



# Diagnostic de vulnérabilité

Démarche d'adaptation au changement  
climatique de la Réserve naturelle  
de **Lilleau des Niges**



AGIR pour la  
BIODIVERSITÉ

# REMERCIEMENTS

---

**Mes remerciements s'adressent, en premier lieu, à l'équipe de la Réserve naturelle de Lilleau des Niges**, Jean-Christophe LEMESLE et Julien GERNIGON, pour leur patience, disponibilité et bienveillance tout au long de ces 18 mois de travail en commun, sans oublier, Amandine DELORY, Hervé ROQUES, Lucas DEPLAINE et Nicolas PLUCHON pour les échanges constructifs et leur bonne humeur. Je remercie aussi, vivement, Frédéric ROBIN et Emmanuelle CHAMPION pour leurs conseils avisés et l'intérêt porté à ces travaux. Un grand merci également à Ségolène TRAVICHON pour la confiance accordée depuis le début de mon entrée dans le projet.

**Mes remerciements s'adressent aussi, bien évidemment, à mes collègues et « homologues » sur le projet Natur'Adapt**, j'ai nommé Iris LOCHON (RNN Chastreix-Sancy), Juliette DANE (RNN Sixt-Passy), Kenzo HEAS (RNN Forêt de la Massanne), Daphné SCHLOESSER (RNN Petite Camargue Alsacienne) et Véronique LEBOURGEOIS (RNR Tourbières du Morvan) ; sans oublier, l'équipe de coordination du Life à RNF, pour leur appui et soutien indéfectible durant ces mois de travail et de réflexion : Anne-Cerise TISSOT, Christine COUDURIER, Léna DELL'AQUILA, Sylvie TOURBIAT, Marina GAUTHIER, Léa LOPES et Sandra CHATEL.

**Le projet, c'est également de nombreux partenaires, avec qui j'ai pris plaisir à travailler** pendant ces 18 mois : Olivier DESADELEER (Europarc), Audrey TOCCO, Aurélie FROGER, Pauline LEFORT et Véronique SCHÄFER de Tela Botanica, Jean-Baptiste BOSSON (Asters – CEN Haute-Savoie), Léa MERCKLING (RNN La Petite Camargue Alsacienne), Céline QUELENNEC (Fédération des Réserves naturelles catalanes), Thierry LEROY (RNN Chastreix Sancy), Christine DODELIN (RNR Tourbières du Morvan), Joseph LANGRIDGE et Romain SORDELLO du MNHN ainsi que Camille CHANARD, Manon BERGER et Pierre STROSSER d'Actéon, Arnaud COSSON (INRAE) et Anne DOUARD (RNF).

*Ce rapport est le fruit des nombreux échanges et réflexions menées avec ce collectif de personnes.*

# CITATION DE L'OUVRAGE

---

**BASTIAN E. et coll., 2020.** Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges – Projet Life Natur'Adapt, 85 p.

# Table des matières

---

PREAMBULE.....	3
INTRODUCTION .....	5
DEMARCHE Natur'Adapt.....	6
RESUME.....	8
RESULTATS.....	10
I. Cadre d'analyse – RNN Lilleau des Niges .....	10
II. Récit climatique : étude du climat présent / passé / futur .....	13
III. Contexte local – stratégie du territoire en matière de gestion du trait de côte .....	45
IV. Contexte local - évolution des activités socio-économiques .....	50
V. Analyse de la vulnérabilité .....	54
VI. Récit prospectif .....	70
CONCLUSION .....	85
ANNEXE 1 .....	87
ANNEXE 2 .....	103
ANNEXE 3 .....	118
BIBLIOGRAPHIE.....	128

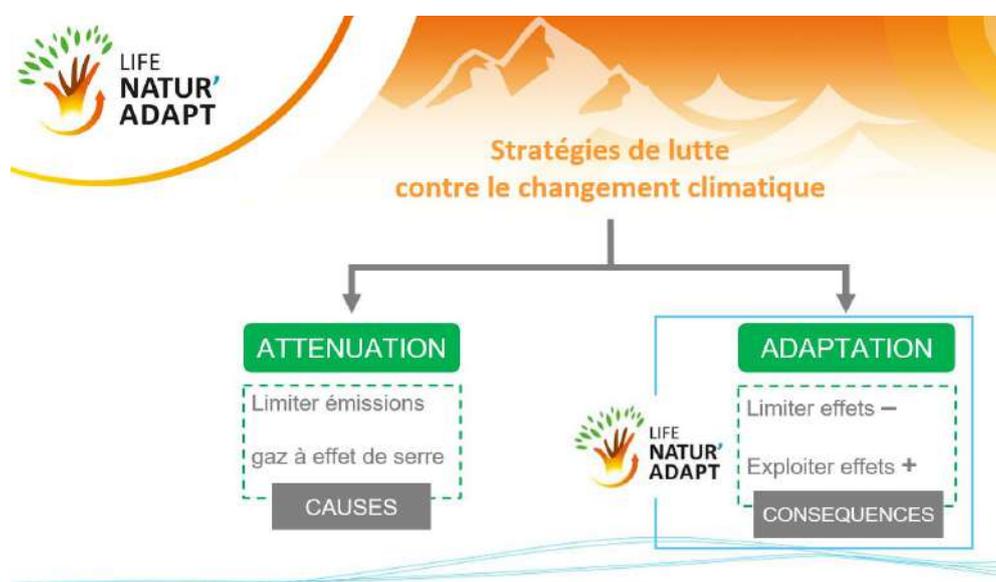
# PREAMBULE

---

Depuis la reconnaissance officielle de l'existence du changement climatique et de la responsabilité humaine dans ce phénomène au sommet de la Terre en 1992, la lutte contre le changement climatique s'organise au travers de deux volets :

- ✓ **L'atténuation**, qui vise à réduire ou limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- ✓ **L'adaptation**, qui vise à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les impacts présents ou à venir du changement climatique.

Le premier volet s'attaque donc aux causes du changement climatique, quant le deuxième, traite des conséquences.



Le titre du Life Natur'Adapt : « **Adapter la protection de la nature aux défis du changement climatique en Europe.** » révèle que le projet poursuit les objectifs d'une stratégie d'adaptation au changement climatique.

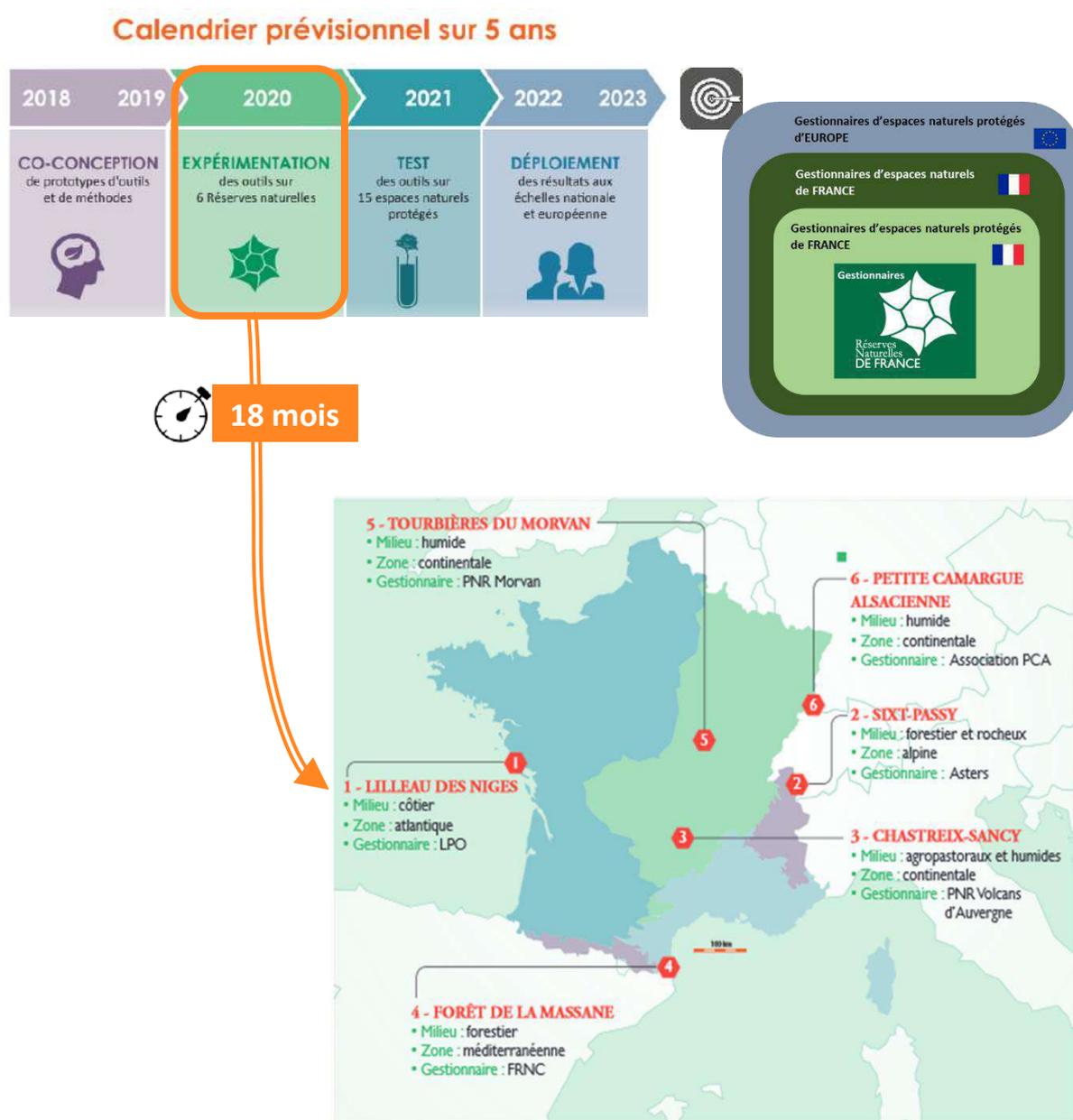
**Le projet LIFE Natur'Adapt vise à intégrer les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens.** Prévu sur 5 ans (2018-2023), il est coordonné par Réserves Naturelles de France (RNF), en s'appuyant sur un collectif dynamique de neuf autres partenaires dont la LPO. Il se structure autour de trois grands axes :

- l'élaboration d'outils et des méthodes opérationnels à destination des gestionnaires pour intégrer le changement climatique dans leurs pratiques de gestion ;

- le développement et l'animation d'une communauté apprenante autour du changement climatique et des espaces naturels protégés : <https://naturadapt.com/>;
- l'activation de tous les leviers nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation dans les territoires (plaidoyers, plateforme des financeurs ...)

**A 10 ans, l'objectif est que 80% des gestionnaires de réserves naturelles** est adopté des modalités de gestion, planification et gouvernance adaptatives, dans un contexte de changement climatique et que les autres espaces naturels protégés s'engagent dans cette voie.

Le projet prévoit d'expérimenter les différents outils sur six sites réserves partenaires du projet, puis revus et testés sur 15 autres sites avant d'être déployés aux échelles nationale et européenne.



# INTRODUCTION

---

« *Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements* ». Dans le contexte du changement climatique actuel, cette citation du célèbre naturaliste anglais Charles Darwin prend tout son sens. **Le changement climatique, identifiée comme une des principales causes de l'érosion de la biodiversité** en France et dans le monde, est bel et bien une réalité qui s'impose aujourd'hui à un gestionnaire d'espace naturel et plus largement à l'ensemble des acteurs économiques et sociaux, comme en témoigne la nuit du 27 au 28 février 2010, une date qui ravive en Charente-Maritime et en Vendée le souvenir du traumatisme collectif vécu à l'occasion de la tempête Xynthia.

Cette nuit-là, les marais endigués de la réserve naturelle de Lilleau des Niges furent complètement submergés. Un événement extrême qui fait écho à la tempête Martin de 1999 aux conséquences similaires pour d'autres réserves naturelles sur le littoral charentais, gérées par la LPO (perte d'une partie du cheptel ovin, infrastructures et matériels endommagés, transformation de la végétation ...etc.). Ces épisodes de submersion répétée ont montré toute la vulnérabilité de ces espaces naturels littoraux face aux événements naturels extrêmes, une vulnérabilité d'autant plus forte dans le contexte du changement climatique et, plus particulièrement avec la montée du niveau des océans.



Photo 1 : Réserve naturelle littorale de Lilleau des Niges (île de Ré – Dpt 17) © RNN Lilleau des Niges

Pour faire face à ces nouveaux défis, la LPO et sa réserve naturelle de Lilleau des Niges se sont engagées dans le **projet européen Natur'Adapt**, abordant la question de la vulnérabilité et de l'adaptation des espaces naturels au changement climatique.

