

Et le changement climatique?

Damien Aubé, Thomas Pelte, Agence de l'eau RMC

La démarche générale du plan d'adaptation

❑ Bilan des connaissances scientifiques

- Poser les incidences clés sur le bassin et déterminer les grands enjeux pour l'adaptation
- Validé par un collège scientifique présidé par H. Le Treut

❑ Caractérisation des vulnérabilités des territoires

- Disponibilité de la ressource en eau
- Agriculture et bilan hydrique des sols
- Biodiversité
- Niveau trophique des eaux
- Enneigement et usages associés

❑ Un panel de mesures d'adaptation

- Bilan des mesures existantes et sans-regret
- Des mesures plus structurantes



Changement climatique et lagunes

- *Introduction*

- ❑ Les lagunes sont à l'interface entre la mer et les bassins versants ;
- ❑ La majorité des impacts du changement climatique viendront des modifications sur ces conditions aux limites.



Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Le niveau de la mer*

□ Élévation du niveau de la mer (ENM)

- A l'échelle mondiale de + 0,17 à 0,37 cm à moyen terme et + 0,26 à +0,82 cm à long terme (1)
- En méditerranée de + 9,8 à + 25,6 cm à l'horizon 2040-2050 (2) et de + 34 à + 49 cm à l'horizon 2070 – 2099 (3)

Scénarios	Fourchettes pour 2046-2065 / 2081-2100
Scénario RCP2.6	0,17 – 0,31 / 0,26 – 0,55
Scénario RCP4.5	0,19 – 0,33 / 0,32 – 0,63
Scénario RCP6.0	0,18 – 0,32 / 0,33 – 0,63
Scénario RCP8.5	0,22 – 0,37 / 0,45 – 0,82

□ Augmentation probable de la tendance d'élévation (exemple pour Marseille^(2, 4)) mais fortes incertitudes

- + 1,26 mm / an de 1885 à 2012
- + 2,6 mm / an de 1980 à 2012
- **+ 1,2 à + 4,2 mm / an d'ici à 2050**

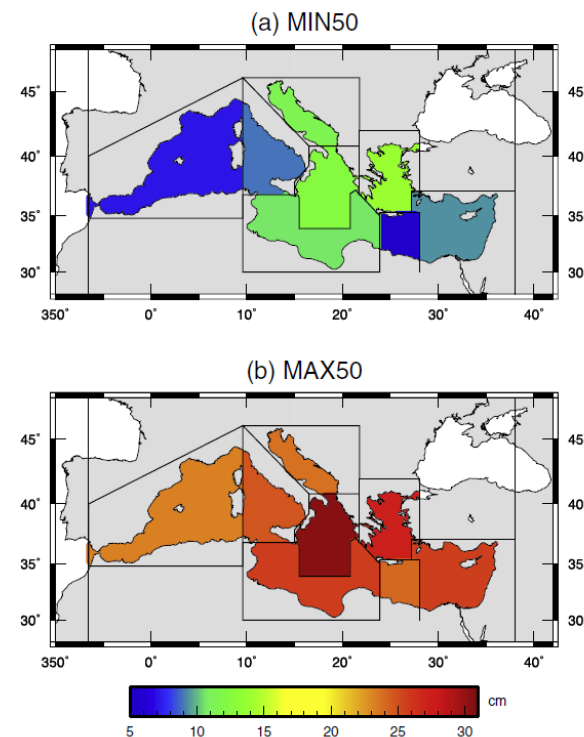


Fig. 9. Projected sea-level variations in the Mediterranean Sea by 2040–2050 relative to 1990–2000, combining contributions from TIM, GIA and OR for the MIN50 (a) and MAX50 (b).

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– température et salinité

□ Augmentation de la température de l'eau (3) ...

