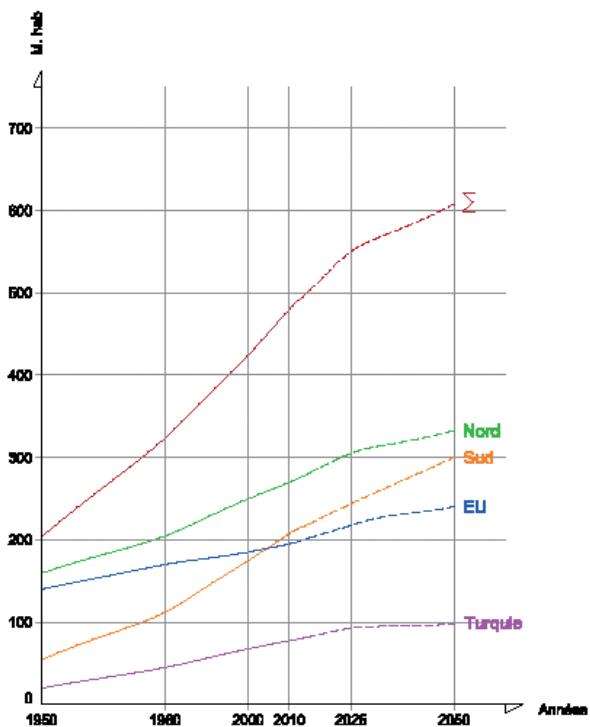


FIG. 2 — Évolutions et projections des populations en région méditerranéenne  
(Source : UN World Population Division/DESA, 2010)

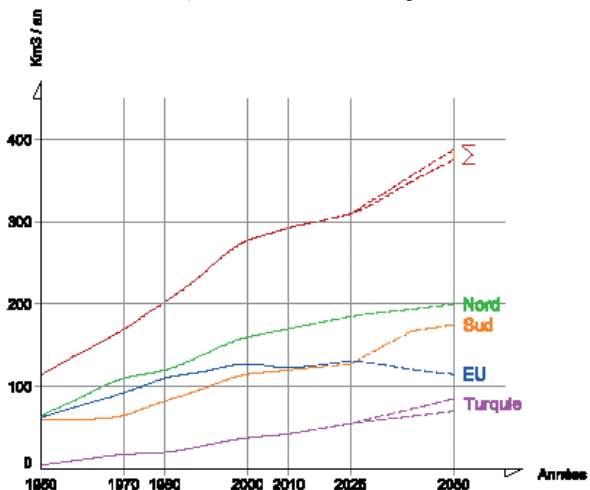
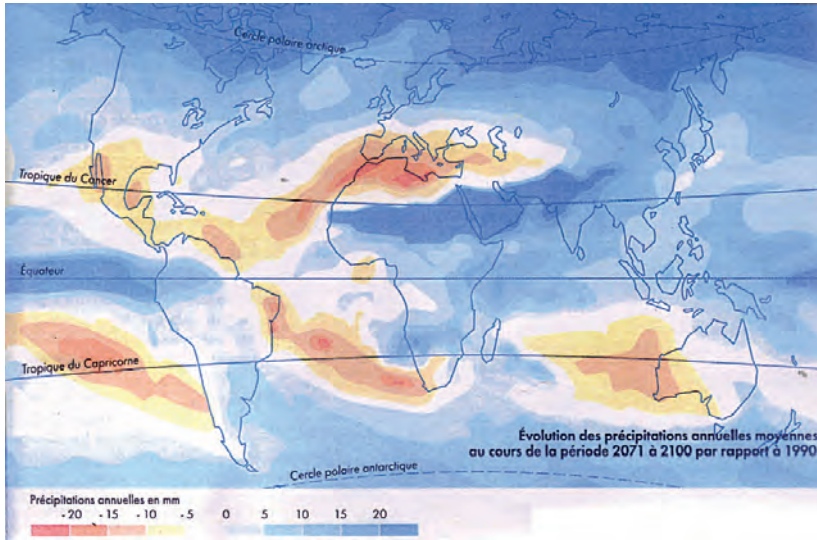
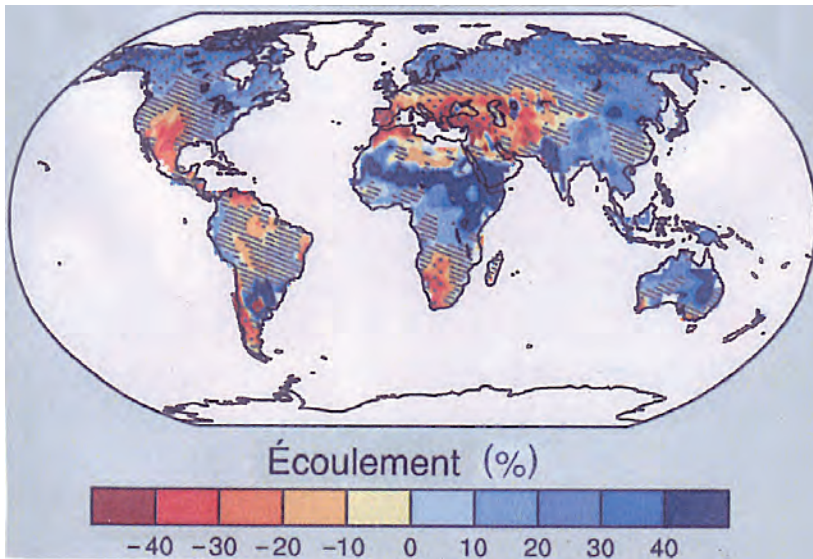