# DEMARCHE Natur'Adapt

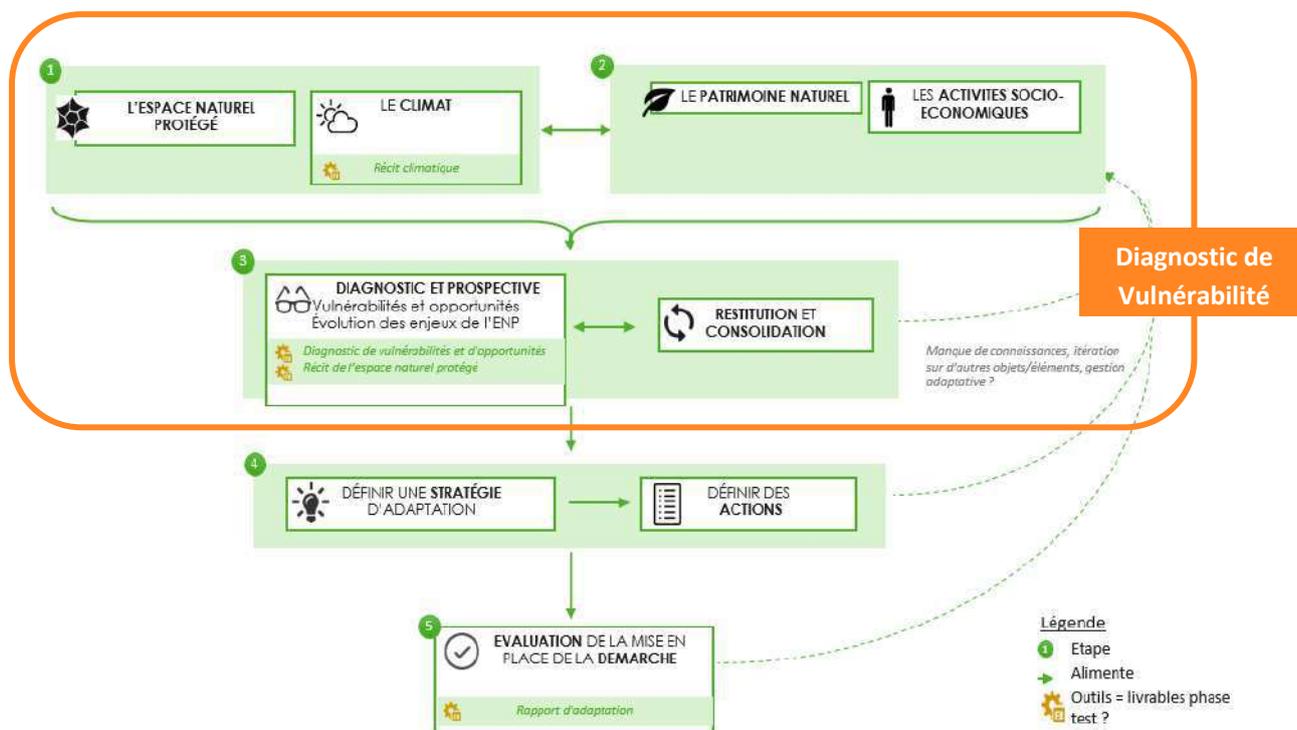


Figure 1 : Schématisation de la démarche Natur'Adapt co-construite et expérimentée sur 6 sites pilotes dont la Réserve naturelle de Lilleau des Niges

## La démarche Natur'Adapt est une opportunité pour :

- **Monter en compétence** sur le climat ;
- **Mieux connaître** son aire protégée et le territoire environnant, et **porter un autre regard** dessus ;
- **S'interroger** sur les vulnérabilités et les opportunités provoquées par le changement climatique ;
- **Développer une vision prospective**, à partager, de l'évolution de l'aire protégée sous l'effet du changement climatique ;
- **Anticiper les évolutions et réfléchir à ses pratiques de gestion** face au changement climatique ;
- **Lancer une dynamique** interne et locale autour du changement climatique et poser les premiers jalons d'un diagnostic de vulnérabilité et d'un plan d'adaptation ;
- **Faire évoluer ses relations avec les acteurs locaux**, adopter un nouveau positionnement et réfléchir ensemble aux usages, présents et à venir ;

- **Communiquer différemment** sur son aire protégée et (ré)affirmer son rôle au sein du territoire.

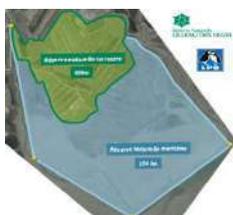
**A l'inverse, la démarche Natur'Adapt n'est pas :**

- Une étude scientifique ni une modélisation précise de l'évolution du climat et de la nature : il s'agit d'identifier des tendances et d'appréhender les incertitudes.
- Un travail exhaustif et figé : la démarche d'adaptation est un processus continu !
- Un catalogue d'actions nouvelles et innovantes : 90% des mesures d'adaptation sont des actions déjà en cours ou envisagées dans d'autres objectifs, l'innovation réside dans le changement d'approche de la gestion.
- Un livre de recette : chaque territoire doit construire sa démarche en fonction de son contexte.

# RESUME

## CONTEXTE SITE – « Lilleau des Niges »

Localisation : France métropole | Région Nouvelle-Aquitaine | Département Charente-Maritime | **Île de Ré**



Statut : **Réserve Naturelle Nationale**

Création : 1980

Gestionnaire : Ligue pour la Protection des Oiseaux

Superficie : 236 ha

**Partie terrestre** : polder endigué

**Partie maritime** : estran sablo-vaseux

Milieus : **zones humides littorales / côte basse**

Accès interdit au public, hormis pour la pêche à pied de loisir et la navigation non motorisée

Principales activités socio-économiques en périphérie du site : saliculture, ostréiculture, tourisme

## CHANGEMENT CLIMATIQUE – échelle locale

### **CERTAIN** – Niveau de confiance élevé pour les projections climatiques futures



Une hausse du niveau de la mer dans les Pertuis charentais



Une évolution de la physico-chimie des eaux marines : ↗ acidité, ↗ T°C



Une hausse des températures de l'air



Des phénomènes extrêmes (submersion marine, vagues de chaleur) plus fréquents à l'avenir

En cours et/ou dans le futur

### **INCERTAIN** – Tendances différentes selon les projections climatiques futures



L'évolution des précipitations (en quantité et nombre de jours) dans le futur

### **INCONNU** – Pas de données disponibles



L'évolution de l'ensoleillement, du vent (orientation, tempêtes) dans le futur

## CONTEXTE LOCAL – SOCIO ECOSYSTEME

### Quel(s) IMPACT(s) du changement climatique pour les activités socio-économiques sur l'île de Ré ?

Point de vue des acteurs



**A COURT TERME** : globalement favorable, en termes de productivité (sel) et d'affluence (loisirs)

Pour les acteurs socio-économiques, les projections climatiques annoncées n'entraînent pas de bouleversements majeurs dans leurs **pratiques et modes de gestions**.

Pour le gestionnaire, ce résultat pose la question de **l'évolution de la fréquentation du site** à l'avenir (2<sup>ème</sup> site le plus fréquenté de l'île de Ré) et de son impact sur le patrimoine naturel de la réserve, au regard de l'attractivité touristique grandissante de certains territoires littoraux dans le contexte du changement climatique.



**A LONG TERME** : jugé défavorable (perte des marais et baisse d'attractivité du territoire)

Pour certains acteurs comme les sauniers, la perspective du changement climatique à long terme remet en cause l'existence même de leur activité. Le futur de certaines professions d'ici la fin du siècle est subordonnée aux

éventuelles solutions apportées dans les décennies à venir pour faire face à la montée des eaux, problématique commune à l'ensemble du territoire de l'île de Ré.

Quelle STRATEGIE mise en œuvre sur le territoire pour se prémunir du risque submersion marine, accentué par l'élévation du niveau de la mer ?

« Défendre » le trait de côte au travers d'un système d'endiguement défini par les autorités locales et l'Etat, à l'exception de 137 hectares de marais, dont la **partie terrestre de la réserve naturelle**.

**Conséquence** : les **digues** délimitant la partie terrestre ne seront ni renforcées ni entretenues à l'avenir.

### VULNERABILITE DU SITE au changement climatique

Partie **TERRESTRE** : **forte vulnérabilité**, au regard des phénomènes extrêmes (tempêtes, submersion marine) et de la hausse du niveau des océans que ce soit pour :

- **les enjeux biologiques** de la zone : espèces patrimoniales (Tolypelle saline...), lagunes et fonctionnalités écologiques associées (zone de repos, d'alimentation et de nidification des oiseaux d'eau ...)
- **et moyens de gestion** associés : réseau hydraulique, infrastructures pastorales – de stockage ...

Partie **MARITIME** : **vulnérabilité moins prononcée**, au regard des effets potentiels du changement climatique sur la biodiversité du domaine intertidal.

### PERSPECTIVES D'EVOLUTION DU SITE avec le changement climatique

**MARITIMISATION de la partie terrestre** de la réserve naturelle, qui s'accompagne d'une réorganisation des équilibres biologiques au profit de la partie maritime qui s'étend.

**Conséquence** : **DIMINUTION** de la diversité biologique du site, liée à la disparition des habitats « terrestres » et de leurs fonctionnalités écologiques associées.

A la lumière du contexte local, le scénario de maritimisation semble inéluctable. La question qui reste en suspens à ce jour est : **QUAND** la partie terrestre se maritimisera ?

👉 **DEMAIN** suite à un évènement naturel extrême ?

👉 **D'ICI 2050**, avec la hausse du niveau marin ?



Photo 2 : Cabane des « Bossys perdus » - RNN Lilleau des Niges © Emilien BASTIAN

# RESULTATS

Dans le cadre de l'expérimentation de la démarche Natur'Adapt sur la réserve naturelle de Lilleau des Niges, les résultats sont de deux natures :

- **Productions résultant de l'application de la démarche sur le site** et intégrées, en grande partie, dans le nouveau document de gestion de la réserve naturelle. Ce résultat correspond aux livrables du projet. *A noter que certains chapitres font l'objet d'une conclusion intermédiaire.*
- **Eléments de méthodes** au travers de la question suivante : Comment nous nous y sommes pris pour appliquer les étapes de la démarche Natur'Adapt ?

Cette partie du rapport s'attache donc à rendre compte de l'ensemble des résultats, correspondant aux étapes 1 à 3 de la démarche présentée ci-avant.

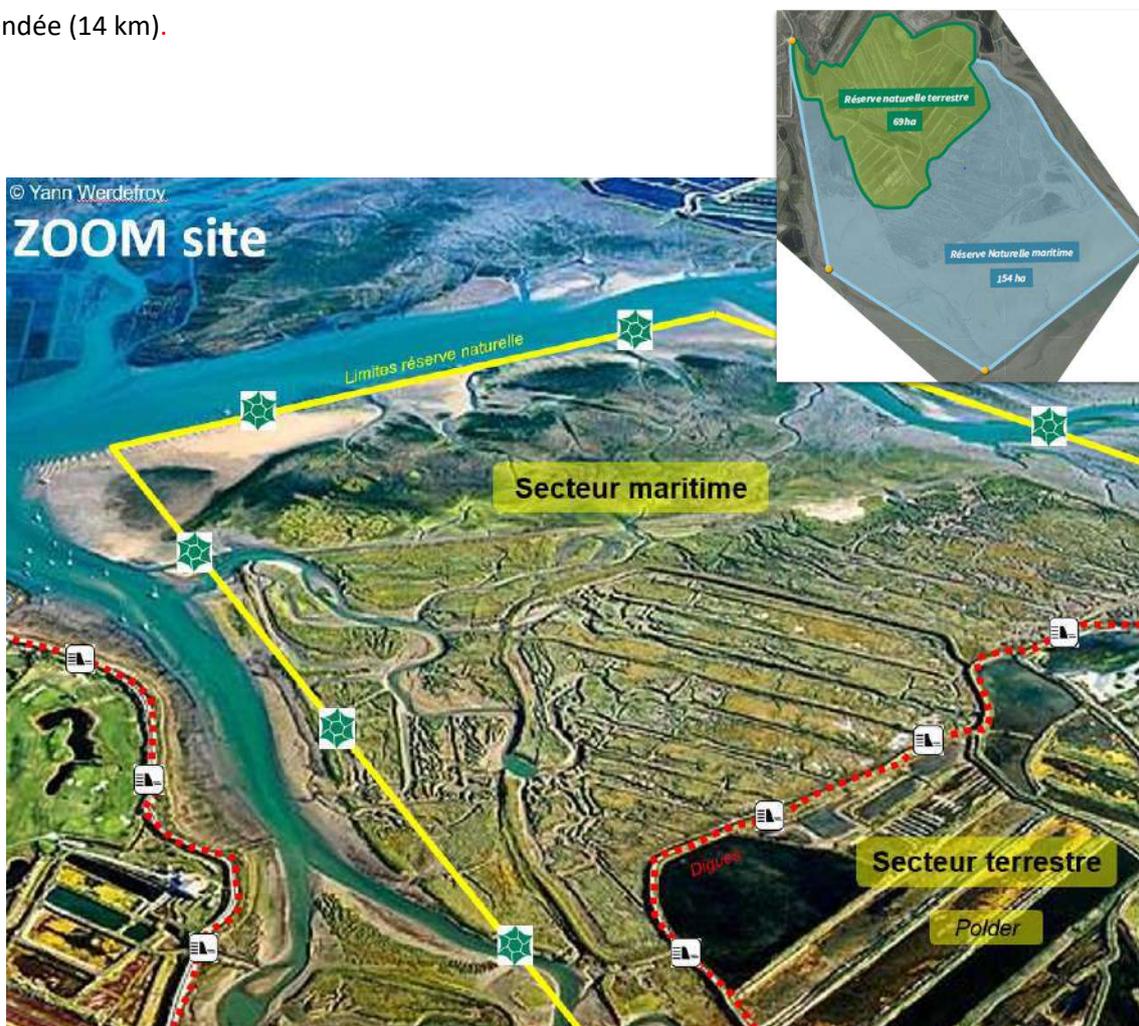
## I. Cadre d'analyse – RNN Lilleau des Niges

Située dans la Région Nouvelle Aquitaine et dans le département de Charente-Maritime, la réserve naturelle nationale de LILLEAU DES NIGES (RNN45/FR3600045) est localisée sur l'île de Ré sur la commune des Portes en Ré, commune la plus au nord de l'île ( $46^{\circ}13'53''N$ ,  $-1^{\circ}30'22''W$ ).