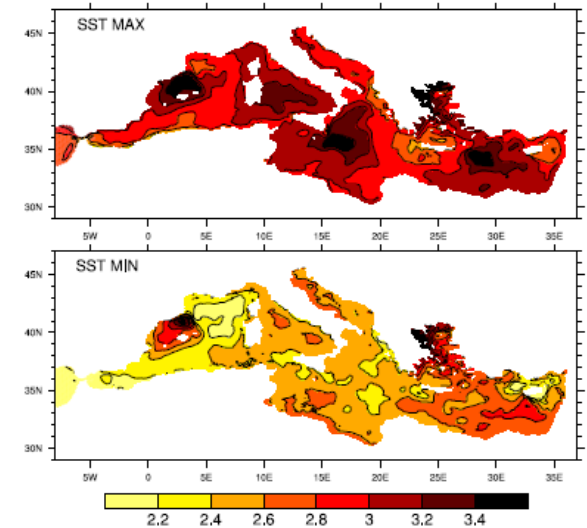
- + 0,7 à + 2,6 °C en surface
- + 0,4 à + 1 °C à 600 m

□ ... Et de la salinité de surface (3)

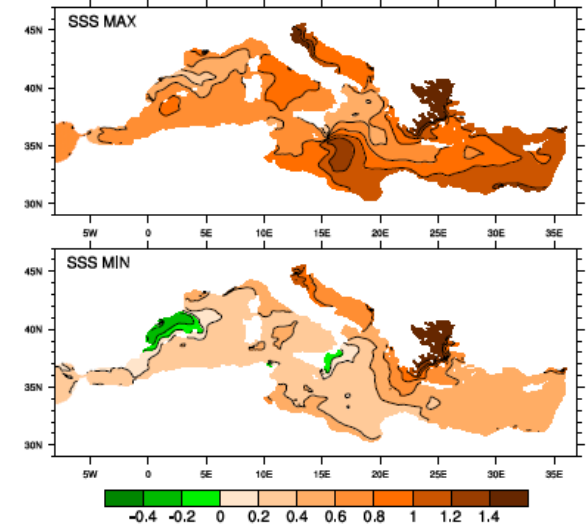
- + 0,48 à + 0,89 g/l

→ intensification de la circulation thermohaline

Composite of **sea surface temperature** anomalies maxima (*top*) and minima (*bottom*) for the 2070–2099 period (vs. 1961–1990). The largest (maxima) or smaller (minima) anomaly out of the 6 scenario simulations is represented at each *grid point*. Units are in °C



Composite of **sea surface salinity** anomalies maxima (*top*) and minima (*bottom*) for the 2070–2099 period (vs. 1961–1990). The largest (maxima) or smaller (minima) anomaly out of the 6 scenario simulations is represented at each *grid point*



Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Acidité et tempêtes*

□ Acidification

- De 0,07 à 0,13 unité pH à l'horizon 2050 (par extrapolation) ⁽⁵⁾
- De 0,06 à 0,32 unité pH selon les RCPs pour la fin du siècle ⁽¹⁾

□ Les régimes des tempêtes en méditerranée devraient rester stables ou légèrement diminuer en intensité, durée et fréquence ⁽⁶⁾.

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Evolution du trait de côte*

- ❑ Les littoraux sont des zones dynamiques, résultat de facteurs constants comme la géologie, et la topographie et variables dont les principaux sont l'hydrodynamique et les flux sédimentaires.
 - ❑ A ce jour, pas de projection disponible car les processus en jeux à différentes échelles spatiales et temporelles rendent difficiles la modélisation ⁽⁷⁾ ;
- Approche non pas via les impacts mais via la vulnérabilité du trait de côte

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Vulnérabilité du trait de côte aux aléas physiques (érosion et submersion) / Projet Explore 2070*