FIG. 3 — Évolutions et projections des demandes en eau en région méditerranéenne  
(Sources : FAO / Base AQUASTAT, Plan Bleu, 2004)



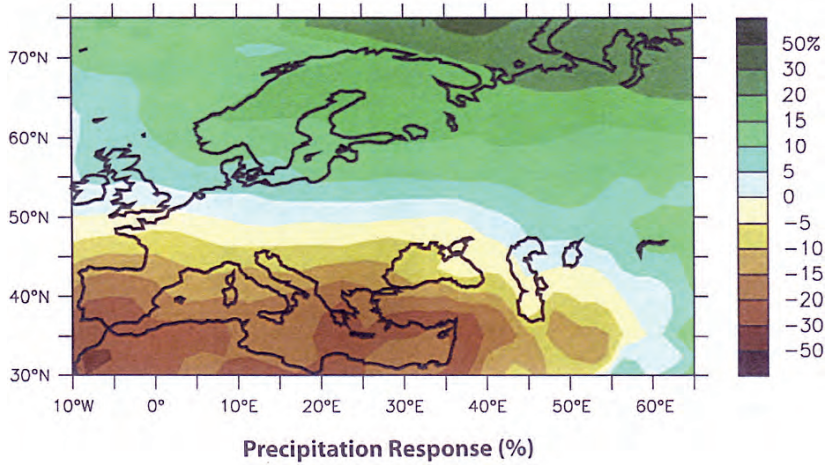
a. Changement des précipitations moyennes annuelles

(Source : GIEC 2001, 2007)



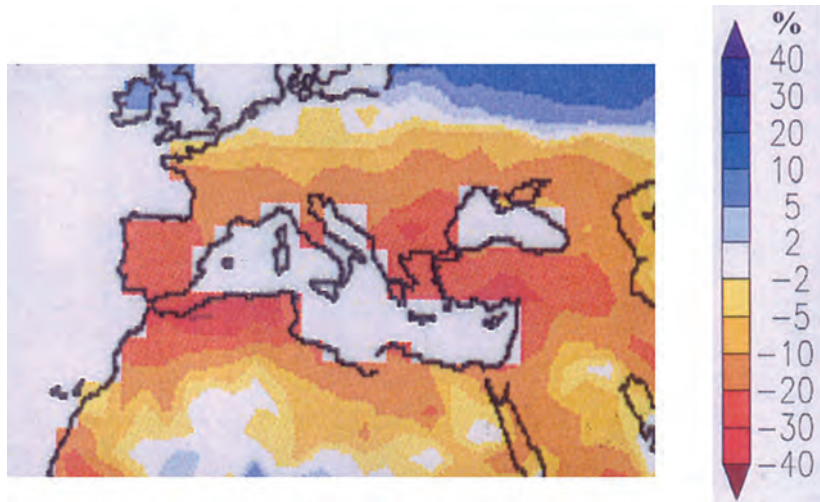
b. Changement des écoulements moyens annuels en %, entre 1986- 2005 et 2081-2100, selon scénario RCP 8,5 du GIEC (2013)

FIG. 4 — La région méditerranéenne « hot spot » des effets du changement climatique dans le monde au cours du xx<sup>e</sup> siècle



a. Sur les précipitations moyennes annuelles (*percentile changes between 1980-1999 vis-à-vis 2080-2099*).

(Source : IPCC 2007)



b. Sur les écoulements moyens annuels  
(Source : « *Global warming and water availability* » P.C.D. Milly, usgs)