Carte 1 : Localisation de la réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges

Couvrant officiellement un peu plus de **235 hectares**, dont près de 151 ha en Domaine Public Maritime (DPM), la réserve naturelle se situe au sein d'un complexe de marais littoraux-vasières, sur une zone de 1 200 ha de zones humides poldérisées. Cette zone entoure les 800 ha de la baie du Fier d'Ars qui s'ouvre au nord-est par un étroit goulet (700 m de large) sur le pertuis Breton, face aux côtes sud de la Vendée (14 km).



Carte 2 : Photographie aérienne d'une partie de l'espace naturel protégé © Yann WERDEFROY

**Le périmètre terrestre** de la réserve naturelle résulte de la poldérisation d'une partie de la baie pour y aménager des marais salants. Ce paysage est constitué de bassins de tailles et hauteurs d'eau différentes : vasais (bassin de décantation servant de réserve d'eau), de métières (bassins à faible niveau d'eau où sont aménagées des diguettes) et de champs de marais (bassins à faible niveau d'eau où était produit le sel), séparés entre eux par des levées herbeuses, nommé localement "bosses". Ce réseau de bassins d'eau salée correspond actuellement pour 80% de sa surface à un habitat « Lagune » (Code NATURA 1150-1), hébergeant des communautés animales et végétales caractéristiques des marais littoraux atlantiques.

**Le périmètre maritime** se compose de deux entités paysagères caractéristiques :

- ✓ Un pré-salé atypique, établi sur les anciennes structures salicoles des polders repris par la mer à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. La spécificité de ce pré-salé est liée à l'étagement vertical de la succession végétale, hérité des reliquats de la topographie anthropique.
- ✓ Vasière intertidale sablo-vaseuse, en partie recouverte par un herbier de zostères naines, encadrée ou traversée par trois chenaux principaux, en connexion avec les marais du nord de l'île.

**La réserve naturelle de Lilleau des Niges est interdite d'accès au public**, notamment pour répondre au besoin de quiétude de l'avifaune. Hormis le prélèvement d'eau pour la production d'un marais salant en périphérie du site, la démoustication, la nautisme et la pêche à pied de loisir (régie par un arrêté préfectoral interdisant la pratique sur la zone pour des raisons sanitaires), les seules activités ayant cours au sein de la réserve naturelle s'inscrivent dans le cadre d'objectifs de conservation du patrimoine naturel (activités de suivi et de recherches scientifiques, gestion hydraulique ...). Il n'en reste pas moins que de nombreuses activités socio-économiques s'exercent aux alentours de la réserve. A noter que le site est un des plus fréquentés sur l'île, en période estivale.



Carte 3 : Principales usages socio-économiques ayant cours aujourd'hui aux alentours de la réserve

## II. Récit climatique : étude du climat présent / passé / futur

### A. Productions

Les productions sont les suivantes :

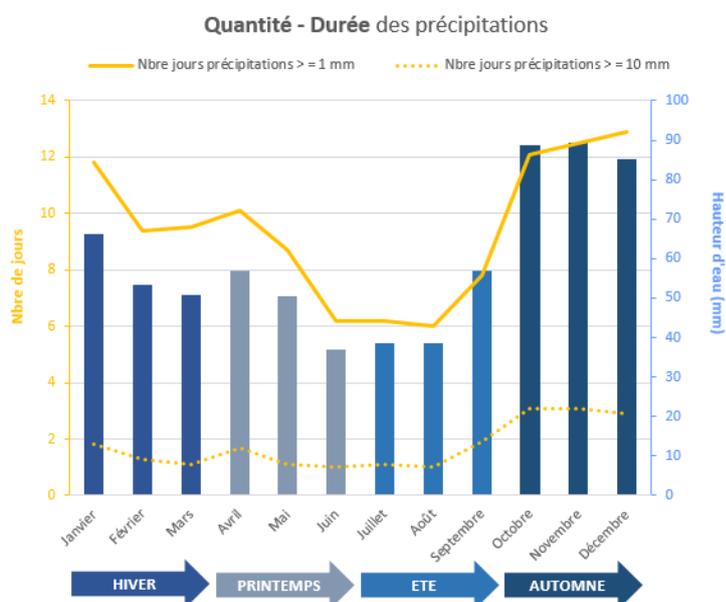
- Un **récit climatique** rédigé, reflétant le contexte climatique local actuel et à venir ;
- Un **récit hydrologique** rédigé, traduisant certains effets du changement climatique sur les eaux marines ;
- Des **fiches de synthèse** portant sur l'évolution de différents paramètres hydrologiques marins sous l'effet du changement climatique.

#### 1. RECIT CLIMATIQUE : climat passé, présent et futur

##### a) Les caractéristiques du climat actuel

Le climat auquel est soumise la réserve naturelle de Lilleau des Niges est défini par les valeurs moyennes sur 30 ans de paramètres météorologiques comme la température, les précipitations, l'ensoleillement et le vent. A défaut de données propre au site sur le pas de temps recherché : période 1981 – 2010, les caractéristiques climatiques de la réserve naturelle sont déterminées à partir des mesures des stations météorologiques de La Couarde-sur-Mer (île de Ré – à 8km de la réserve) et de La Rochelle – Le Bout Blanc (28km de la réserve naturelle), du fait de leur proximité géographique avec le site et de la disponibilité des données.

##### Des précipitations marquées par un pic en automne



Graphique 1 : Quantité (mm) et durée (nbre jours) des précipitations pour la commune de la Couarde-sur-Mer sur la période 1981 – 2010 (Sources données : Météo France)

**Cumulé, il pleut, à la Couarde-sur-Mer, en moyenne 712 mm par an (soit 712 l/m<sup>2</sup>) et ce, réparti en 113 jours de précipitation.** A titre de comparaison, à La Rochelle, localité proche géographiquement et implantée en bord de mer sur le continent, il pleut sur la même période en moyenne 767 mm sur l'année en 114 jours. Il pleut donc en principe davantage en quantité à La Rochelle qu'à La Couarde-sur-Mer. Le climat sur l'île de Ré se caractériserait donc par une pluviométrie plus faible que sur le continent. La figure 2 ci-après proposée par WISDORFF et al., 1999 le confirme. Elle atteste de l'existence d'un contraste de pluviométrie entre l'île de Ré et le continent, contraste d'autant plus marqué avec l'intérieur des terres. A noter, que WISDORFF et al., 1999 suggère également une différence de pluviométrie entre la partie nord de l'île de Ré et sa partie sud. **Le climat auquel est soumise la réserve naturelle se caractériserait donc par une des pluviométries les moins abondantes de Charente-Maritime.**

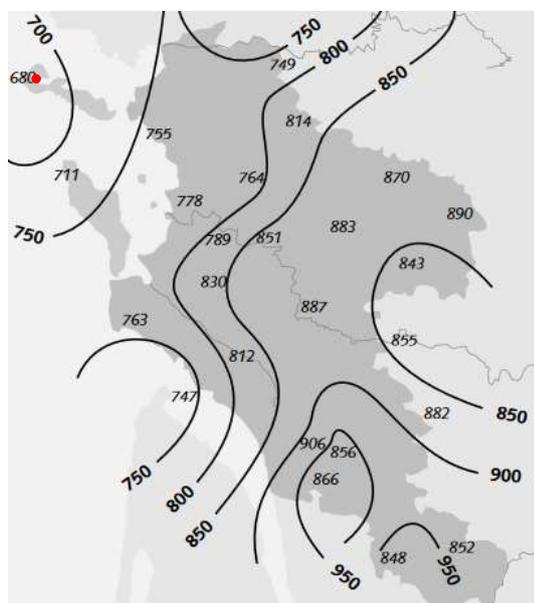


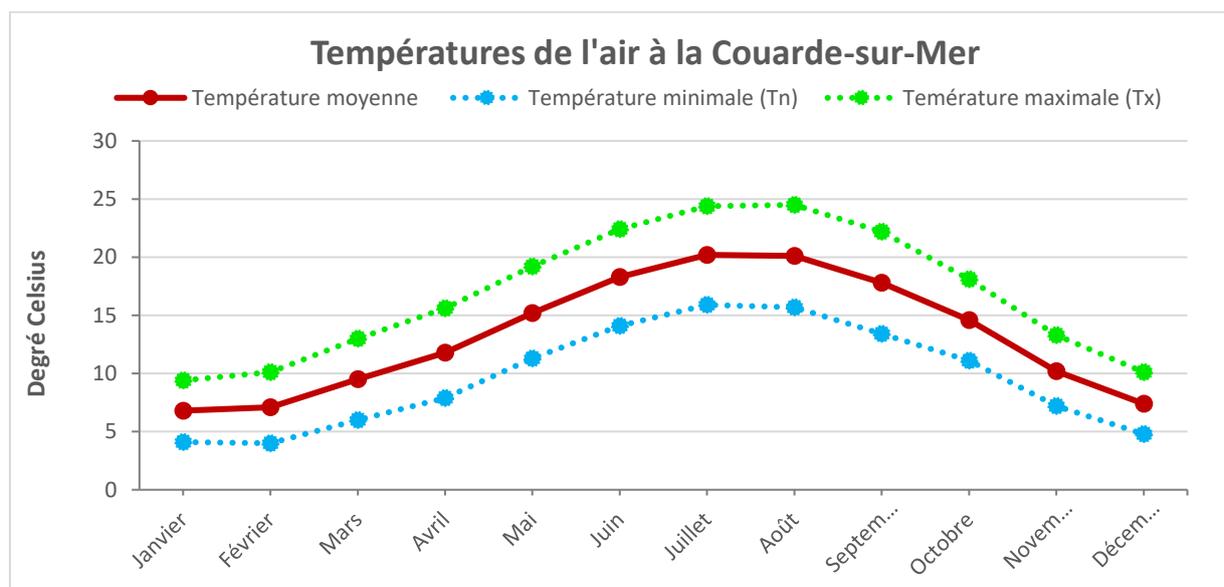
Figure 2 : Hauteur annuelle moyenne des précipitations (mm) en Charente-Maritime sur la période de référence 1961-1990 (WISDORFF et al., 1999)

- Localisation du site de la RNN Lilleau des Niges

Avec seulement **2,2 jours en moyenne de neige par an à La Rochelle**, l'apport en précipitations se fait donc, presque exclusivement, sous forme liquide (pluie).

<p><b>Synthèse</b></p> <p><b>PRECIPITATIONS</b></p> <p><i>Moyennes période 1981 - 2010</i></p> <p><i>Station La Couarde-sur-mer</i></p>	<p><b>Annuelles</b></p>	Cumul hauteur d'eau de pluie (mm)	<b>712 mm</b> <i>(parmi localités Charente-maritime les - pluvieuses)</i>
		Nombre jours de pluies (≥ 1 mm)	<b>113,1 jours</b> <i>(soit un peu de moins d'un tiers de l'année)</i>
		Nombre jours de forte pluie (≥ 10 mm)	<b>21 jours</b>
	<p><b>Saisonniers</b></p>	Pic de pluviométrie	<b>Automne</b> <i>(avec 263 mm soit 37% du cumul annuel moyen)</i>
		<p><b>Mensuelles</b></p>	Mois le plus pluvieux
	Mois le moins pluvieux		<b>Juin</b> <i>(avec 37 mm)</i>

## Des températures de l'air avec de faibles amplitudes

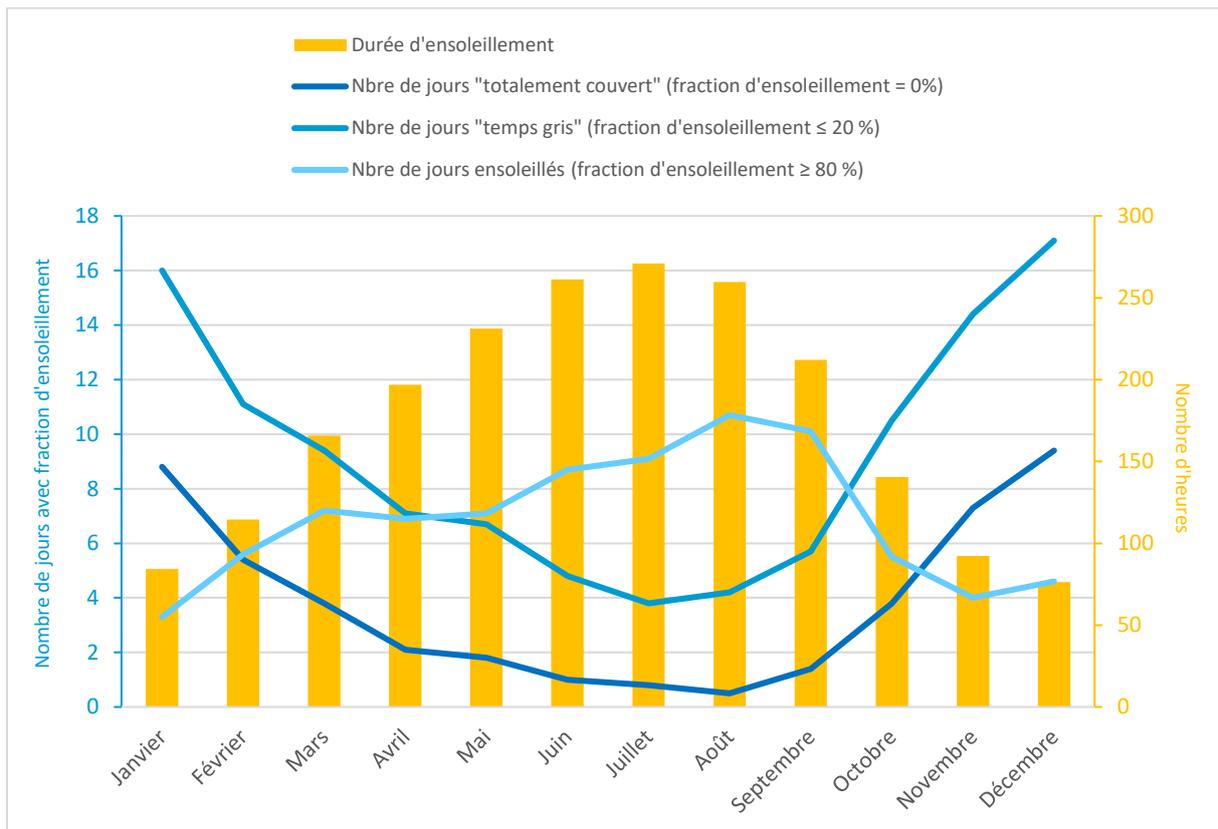


Graphique 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures de l'air (moyennes, minimales, maximales) journalières à La Couarde-sur-Mer sur la période 1981 – 2010 (Sources données : Météo France)