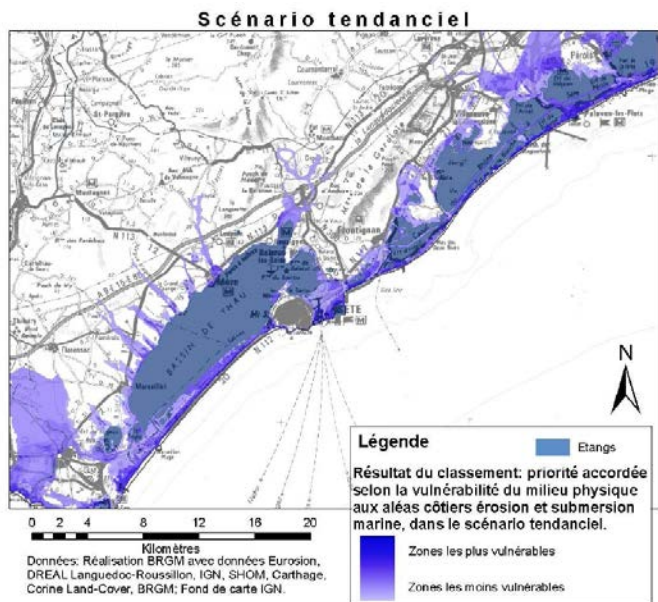


Figure 10: Représentation du classement obtenu pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (De Palavas-Les-Flots au Cap d'Agde), en 2070 sous une hypothèse tendancielle, sans élévation du niveau marin.

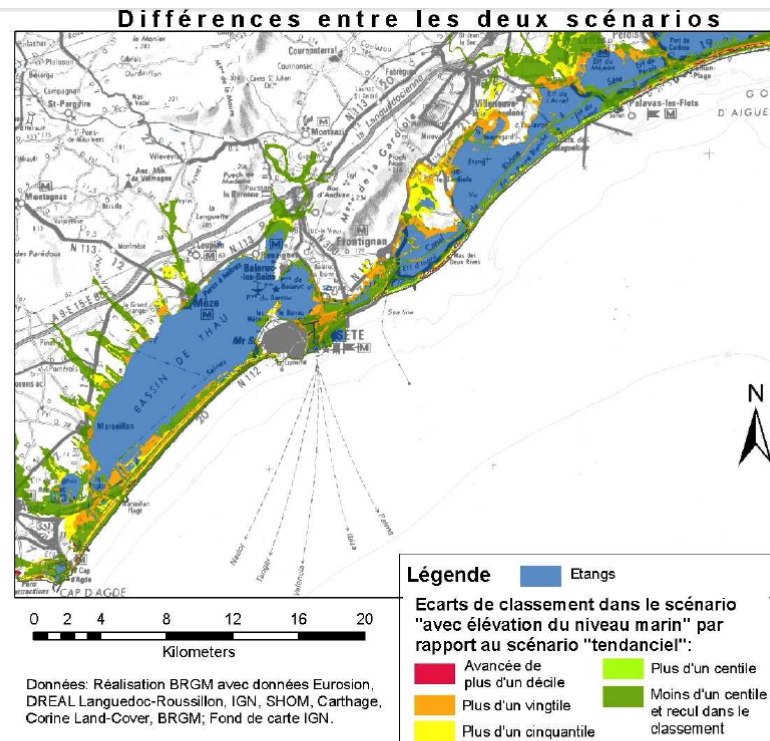


Figure 20: Représentation des écarts de classement obtenus pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (De Palavas-Les-Flots au Cap d'Agde), en 2070, entre le scénario avec élévation du niveau marin et tendanciel. Lecture de la carte : les zones en jaunes représentent celles pour lesquelles leur rang est avancé de plus d'un vingtile dans le scénario avec élévation du niveau marin par rapport au scénario sans élévation du niveau marin

- Les zones basses, lidos et deltas présentent les plus fortes vulnérabilités aux aléas physiques (8).

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Vulnérabilité du trait de côte aux aléas physiques (érosion et submersion) / Projet Explore 2070*

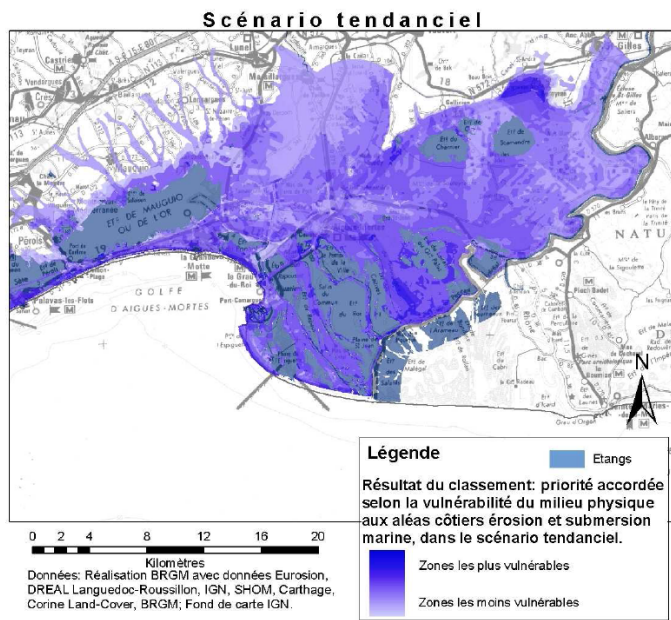


Figure 9: Représentation du classement obtenu pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (Du delta du Rhône (Partie Région Languedoc-Roussillon) à Palavas-les-Flots), en 2070 sous une hypothèse tendancielle, sans élévation du niveau marin.

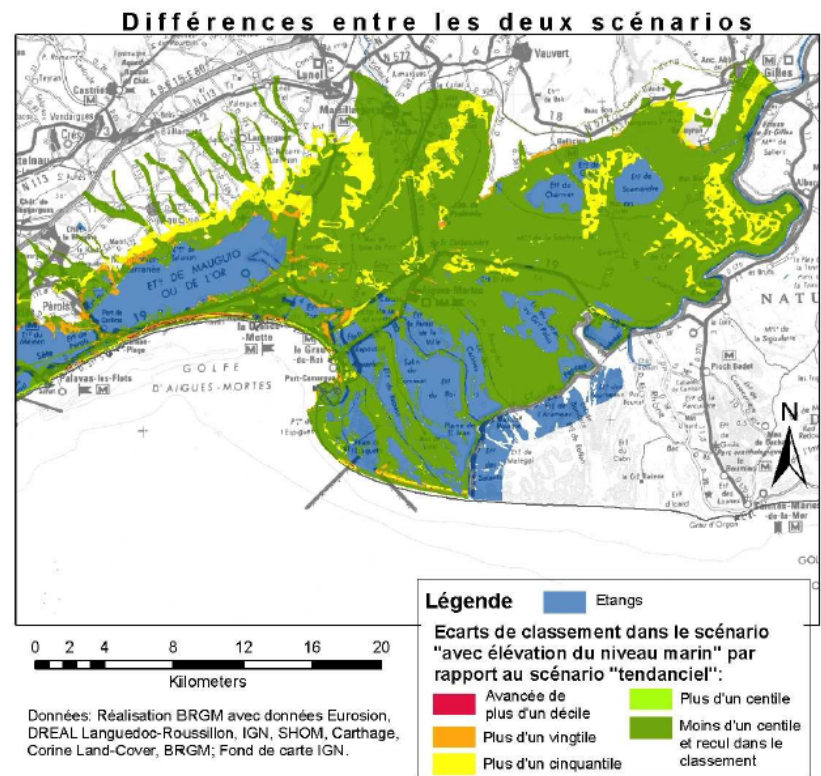
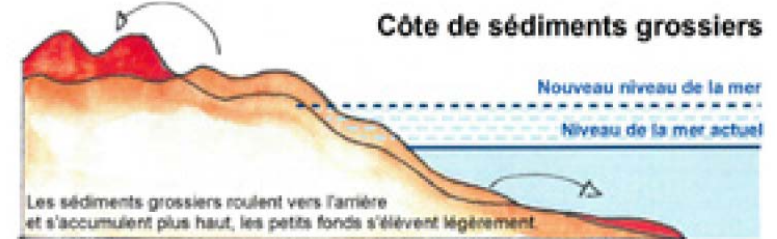
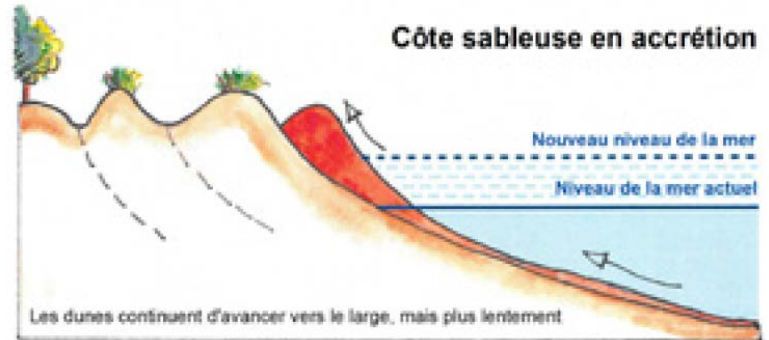
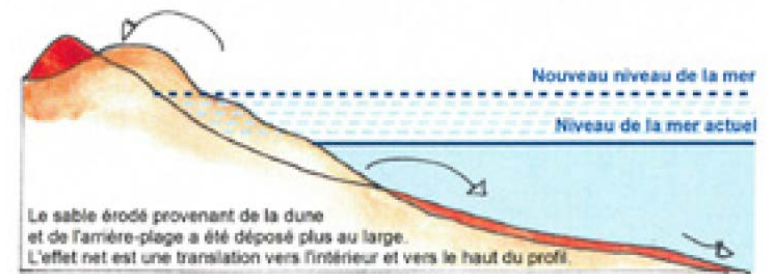