Janvier est le mois le plus froid avec 6,8°C de moyenne par jour. A l'inverse, Juillet est le mois le plus chaud avec 20,2 °C de moyenne sur la période 1981 – 2010. **L'amplitude thermique moyenne annuelle c'est-à-dire l'écart entre la température moyenne minimale et maximale annuelle de l'air s'élève donc à 13,4°C.** Celle-ci semble peu marquée, en comparaison d'autres localités en Charente-Maritime plus à l'intérieur dans les terres. A titre d'exemple, la ville de Surgères (à une quarantaine de kilomètres à l'est de La Rochelle) observe sur la même période une amplitude thermique moyenne annuelle de 25°C.

<p><b>Synthèse</b></p> <p><b>TEMPERATURES</b></p> <p><i>Moyennes période 1981 - 2010</i></p> <p><i>Station La Couarde-sur-mer</i></p>	<b>Annuelle</b>	Température moyenne	<b>13,3°C</b>
		Température moy. Maximale (Tx)	<b>16,9°C</b>
		Température moy. Minimale (Tn)	<b>9,7°C</b>
		Nombre jours chauds (Tx ≥ 25°C)	<b>41 jours</b>
		Nombre de jours gel (Tn ≤ 0°C)	<b>19 jours</b>
	<b>Saisonnière</b>	Pic de chaleur	<b>Eté (avec 28,5 j)</b>
		Pic de froid	<b>Hiver (avec 12,2 j)</b>
	<b>Mensuelle</b>	Mois le plus chaud	<b>Juillet (avec 20,2 °C)</b>
		Mois le plus froid	<b>Janvier (avec 6,8°C)</b>

## Une localité marquée par un fort ensoleillement

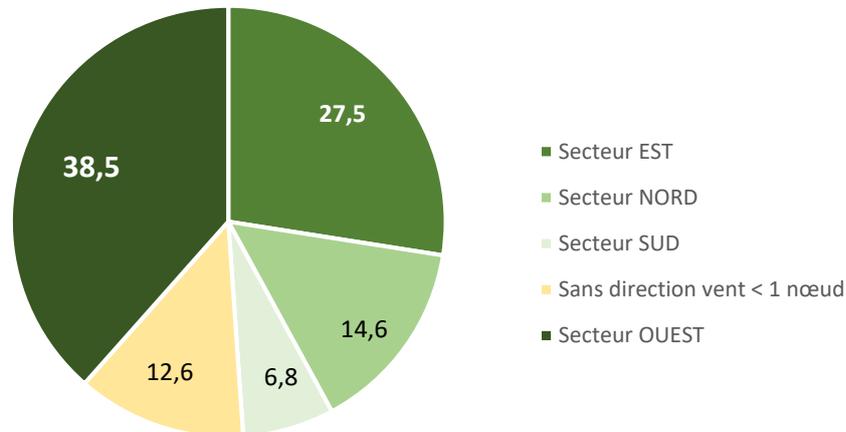


Graphique 3 : Durées mensuelles moyennes d'ensoleillement et nombre de jours avec différentes fractions d'ensoleillement à La Rochelle-le bout blanc sur la période 1991 – 2010 (Source données : Météo France)

Avec une **durée d'ensoleillement moyenne annuelle cumulée de 2105,5 heures**, la localité de la Rochelle et par extension celle de la réserve naturelle bénéficie de la situation d'ensoleillement la plus importante de toute la façade atlantique de France métropolitaine. A titre de comparaison, à Biarritz sur la même période, l'ensoleillement sur l'année est de 1887,3 heures en moyenne.

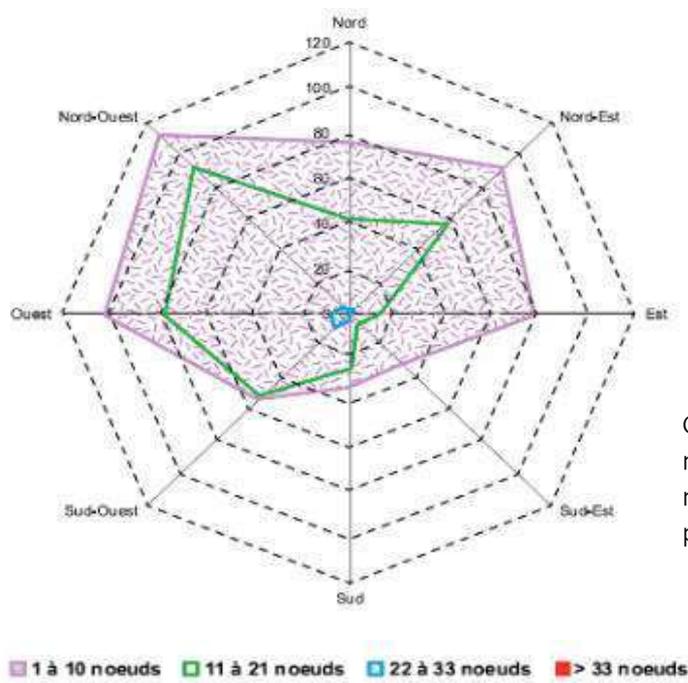
<b>Synthèse ENSOLEILLEMENT</b>  <i>Moyennes période 1991 - 2010 Station La Rochelle - Le Bout blanc</i>	Annuelle	Ensoleillement	<b>2105,5 h</b>
		Nbre de jours ensoleillés	<b>82,5 jours</b>
	Saisonnière	Pic d'ensoleillement	<b>Été</b>
	Mensuelle	Mois le plus ensoleillé	<b>Juillet (avec 271 h)</b>
Mois le moins ensoleillé		<b>Décembre (avec 76,3 h)</b>	

## Des vents dominants de secteur Ouest



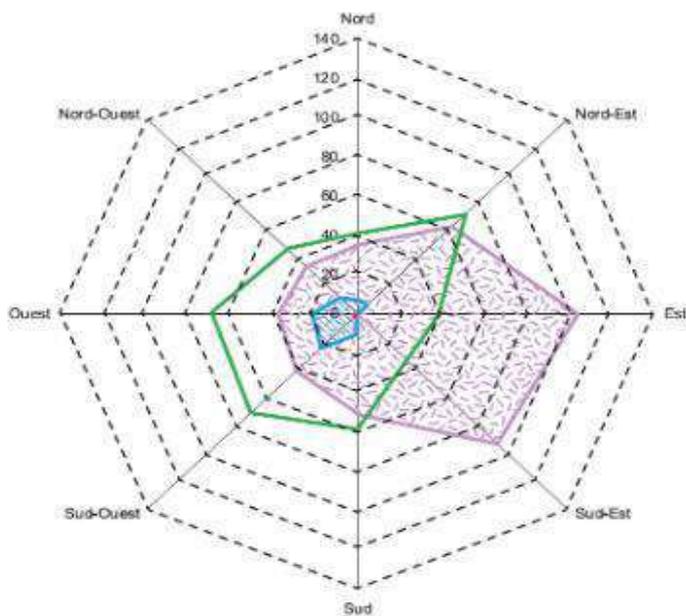
Graphique 4 : Direction de provenance des vents à La Rochelle en fréquence (%) sur la période 1961 – 1990 (Source données : Météo France)

**A La Rochelle et ses environs, les vents dominants sont de secteur ouest.** Ils représentent en moyenne sur la période 1961 – 1990 près de 40% des observations sur l'année. Toutefois, cette prédominance n'est pas systématique d'une saison à l'autre. En effet, comme le montre les diagrammes \$ et \$ ci-après, pendant les saisons d'automne et d'hiver, ce sont les vents du secteur est qui prédominent.



Graphique 5 : Fréquences moyennes (% pour mille) de la direction et de la vitesse du vent (en nœuds) à La Rochelle d'Avril à Septembre sur la période 1961 – 1990. (RIHOUEY et al., 2017)

1 à 10 nœuds    11 à 21 nœuds    22 à 33 nœuds    > 33 nœuds



Graphique 6 : Fréquences moyennes (% – pour mille) de la direction et de la vitesse du vent (en nœuds) à La Rochelle d’Octobre à Mars sur la période 1961 – 1990. (RIHOUEY et al., 2017)

Ces graphiques indiquent également que la vitesse du vent peut être plus importante lors des mois d’automne et d’hiver. En effet, c’est bien sur cette période de l’année où l’on observe une plus grande fréquence de vent supérieure à 22 nœuds (radar couleur bleu). A noter que ces derniers proviennent du secteur ouest. **Les paramètres de direction et de vitesse du vent à La Rochelle semblent donc respecter une certaine saisonnalité.**

<b>Synthèse VENT</b>  <i>Moyennes période 1961 - 1990</i> <i>Station La Rochelle - Le Bout blanc</i>	Annuelle	Direction dominante	<b>OUEST</b>
	Saisonnière	Direction dominante Automne - Hiver	<b>EST</b>
		Direction dominante Printemps-Eté	<b>OUEST</b>
	Mensuelle	Mois le plus venté	<b>Décembre / Janvier</b>
Mois le moins venté		<b>Août</b>	

## Un climat de type méditerranéen altéré

D'après JOLY et al., 2010, le site bénéficierait davantage d'un **climat de type « méditerranéen altéré »** que d'un climat de type « océanique franc ».

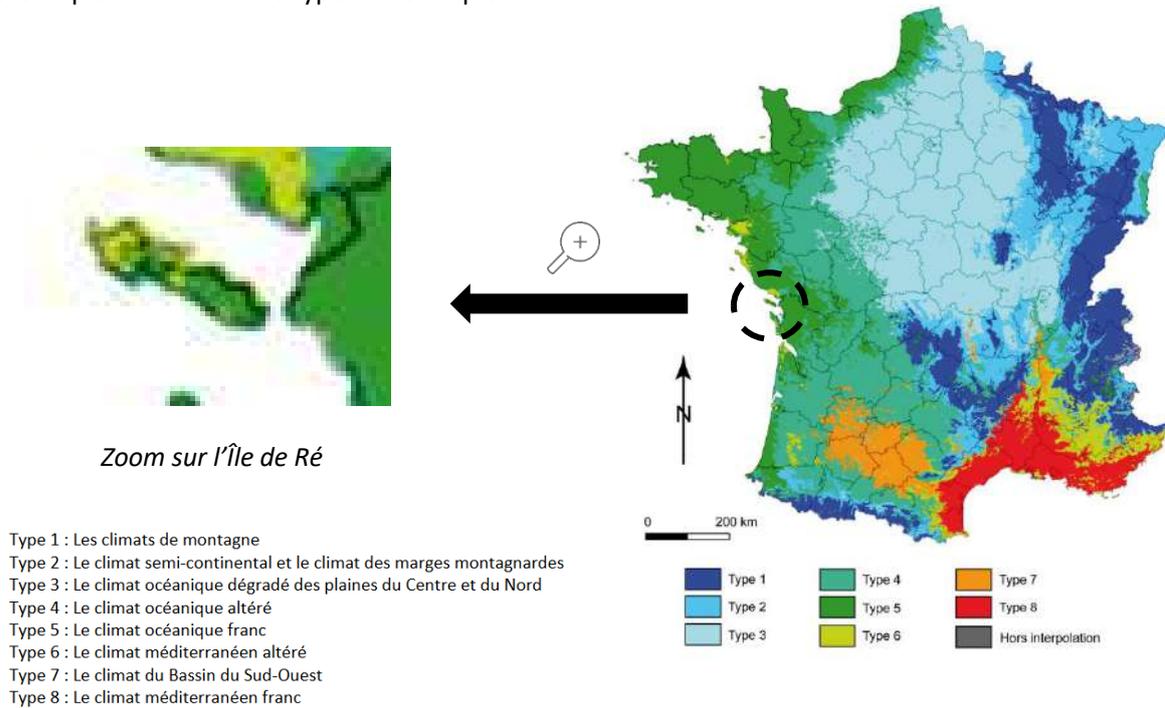


Figure 3 : Typologie climatique du territoire français en 8 classes [sur la base des normales climatiques 1971 – 2000 de Météo France] (ORACLE, 2019 ; JOLY et al., 2010)

Les caractéristiques climatiques de la réserve naturelle énoncées précédemment (faible amplitude thermique, pluviométrie moyenne annuelle la plus faible de la zone géographique, ensoleillement important, nombre de jours de froid réduit) **soutiennent la présence d'un « microclimat » sur la partie nord de l'île de Ré**, à mi-chemin entre le climat océanique et le climat méditerranéen.