Figure 19: Représentation des écarts de classement obtenus pour la vulnérabilité physique de la zone côtière de la région Languedoc-Roussillon (Du delta du Rhône (Partie Région Languedoc-Roussillon) à Palavas-les-Flots), en 2070, entre le scénario avec élévation du niveau marin et tendanciel. Lecture de la carte : les zones en jaunes représentent celles pour lesquelles leur rang est avancé de plus d'un cinquanteile et de moins d'un vingtile dans le scénario avec élévation du niveau marin par rapport au scénario sans élévation du niveau marin

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

– *Evolution du trait de côte*

- Les côtes sableuses et les lidos peuvent s'adapter naturellement, en se déplaçant vers l'intérieur, à condition qu'il dispose d'un espace de mobilité ⁽⁹⁾.



Adaptation des littoraux à l'élévation du niveau de la mer

Les changements abiotiques attendus en méditerranée

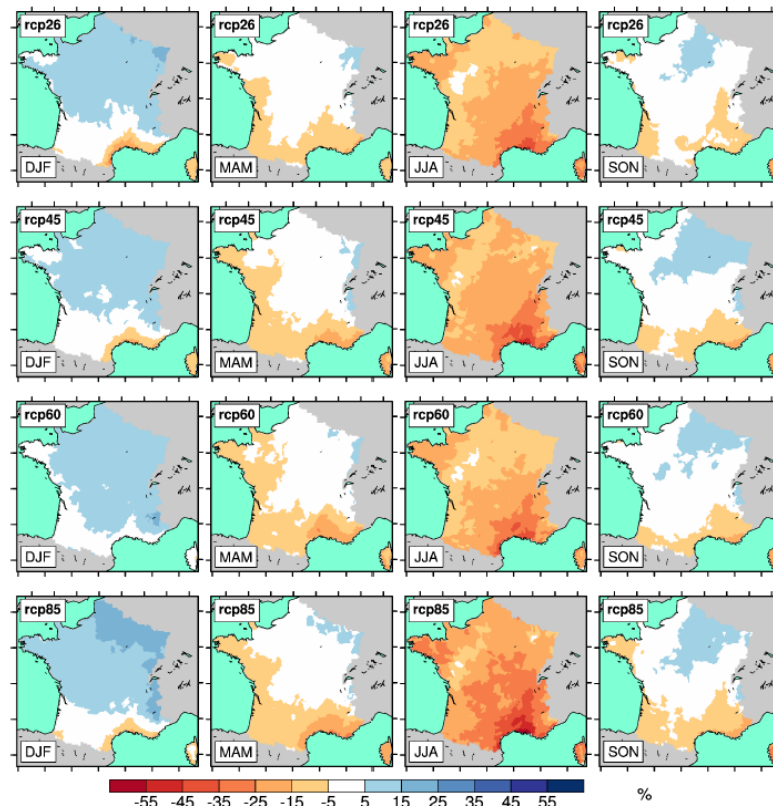
– *Evolution du trait de côte / Bilan*

Le processus dominant est fonction de l'échelle de temps considérée ⁽¹⁰⁾ :

- A moyen terme : Stabilité des tempêtes + faible ENM = la **dynamique hydro-sédimentaire** est le facteur de contrôle principale.
- A long terme : l'**ENM** aura un impact significatif sur le trait de côte, lorsqu'il deviendra significatif (de l'ordre du mètre ?)

Tous les aspects du cycle hydrologique touchés...

- **Augmentation des températures moyennes en France ⁽¹¹⁾ :**
 - Milieu de siècle de 0,4 à 1,6 °C en hiver et de 0,7 à 2°C en été ;
 - Fin de siècle de 0,4 à 3,4 °C en hiver et de 0,6 à 5,1 °C en été
- **Changement des régimes de précipitation ^(11,12,13) :**
 - Baisse estivale généralisée
 - Précipitations annuelles moyennes – 5 à -15 % pour le sud (inverse au nord du pays) horizon fin siècle
 - Intensification probable
- **Augmentation de l'évapotranspiration réelle sauf en été ⁽¹¹⁾ ;**
- **Diminution de l'humidité des sols.**



Moyenne d'ensemble des changements saisonniers relatifs de précipitations désagrégées (%) sur la période 2035-2065 par rapport à la période 1960-1990 pour les quatre scénarios RCP. Les ensembles de GCM sont différents pour chaque scénario (voir Tableau 2.1). Les saisons sont indiquées par les premières lettres des mois. ⁽¹⁰⁾

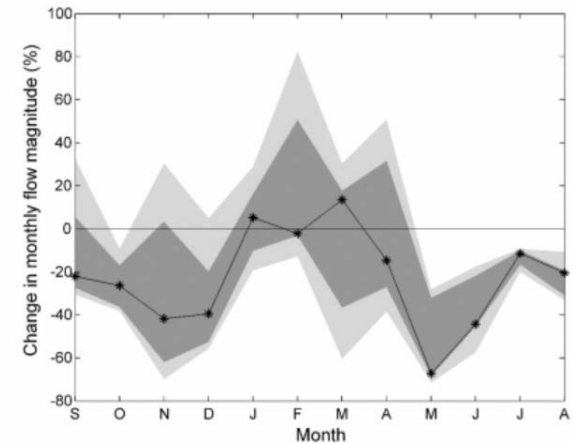
... entraînant une diminution des débits

□ Diminution (14)

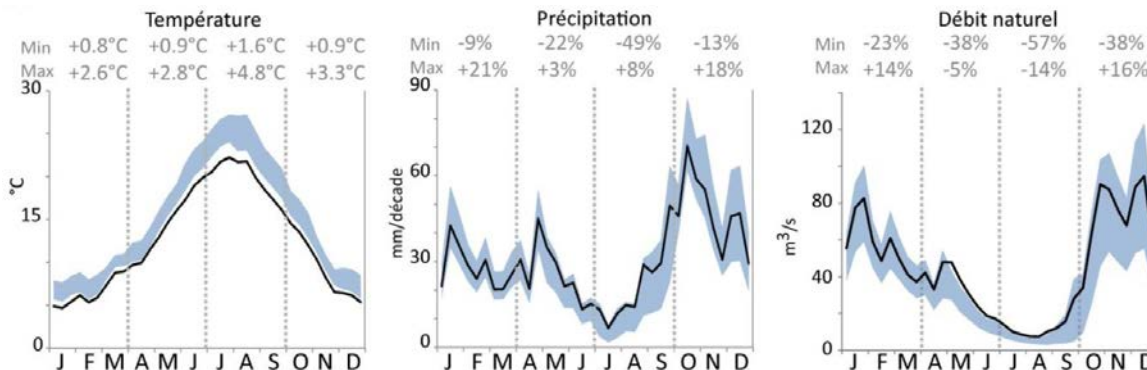
- Des débits d'étiages de -10 à -60 %
- Du module de -10 à -40 %
- Des crues décennales (moins significatif)

□ Augmentation possible de la fréquence des crues extrêmes

➤ La vitesse de comblement des lagunes sera-t-elle impactée ?