		Montpellier <i>Climat méditerranéen franc</i>	La Couarde-sur-Mer (île de Ré) <i>Climat méditerranéen altéré</i>	Lorient <i>Climat océanique franc</i>
	T°C max.	19,9 °C	16,9 °C	15,8 °C
	T°C min.	10,4 °C	9,6 °C	8,2 °C
	T°C moy.	15,1 °C	13,3 °C	12 °C
	Amplitude annuelle	16,9 °C	13,4 °C	11,4 °C
	Cumul précipitations	629,1 mm	712 mm	950,9 mm
	Nbre jours précipitations	57,8 jours	113,1 jours	132,4 jours
	Ensoleillement	2668,2 h	2105,5 h	1827,2 h

Figure 4 : Valeur des normales climatiques 1981 – 2010 selon trois localités et leur climat associé d'après JOLY et al., 2010 (Sources : données officielles Météo France)

# Caractéristiques CLIMATIQUES

RNN Lilleau des Niges – Nord île de Ré

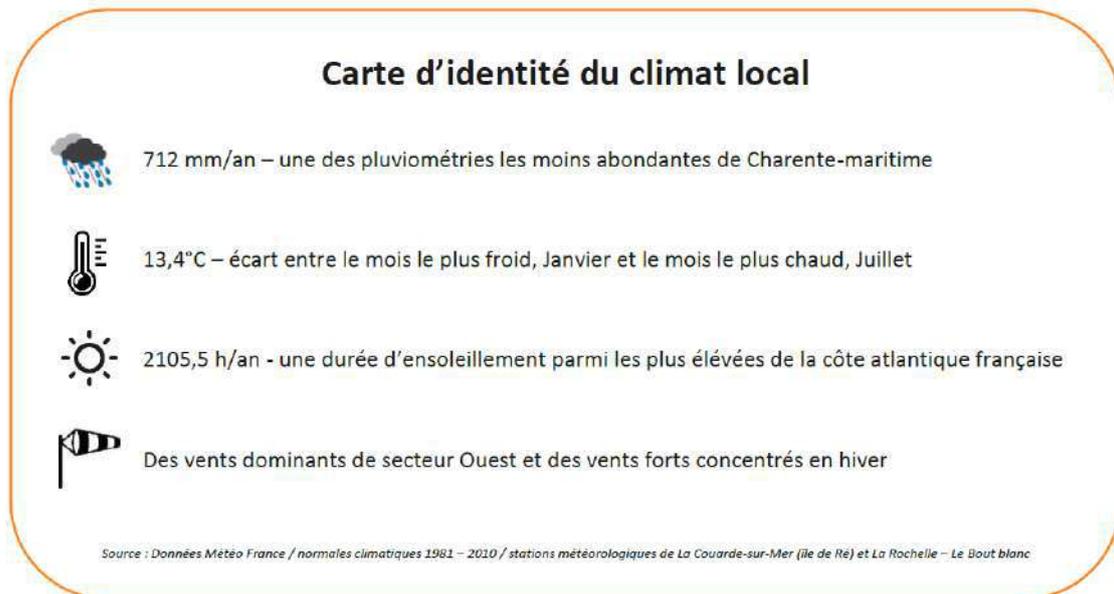


Figure 5 : Synthèse de la situation climatique à laquelle dépend la réserve naturelle de Lilleau des Niges

## b) Événements naturels extrêmes : des aléas climatiques ou météorologiques aux conséquences multiples

Depuis la création de la réserve en 1980, **trois évènements naturels extrêmes\*** ont marqué le site. Il s'agit de la vague de froid de janvier 1985, la canicule de l'été 2003 ainsi que de la tempête\* Xynthia, touchant les côtes de Charente-Maritime durant la nuit du 27 au 28 février 2010.

Lors de la vague de froid (pic à -11°C le 16 janvier 1985), 367 oiseaux de 36 espèces sont trouvés morts ou affaiblis sur l'ensemble de l'île de Ré. Plusieurs postes d'agraineage sont, d'ailleurs, installés dans la réserve naturelle. Localement, l'aigrette garzette fut la principale victime de cet évènement météorologique extrême. La canicule de 2003, quant à elle, est corrélée à une chute importante de la fréquentation de la Maison du Fier, lieu de sensibilisation du public au patrimoine naturel de la réserve ainsi qu'à l'ensemble des milieux naturels de l'île de Ré.

Pour la **tempête Xynthia**, la survenue concomitante de vents violents avec une pleine mer de vive-eau (coefficient de marée de 102) s'est traduite par une surcôte marine (1,5 m) sur le littoral, expliquant un niveau marin extrême. Cette conjonction a provoqué pour la réserve naturelle l'inondation par submersion marine (surverse et rupture de digues) de l'ensemble de son périmètre terrestre. Pour le site, les conséquences de cette tempête furent multiples. Du point de vue des infrastructures et de l'outil de gestion, la perte d'une grande partie du cheptel ovin fut déplorée ainsi que la dégradation de

l'infrastructure pastorale et de la signalétique. Les deux cabanes présentes sur la réserve naturelle ont été inondées, ce qui a provoqué la destruction du matériel qui y était stocké. D'un point de vue biologique, la partie terrestre du site a vu la végétation des bosses fortement perturbée par l'effet direct de la submersion et par les travaux de réfection des digues qui s'en sont suivis pendant les deux années post-Xynthia. D'autres impacts (lessivage des sols des bosses, qualité de l'eau, etc.) ont pu se produire sans qu'ils puissent être mesurés.



Photo 3 : Cabane de Bas Richard, lieu de stockage de matériels pour la réserve naturelle, le 28 février 2010 (© RNN Lilleau des Niges)

Localement, cet événement a réveillé la mémoire collective du risque de submersion, risque auquel l'île de Ré est fortement exposée comme le rappelle son histoire avec 57 « Vimers » (tempêtes donnant lieu à submersion) recensés depuis le 16<sup>ième</sup> siècle (GARNIER et al., 2010). L'anthropisation du littoral depuis le 20<sup>ème</sup> siècle rend d'autant plus sensible ces espaces à de tels événements naturels extrêmes.

A la suite de cet épisode, la LPO a mis en place pour chacune de ses réserves naturelles littorales dont celle de Lilleau des Niges une procédure d'urgence visant à prévenir et gérer les risques liés à la submersion marine pour les sites exposés (Annexe \$). 10 ans après, les digues, même si elles ont été restaurées, restent aussi sensibles à la submersion, la végétation des hauts de bosses reste fortement marquée par les effets de Xynthia. La gestion de la végétation par le pastoralisme a été progressivement abandonnée pour des questions de sécurité des animaux et d'enjeux biologiques ayant évolués. En revanche, du point de vue de la conservation des habitats et des espèces prioritaires, le site a retrouvé ses caractéristiques d'avant Xynthia.

**Si à l'époque la question du maintien des digues de la réserve naturelle ne se posait pas, 10 ans après, le gestionnaire se prépare à un effacement des ouvrages protégeant le domaine terrestre, en accord avec le scénario du PAPI 2 de l'île de Ré qui ne prévoit pas la reprise des digues de la réserve naturelle ainsi qu'en réponse aux enjeux liés aux changements climatiques.**

### c) Evolutions en cours et perspectives climatiques futures

Les climatologues du monde entier au travers du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur le changement climatique) s'accorde pour dire que le climat de la Terre évolue et ce, à un rythme très rapide (échelle d'une vie humaine). Quel que soit l'endroit sur la planète, le climat d'aujourd'hui ne sera donc très probablement pas le climat de demain c'est-à-dire des décennies à venir. Contrairement aux changements climatiques que la Terre a pu connaître par le passé, c'est bien aujourd'hui l'Homme, au travers notamment de l'exploitation et la combustion de ressources naturelles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz (sources d'émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère) qui est identifié comme le principal moteur du changement climatique en cours. Cette réalité fait aujourd'hui l'objet d'un consensus bien affirmé (RASMTEIN, 2017 ; GIEC, 2007 ; JOUZEL et al., 1994).

Dans les faits, un changement climatique se traduit par une modification durable dans le temps de paramètres météorologiques comme la température ou les précipitations. C'est, d'ailleurs, ce que Météo France observe déjà sur les dernières décennies à l'échelle de la France ainsi qu'à l'échelle de l'aire géographique à laquelle est rattachée administrativement la réserve naturelle (source : CLIMAT HD – Météo France) :

- **Hausse de la température de l'air** :  $\approx + 1^{\circ}\text{C}$  en 30 ans à la pointe Chassiron (Pointe nord île d'Oléron).
- **Hausse de la fréquence d'apparition de vagues de chaleur** ( $T^{\circ}\text{C}$  maximale  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  à la normale sur 4 jours consécutifs au minimum), en Poitou-Charentes depuis 1947.
- **Hausse de l'évapotranspiration (ETP\*)** : + 22 mm par décennie en Charente-Maritime.

A l'inverse, la quantité de précipitations à La Rochelle ne marque pas de tendance à la hausse ou à la baisse sur les cinquante dernières années et ce, malgré une variabilité interannuelle qui peut être importante. En ce qui concerne les tempêtes, leur fréquence d'apparition depuis 1980, à l'échelle de l'ex-région Poitou-Charentes, tend à diminuer, sans qu'aucun lien avec le changement climatique n'ait pu être établi à ce jour, en l'état actuel des connaissances sur le sujet (ONERC, 2018).

La réserve naturelle semble donc exposée dès aujourd'hui à l'évolution de certains paramètres climatiques.

Depuis quelques années et le développement en France de services climatiques comme DRIAS ou CLIMAT HD, il est possible de projeter le climat d'aujourd'hui dans le futur et ce, au travers de quatre scénarios d'évolution possible des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère (causes du changement climatique contemporain et conséquences de l'extraction par l'Homme de

matières organiques fossilisées, stockées dans le sous-sol de la Terre) au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. Ces scénarios sont communément appelés RCP (Representative Concentration Pathway).

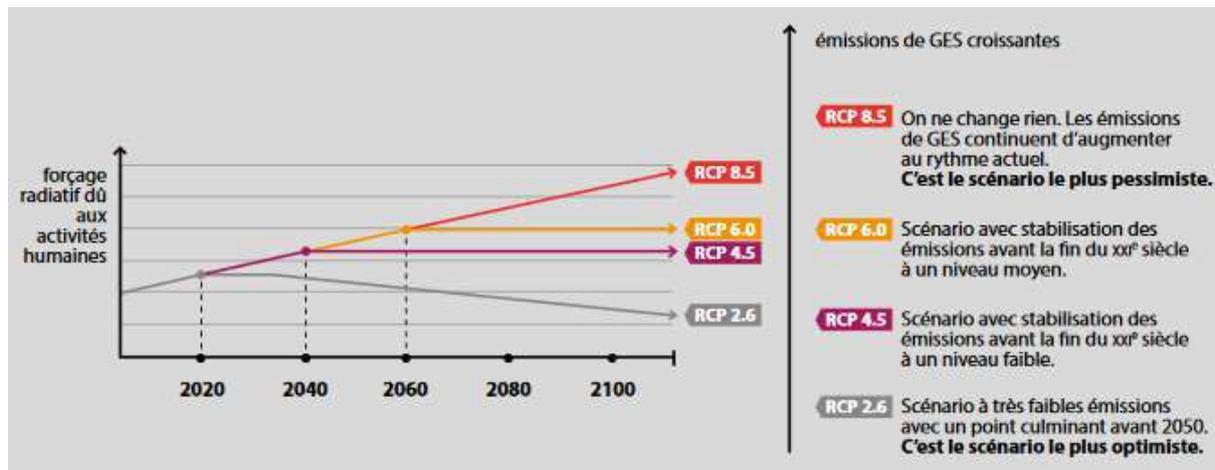
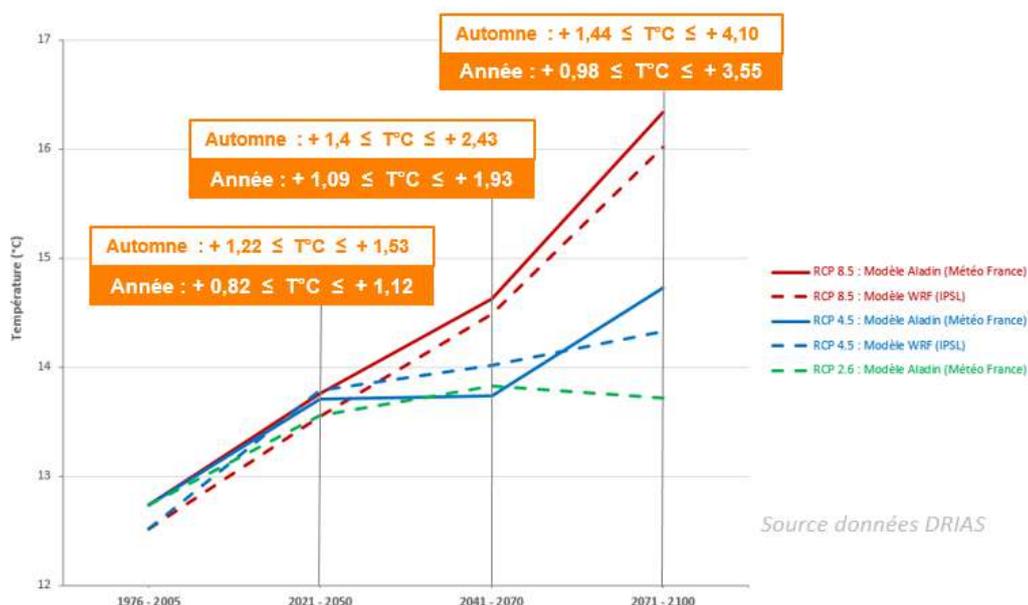


Figure 6 : Scénarios de référence utilisés par le GIEC pour les projections du climat dans le futur (ONERC, 2013)

A partir des données fournies par ces services climatiques pour chaque scénario, il est possible d'émettre l'hypothèse selon laquelle la réserve naturelle de Lilleau des Niges sera, à l'avenir, exposée à :

- **Des températures de l'air plus élevées qu'aujourd'hui**, comprise entre + 1 °C et + 3,5 °C en moyenne sur l'année d'ici la fin du siècle.



Graphique 7 : Projection de la température moyenne (annuelle et automnale) au cours du 21<sup>ème</sup> siècle à l'échelle de l'île de Ré selon différents scénarios (RCP 2.6 dit « optimiste », RCP 8.5 dit « pessimiste », RCP 4.5 dit « intermédiaire ») et modèles climatiques.

- Davantage de jours chauds ( $T^{\circ}\text{C}$  maximale  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ), principalement au printemps et en été.
- Des précipitations (en quantité et durée) identiques ou bien supérieures. Pour ces dernières, il existe une réelle **incertitude quant à la tendance qu'elles pourraient suivre dans le futur.**



Graphique 8 : Projection du cumul annuel des précipitations au cours du 21<sup>ème</sup> siècle à l'échelle de l'île de Ré selon différents scénarios (RCP 2.6 dit « optimiste », RCP 8.5 dit « pessimiste », RCP 4.5 dit « intermédiaire ») et modèles climatiques (Source données : DRIAS)

Selon l'ONERC et sur la base des travaux du GIEC, aucun **événement naturel extrême** ne peut être attribué en tant que tel au changement climatique (ONERC, 2018). Toutefois, les travaux de recherche établissent que le changement climatique peut venir augmenter la fréquence d'apparition et l'intensité de certains de ces événements (ONERC, 2018 ; LUBER et al., 2008 ; PLANTON et al., 2008). C'est le cas notamment pour les vagues de chaleur pour lesquelles le service climatique DRIAS projette, pour l'île de Ré, une hausse du nombre de jours de vagues de chaleur, compris entre +5 et +20 à l'horizon 2050. En ce qui concerne les événements de type « tempêtes », l'état actuel des connaissances ne permet pas de dégager de tendance d'évolution pour le futur en lien avec le changement climatique (ONERC, 2018 ; PLANTON, 2002).

Localement, le changement climatique est donc une belle et bien une réalité d'aujourd'hui et de demain. Il se manifeste au travers du réchauffement de l'air amorcé dans les années 1990 et qui devrait se poursuivre sur l'île de Ré au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. La fréquence d'apparition de phénomènes extrêmes type « vagues de chaleur » devrait également continuer à croître. Quant aux précipitations, après une relative stabilité ces dernières décennies, leur évolution future reste, à ce jour, incertaine. Il

en est de même pour les évènements tempétueux. Il n'est donc pas possible pour ces deux derniers paramètres de dégager une tendance pour l'avenir. Le changement climatique constitue donc, de ce fait une pression supplémentaire pour la réserve naturelle.

Toutes ces perspectives climatiques futures, valables aussi bien pour la réserve naturelle de Lilleau des Niges que pour son territoire d'appartenance, l'île de Ré, posent de nombreuses interrogations et notamment la question des effets de l'évolution des conditions climatiques sur l'hydrologie du site, en interdépendance forte avec le milieu marin.

 **CONCLUSION INTERMEDIAIRE – Paramètres climatiques :**

<b>BILAN</b>	<p>Les <b>caractéristiques climatiques</b> pour la réserve naturelle soutiennent la présence d'un « microclimat » sur la partie nord de l'île de Ré, à mi-chemin entre le climat océanique et le climat méditerranéen.</p> <p>Sur les 2 <b>évènements météorologiques majeurs</b> de ces 20 dernières années (tempête Martin et tempête Xynthia), seule Xynthia a causé la submersion du polder endigué par rupture de la digue.</p> <p><b>Sur les dernières décennies</b>, le climat local montre déjà des <b>évolutions</b> durables, conséquence directe du changement climatique amorcé à l'échelle de la planète.</p>
<b>FACTEURS D'INFLUENCE / PRESSIONS</b>	Activités humaines, sources d'émissions de gaz à effet de serre
<b>PERSPECTIVES FUTURES</b>	<p><b>Accentuation de la fréquence d'apparition d'évènements naturels</b> extrêmes (tempêtes, inondations par submersion, vagues de chaleur ...)</p> <p>Intensification des caractéristiques climatiques de type méditerranéen ?</p>

Situation actuelle – normales climatiques

Evolution en cours sur les dernières décennies

Projection au cours du 21<sup>ème</sup> siècle – échelle Ile de Ré

PRESENT (Source : données Météo France)		PASSE (Source : données Climat HD)		FUTUR (Sources : données DRIAS et SWICCA)		
Paramètres ATMOSPHERIQUES	Normales climatiques annuelles	20 <sup>ème</sup> siècle – début 21 <sup>ème</sup>		Horizon 2050	Horizon 2100	
<b>Précipitations</b> <i>Station La Couarde-sur-Mer 1981 - 2010</i>	Cumul annuel : 712 mm	/	≈	- 16 mm ≤ Cumul ≤ + 306 mm	- 52 mm ≤ Cumul ≤ + 549 mm	Incertain
	Nbre jours : 113	/	≈	- 9 ≤ Jours ≤ + 15	- 18 ≤ Jours ≤ + 21	
<b>Températures</b> <i>Station La Couarde-sur-Mer 1981 - 2010</i>	Moyenne annuelle : 13,3 °C	+ 1°C entre 1959 et 2017	↗	+ 1,09 ≤ T°C moy. ≤ + 1,93	+ 0,98 ≤ T°C moy. ≤ + 3,55	↗
	Nbre jours chaud : 41	/	≈	+ 9 ≤ Jours ≤ + 26	+ 12 ≤ Jours ≤ + 51	
	Amplitude annuelle : 13,4 °C	???	Inconnu	≈	+ 0,06 °C ≤ Ampli. ≤ + 0,29°C	+ 0,07 °C ≤ Ampli. ≤ + 0,69°C
<b>Ensoleillement</b> <i>Station La Rochelle – Le Bout blanc 1991 - 2010</i>	Cumul annuel : 2105,5 h	???	Inconnu	???	???	Inconnu
	Nbre jours : 82,5	???		???		
<b>Vent</b> <i>Station Saint Clément des Baleines 2000 - 2010</i>	Direction dominante : OUEST	???	???	???	???	
	Nbre jours vent fort : 68	???	???	???	???	
<b>Evapotranspiration</b> <i>Station La Rochelle – Le Bout blanc 2001 - 2010</i>	Cumul annuel : 932,7 mm	+ 22 mm / décennie	↗	???	???	
	Bilan hydrique an : -165,7 mm	- 4 mm / décennie (en été)	↘	+ 0,196 ≤ mm/jour ≤ - 0,084	+ 0,426 ≤ mm/jour ≤ - 0,026	↘
<b>Phénomènes extrêmes</b>	Nbre jours Vagues de chaleur	30 Vagues de chaleur entre 1947 – 2019 dont 9 sur les 10 dernières années	↗	+ 5 ≤ Jours ≤ + 20	+ 7 ≤ Jours ≤ + 72	↗
	Sécheresse <i>Humidité des sols - indice SWI</i>	Assèchement : + 6% entre périodes 1981 – 1990 et 1981 - 2010	↗	- 0,71 ≤ humidité sols ≤ - 2,05	- 1,73 ≤ humidité sols ≤ - 3,42	

Figure 7 : Synthèse chiffrée du climat local à différents horizons de temps : « présent » - « passé » - « futur »

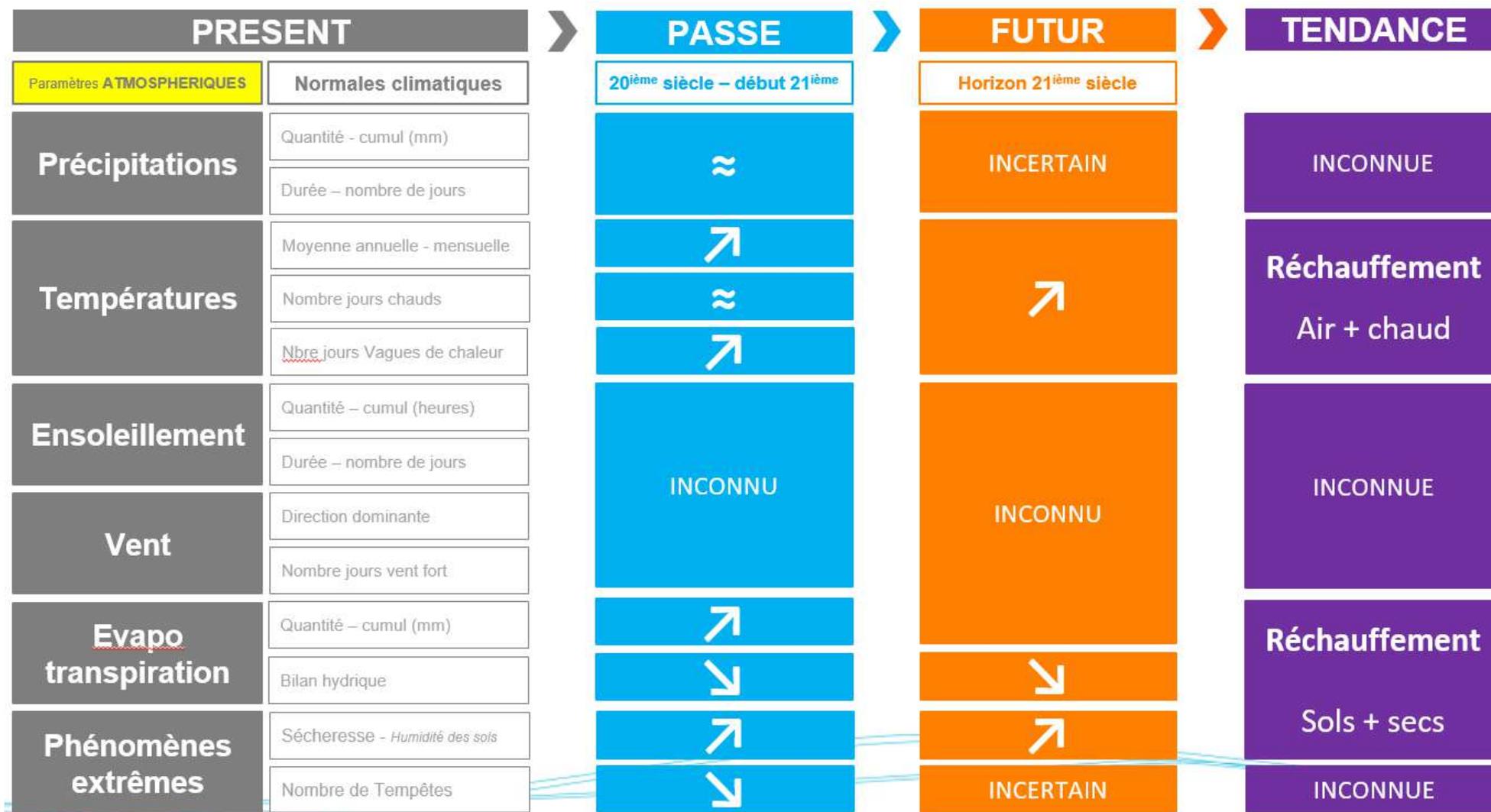
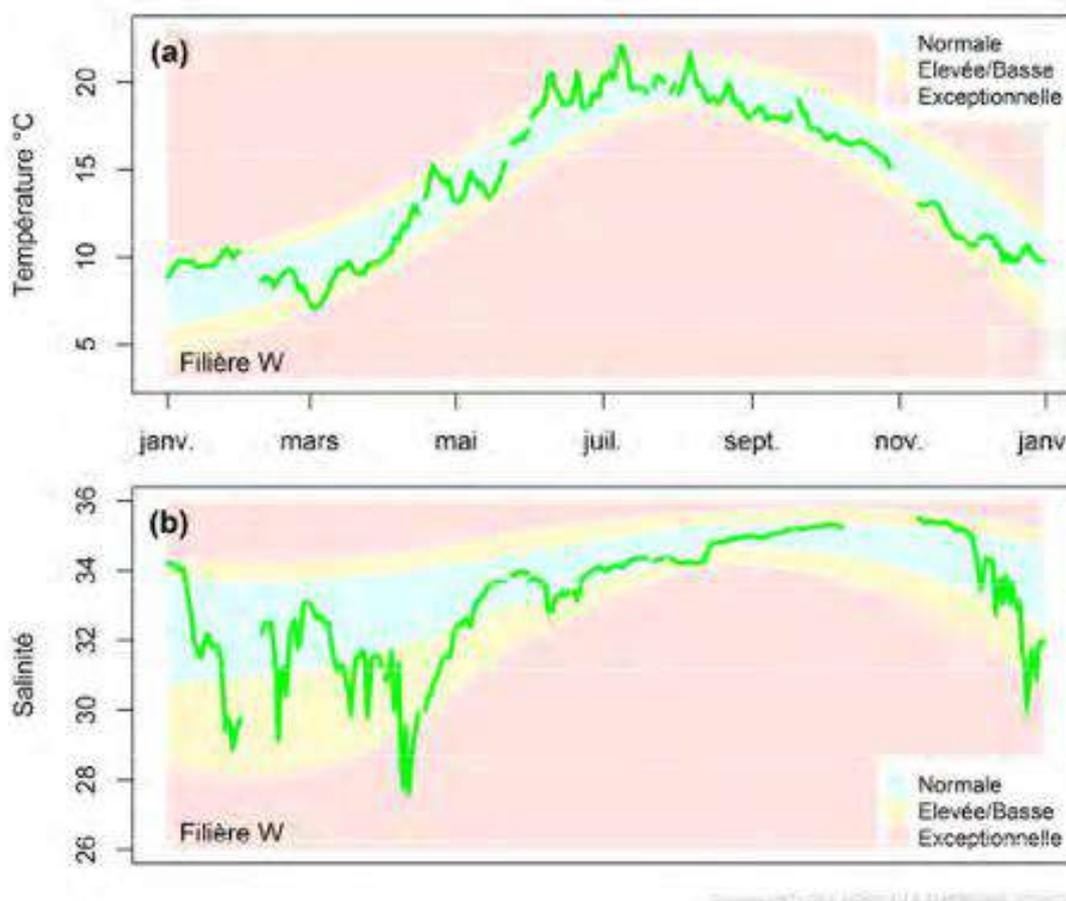