Ordre de grandeur de la projection du changement de flux d'eau mensuel en provenance du bassin versant de l'étang de Thau à l'horizon 2041-2070 . La ligne droite représente la médiane. (15)



— Variabilité saisonnière moyenne des températures, précipitations et débits naturels de l'Hérault sur la période 1976-2005

■ Enveloppes de projections à l'horizon 2050 (2036_2065) sous 18 scénarios de changement climatique (16)

Les incidences clés

❑ Ce que l'on retient avant tout :

- augmentation de la température,
- augmentation de la salinité,
- une tendance à l'acidification (mais quels impacts ?),
- baisse des apports hydrologiques du bassin versant

→ Incidences sur le milieu de vie des organismes : des contraintes nouvelles pour leur cycle de vie, favorisant les espèces halophytes.

❑ Des processus physiques qui changeront, oui, mais pour quels impacts ?

- Augmentation du niveau de la mer
 - Même si faible : augmentation de l'effet des tempêtes (érosion + submersion temporaire)
 - Et si importante : augmentation risque de submersion permanente
- Trait de côte = sous influence de la dynamique hydrosédimentaire

Conclusion

- ❑ Les lagunes seront impactées de manière directe et indirecte par le changement climatique ;
- ❑ A ce jour les approches sont de type vulnérabilité ou théorique, l'approche par modélisation étant difficile ;
- ❑ Les pressions anthropiques sur ces milieux devraient rester majoritaires au moins à moyen terme ;
- ❑ Dès à présent, des mesures permettent de s'adapter en :
 - Réduisant les facteurs d'eutrophisation ;
 - Laissant des espaces de mobilité aux systèmes (occupation du sol) ;
 - Favorisant la circulation sédimentaire.

Bibliographie

- (1) IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- (2) Galassi, G. & Spada, G., 2014. Sea-level rise in the Mediterranean Sea by 2050: Roles of terrestrial ice melt, steric effects and glacial isostatic adjustment. *Global and Planetary Change*, 123, p.55–66.
- (3) Adloff, F. et al., 2015. Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios. *Climate Dynamics*, 45(9-10), p.2775–2802.
- (4) Wöppelman, G. et al., 2014. Rescue of the historical sea level record of Marseille (France) from 1885 to 1988 and its extension back to 1849-1851. *Journal of Geodesy*, 88, 869-885.
- (5) Lacoue-Labarthe, T. et al., 2016. Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*, 5, p.1-11.
- (6) Androulidakis, Y.S. et al., 2015. Storm surges in the Mediterranean Sea: Variability and trends under future climatic conditions. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 71, p.56–82.
- (7) French, J. et al., 2015. Appropriate complexity for the prediction of coastal and estuarine geomorphic behaviour at decadal to centennial scales. *Geomorphology*.
- (8) Explore 2070, 2012. Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers – zoom sur le littoral du Languedoc Roussillon, 92 p.
- (9) Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer, 2015. Développer la connaissance et l'observation du trait de côte – contribution nationale pour une gestion intégrée. 23p.
- (10) Jouzel, J. et al., 2015. changement climatique et niveau de la mer: de la planète aux côtes françaises. Le climat de la France au XXIème siècle – Volume 5, 71p .
- (11) Jouzel, J., Ouzeau, G., Deque, M., Jouini, M., Planton, S. et Vautard, R. (2014). Scenarios regionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer. Le climat de la France au XXIe siècle, page 64.
- (12) Dayon, G. 2015. Evolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies. Thèse de doctorat, 223 p.
- (13) Jacob, D. et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), p.563–578.
- (14) Chauveau, M., Chazot, S., Perrin, C., Bourgin, P.-Y., Sauquet, E., Vidal, J.-P., Rouchy, N., Martin, E., David, J., Norotte, T., Maugis, P. et De Lacaze, X. (2013). Quels impacts des changements climatiques sur les eaux de surface en France à l'horizon 2070 ? *La Houille Blanche*, 4:5-15.
- (15) CLIMB projet, présentation des résultats à l'adresse suivante: <http://www.pole-lagunes.org/category/articles/etang-de-thau?page=2>
- (16) Ruelland, D. et al, 2016. Projet GICC REMedHE (2012-2015) – Impacts des changements climatiques et anthropiques sur la gestion quantitative des Ressources en Eau en Méditerranée: évaluation comparative Hérault-Ebre. Rapport final, 127 p.