Figure 8 : Synthèse des évolutions et tendances du climat local aux horizons des temps « passé » et « futur »

## 2. RECIT HYDROLOGIQUE : hydrologie marine et grands traits physico-chimiques

La réserve naturelle dépend en majeure partie du fonctionnement hydrologique du Pertuis breton et plus globalement des Pertuis charentais, dont les caractéristiques physico-chimiques varient au cours de l'année sous l'influence du contexte climatique, des marées ainsi que des apports d'eaux continentales en provenance des bassins versants précédemment cités.



Graphique 9 : Evolution des moyennes journalières de température de l'eau de mer (a) et de salinité (c) observées en 2018 (courbe verte) dans le Pertuis Breton (station « Filière W ») comparées aux normales (moyennes établies sur la période 2006 – 2018) (LERPC, 2019)

### a) Evolution en cours

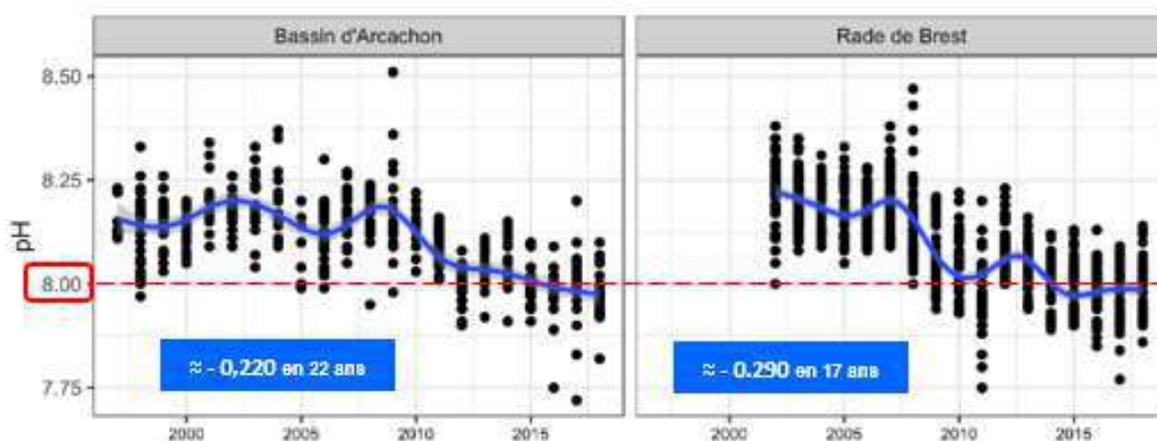
En lien avec le changement climatique, des scientifiques français observent déjà localement une évolution plus ou moins marquée de certaines propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et ce, à plusieurs endroits sur le littoral de la façade atlantique française dont les Pertuis charentais :

- **Hausse de la température moyenne annuelle des eaux côtières** : + 1,5°C dans le Pertuis d'Antioche (station Boyard) et + 1,2°C dans le bassin de Marennes Oléron (station Auger) en 38 ans (1977 – 2015) (SOLETCHNIK et al., 2017).
- **Hausse de la salinité** de l'eau de mer (médiane annuelle) : + 0,9 dans le Pertuis d'Antioche (station Boyard) et + 0,6 dans le bassin de Marennes Oléron (station Auger) entre les périodes 1977 – 1991 et 2000 – 2015 (SOLETCHNIK et al., 2017).

Une des causes avancée par SOLETCHNIK et al., 2017 pour expliquer localement la hausse de la salinité dans les Pertuis charentais est la baisse constatée des débits des fleuves tels que la Charente : - 18% entre les deux périodes (1977 – 1991 et 2000 – 2015), soumis pour l'essentiel à un régime pluvial et donc directement lié aux précipitations ; dont la quantité peut être impactée par le changement climatique. Localement, cette baisse des débits se traduit donc par une diminution des apports en eau douce dans les Pertuis charentais, qui, par voie de conséquence, fait varier la salinité : à la hausse dans le cas présent.

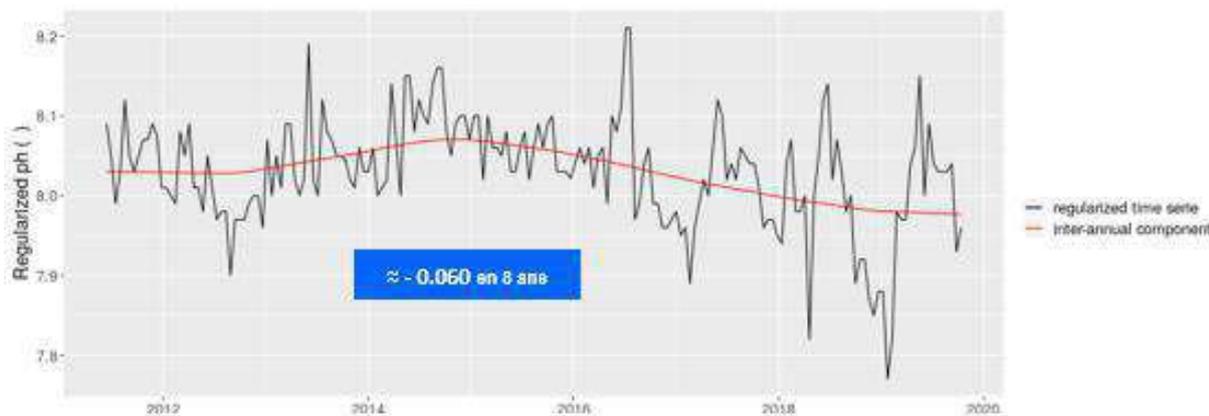
Sur la base des données fournies par le service climatique SWICCA, la projection dans le futur des débits des principaux fleuves responsables des apports en eau douce dans les Pertuis charentais (Loire, Garonne, Dordogne, Charente) varient (à la hausse ou à la baisse) selon le scénario et ce, quel que soit l'horizon de temps futur (2050, 2100). L'évolution à venir de la salinité des eaux marines des Pertuis charentais semble donc, à ce jour, incertaine.

- **Baisse du pH** moyen annuel de l'eau de mer (POUVREAU, 2019)



Graphique 10 : Evolution du pH moyen annuel des eaux marines de subsurface (0 à 1 m de profondeurs) en Rade de Brest et dans le Bassin d'Arcachon (d'après POUVREAU, 2019)

Le pH des eaux marines sur ces deux secteurs du littoral atlantique français évolue à la baisse et ce, de manière significative. Actuellement, le pH moyen annuel du Bassin d’Arcachon et de la Rade de Brest est passé sous la barre symbolique des 8.0 de pH.



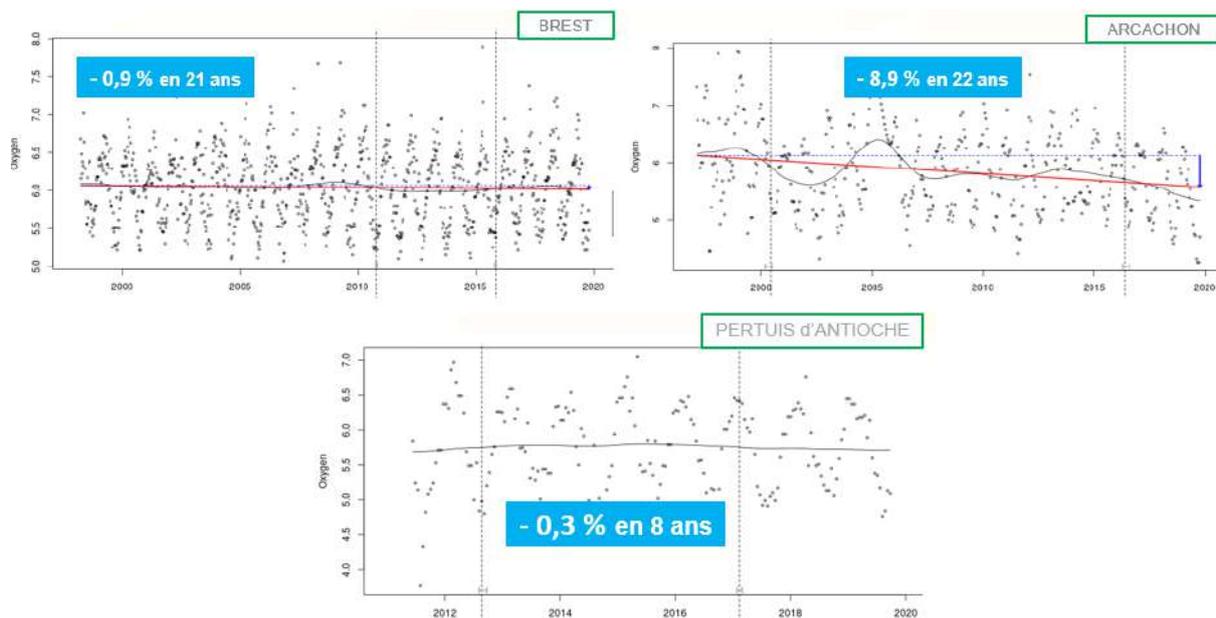
Graphique 11 : Evolution du pH des eaux marines de subsurface dans le Pertuis d’Antioche (Source : Réseau SOMLIT - Service d’Observation en Milieu Littoral)

Contrairement aux sites de Brest et du bassin d’Arcachon, la tendance à la baisse du pH dans le Pertuis d’Antioche (entre l’île de Ré et l’île d’Oléron) semble moins marquée. A noter, toutefois, que le recul dont dispose les scientifiques sur ce site se limite à 8 années de données, acquises en continu depuis juin 2011. Il sera donc intéressant, à l’avenir, de suivre l’évolution dans le temps du pH moyen des eaux marines du Pertuis d’Antioche, de manière à confirmer les premiers résultats exposés précédemment par le graphique. **Cela sera d’autant plus essentiel que selon Pierre-guy SAURIAU, chercheur au LIENSs de La Rochelle et responsable scientifique de la station SOMLIT des Pertuis charentais, il existait, jusqu’à il y a encore deux ans, une marge d’erreur probablement comprise entre 0,3 et 0,5 unité, biaisant ainsi l’interprétation que nous pouvons faire des tendances d’évolution du pH jusqu’ici observées. Depuis, un nouveau protocole a été mis en place pour réduire ce biais.**

Les océans, en tant que puits de carbone ( $\text{CO}_2$  soluble dans l’eau), absorbent une partie de l’excès de  $\text{CO}_2$  émis par l’Homme dans l’atmosphère. Par conséquent, les niveaux de  $\text{CO}_2$  dissous dans l’eau de mer augmentent, ce qui se traduit, in fine, par une baisse généralisée du pH des océans du globe (LAFFOLEY et al., 2017 ; DONEY et al., 2009). Ce processus d’acidification des océans semble donc également toucher les eaux côtières de la façade atlantique française.

- **Baisse de la teneur en oxygène** dissous dans l’eau de mer (Réseau SOMLIT)

Il est communément admis qu’il s’agit du paramètre indispensable au maintien de la vie dans l’eau.



Grahpique 12 : Evolution de la teneur en oxygène des eaux côtières de 0 à 1 m de profondeur en Rade de Brest, Bassin d’Arcachon et Pertuis d’Antioche (Source : Réseau SOMLIT)

Quel que soit la localité, on observe une diminution de la teneur en oxygène. Celle-ci est d’autant plus marquée dans le bassin d’Arcachon.

La concentration en oxygène dans l’eau résulte de paramètres physiques (température, salinité, mélange de la masse d’eau), chimiques et biologiques : échanges à l’interface terre-mer, respiration des organismes aquatiques, photosynthèse (AMINOT et al., 2004). De nombreux paramètres peuvent donc influencer la teneur en oxygène des eaux marines. Sa diminution, également connue sous le terme « désoxygénation », peut notamment être provoquée à la fois par des phénomènes globaux tels que le changement climatique (la solubilité de l’oxygène dans l’eau diminue quand la température de l’eau augmente) ainsi que par des phénomènes locaux comme les apports excessifs de nutriments liés aux activités humaines (LEVIN, 2018 ; BOURGEOIS, 2017 ; KEELING et al., 2010). **Localement, selon Pierre-Guy SAURIAU, chercheur et responsable scientifique des stations du réseau SOMLIT dans les Pertuis charentais, une hausse de 1 °C de l’eau de mer engendre une baisse de 0.13 mg/L d’oxygène dissous (mg/L) soit une diminution de 3%.**

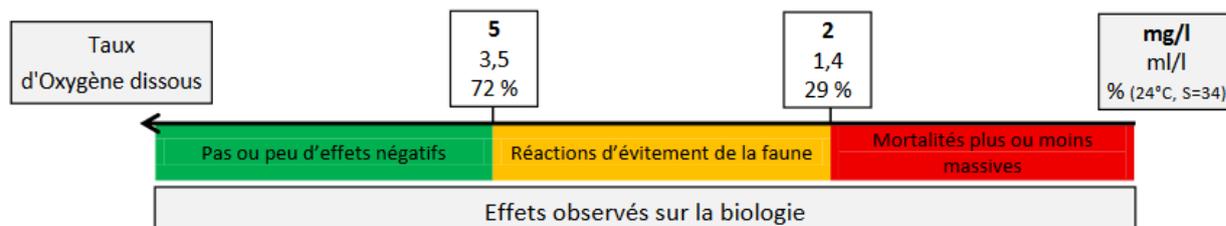


Figure 9 : Niveaux critiques à partir desquels des effets sur la faune sont observés (AMINOT et al., 2004)

D'après la figure 9, l'évolution de la teneur en oxygène dissous dans les eaux marines n'aurait pas ou peu d'impacts sur la faune, tant que sa valeur ne descend pas sous la barre des 3,5 ml/l.

## b) Perspectives hydrologiques futures dans le contexte du changement climatique

A l'image du climat, se pose la question de l'évolution future des paramètres hydrologiques marins : est-ce-que les modifications physico-chimiques précédemment décrites vont se poursuivre à l'avenir ? A ce jour, les seules projections disponibles, permettant d'apporter une réponse à cette question, sont celles fournies par le GIEC et ce, à l'échelle des océans du globe. Actuellement, il n'existe pas encore, en France, de services climatiques comme DRIAS susceptibles de proposer des simulations dans le futur pour des paramètres hydrologiques marins.

Toutefois, sur la base du dernier rapport du GIEC sur les océans et la cryosphère publié en 2019, il est possible de formuler l'hypothèse selon laquelle les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux côtières dans les Pertuis charentais pourraient continuer à évoluer dans le sens observé jusqu'à présent.

Le GIEC dans ce rapport donne les tendances suivantes (BINDOFF et al., 2019 ; IPCC, 2019) :

- Hausse de la température des eaux océaniques de surface.
- Hausse du nombre de jours de vagues de chaleur océanique (canicule marine).
- Baisse du pH des eaux océaniques de surface.
- Augmentation de la salinité entre le 40° sud et le 40° nord de latitude.
- Diminution de la teneur en oxygène entre 100 et 600 m de profondeur (*référence non valable pour les eaux du littoral dont le cycle saisonnier est très marqué et où les couches d'eaux sont continuellement mélangées sans phénomène de stratification thermo-haline, dû au vent et à la houle*)
- Hausse de la fréquence d'apparition de niveau marin extrême.

A toutes ces toutes évolutions physico-chimiques s'ajoute également la **hausse du niveau marin**, constatée localement, à l'échelle des Pertuis charentais.

	Tendance (mm/an)	Ecart-type (mm/an)
1863 - 2010	+ 1,41	0,09
1863 - 1973	+ 1,1	0,2
1973 - 2010	+ 2,6	0,4

Figure 10 : Evolution du niveau moyen de la mer à La Rochelle depuis le milieu du 19ième siècle (GORIOU, 2012)

Sur la base de 1,41 mm/an, le niveau marin s'est élevé de près de 21 cm entre 1863 et 2010 dont 10 cm en 40 ans (1970 et 2010). Le phénomène de la hausse du niveau marin dans les Pertuis charentais s'accélère donc depuis les années 1970 (GORIOU, 2012).

Dans leur dernier rapport, les scientifiques d'ACCLIMATERRA (comité scientifique régional sur le changement climatique de Nouvelle-Aquitaine) estiment que les projections dans le futur de l'évolution du niveau marin sur La Rochelle sont similaires à celles annoncés par le GIEC (CASTELLE et al., 2018).

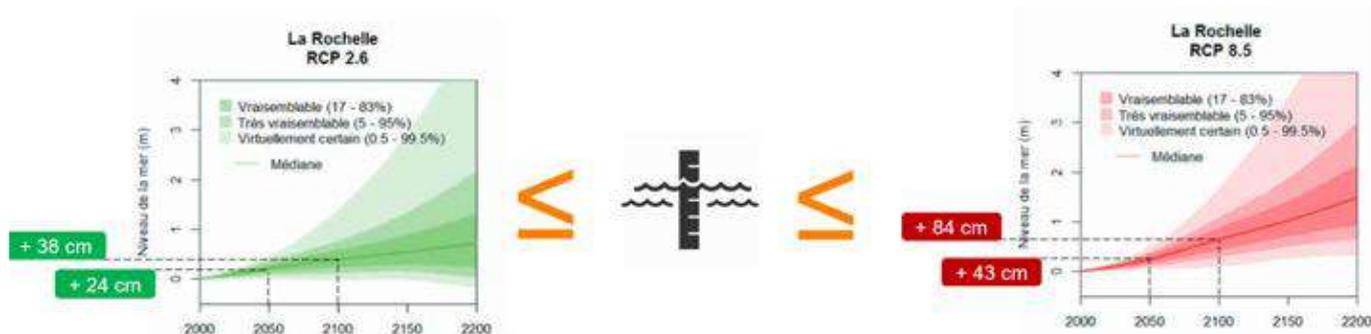


Figure 11 : Evolutions futures possibles du niveau marin à La Rochelle au cours du 21<sup>ème</sup> siècle (d'après CASTELLE et al., 2018)

Localement, à l'horizon 2100, la hausse du niveau marin à La Rochelle pourrait donc être comprise, entre + 43 cm (scénario RCP 2.6 dit « optimiste ») et + 84 cm (scénario RCP 8.5 dit « pessimiste »).



Figure 12 : Chronologie de l'évolution du niveau marin dans les Pertuis charentais

## 👉 Quelle CONSEQUENCE de la hausse du niveau marin sur les marées ?



Selon VERGER (2002), la **modification de la forme du bassin envahi par la mer, généré par l'élévation du niveau marin, peut entraîner la modification de l'amplitude de la marée sur les rivages à fort marnage.** Toutefois, une hausse du niveau moyen de la mer ne s'accompagne pas obligatoirement d'une élévation égale des niveaux des basses et pleines mers. Des simulations effectuées au Mont-Saint-Michel ont démontré, par exemple, qu'une montée du niveau moyen de la mer de 60 centimètres aurait pour effet une augmentation de 50 centimètres du niveau des pleines mers dans le fond de la baie.

Figure 13 : Variation du niveau marin et du niveau des marées (VERGER, 2002)

**Les premiers effets du changement climatique sur l'hydrologie des Pertuis charentais s'observent déjà aujourd'hui,** avec des évolutions plus ou moins marquées selon les paramètres. Sur la base des projections du GIEC dans son rapport spécial sur les océans et la cryosphère, **la tendance actuelle devrait se poursuivre dans le futur,** à une vitesse et ampleur qui dépendent principalement de la trajectoire des émissions de gaz à effet de serre dans les décennies à venir. L'ensemble de ces éléments nous amène à penser que dans le futur, l'eau de mer dans les Pertuis charentais sera donc encore **plus haute, plus chaude, plus acide, plus salée et moins oxygénée** qu'elle ne peut l'être aujourd'hui.

**Se pose alors la question de la vulnérabilité du vivant et plus spécifiquement du patrimoine naturel de la réserve naturelle face à l'évolution actuelle et future des conditions climatiques et hydrologiques locales,** sur la base lorsque cela est possible de données quantitatives (valeurs des effets de seuils à partir desquels la faune et la flore peuvent être impactées) comme pour la teneur en oxygène exposée précédemment.

 **CONCLUSION INTERMEDIAIRE – Paramètres hydrologiques marins :**

<b>BILAN</b>	<p>Absence d'un bassin versant en amont de la réserve naturelle.</p> <p>Le site dépend du <b>fonctionnement hydrologique des eaux marines</b> dans les Pertuis charentais.</p> <p><b>L'hydrologie marine à l'échelle des Pertuis charentais</b> montre déjà sur les dernières décennies des évolutions durables de ses caractéristiques physico-chimiques, en lien avec le changement climatique amorcé à l'échelle de la planète :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ En BAISSSE : O<sub>2</sub> dissous, pH</li><li>✓ En HAUSSE : niveau marin, T°C, salinité</li></ul>
<b>PERSPECTIVES FUTURES</b>	<p><b>Poursuite de l'évolution</b> des caractéristiques hydrologiques des Pertuis charentais liée au changement climatique</p>



Carte 4 : Simulation d'une hausse d'1 mètre du niveau marin sur le nord de l'île de Ré

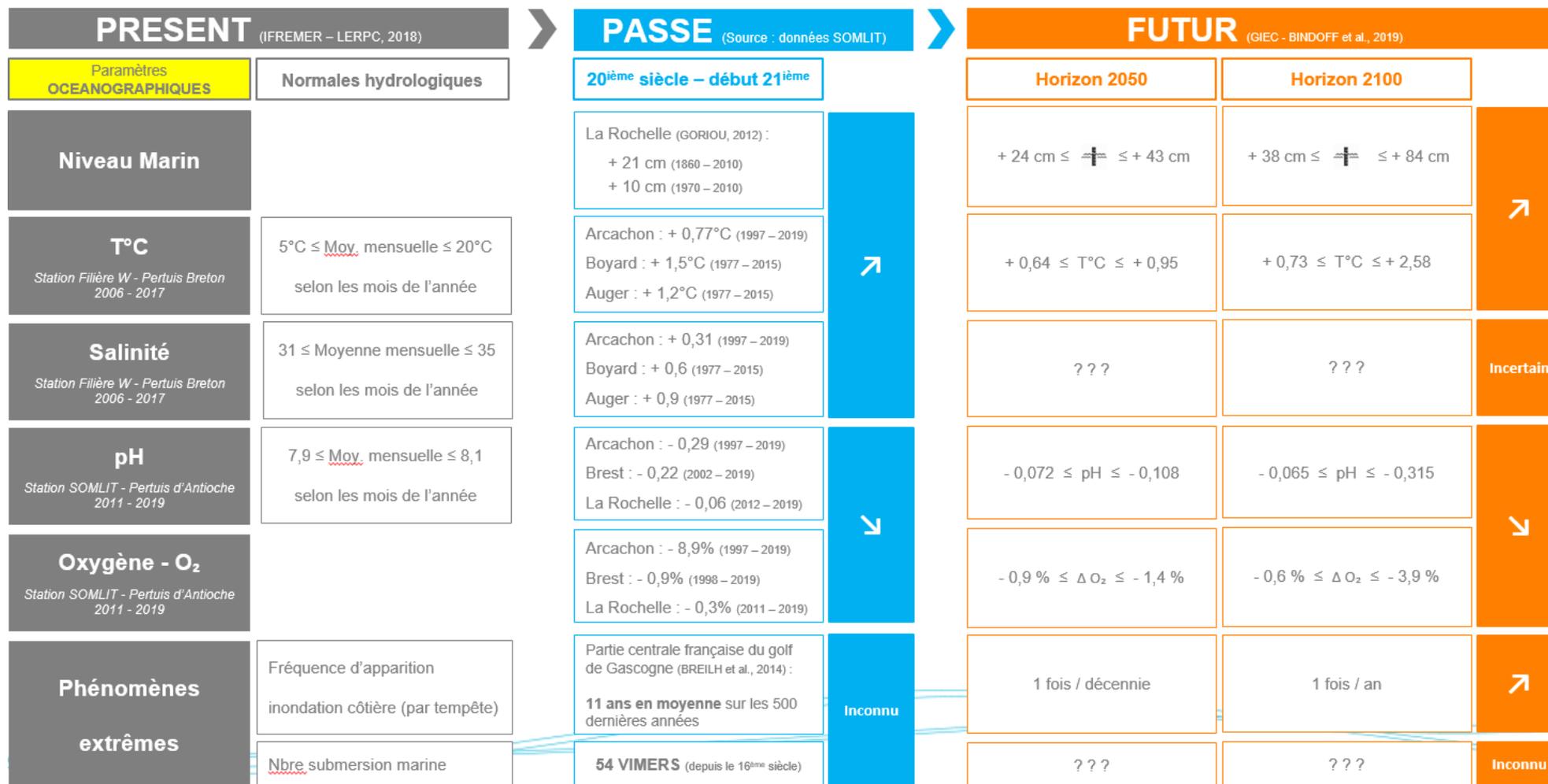


Figure 14 : Synthèse chiffrée de l'évolution de l'hydrologie marine locale à différents horizons de temps : « présent » - « passé » - « futur »

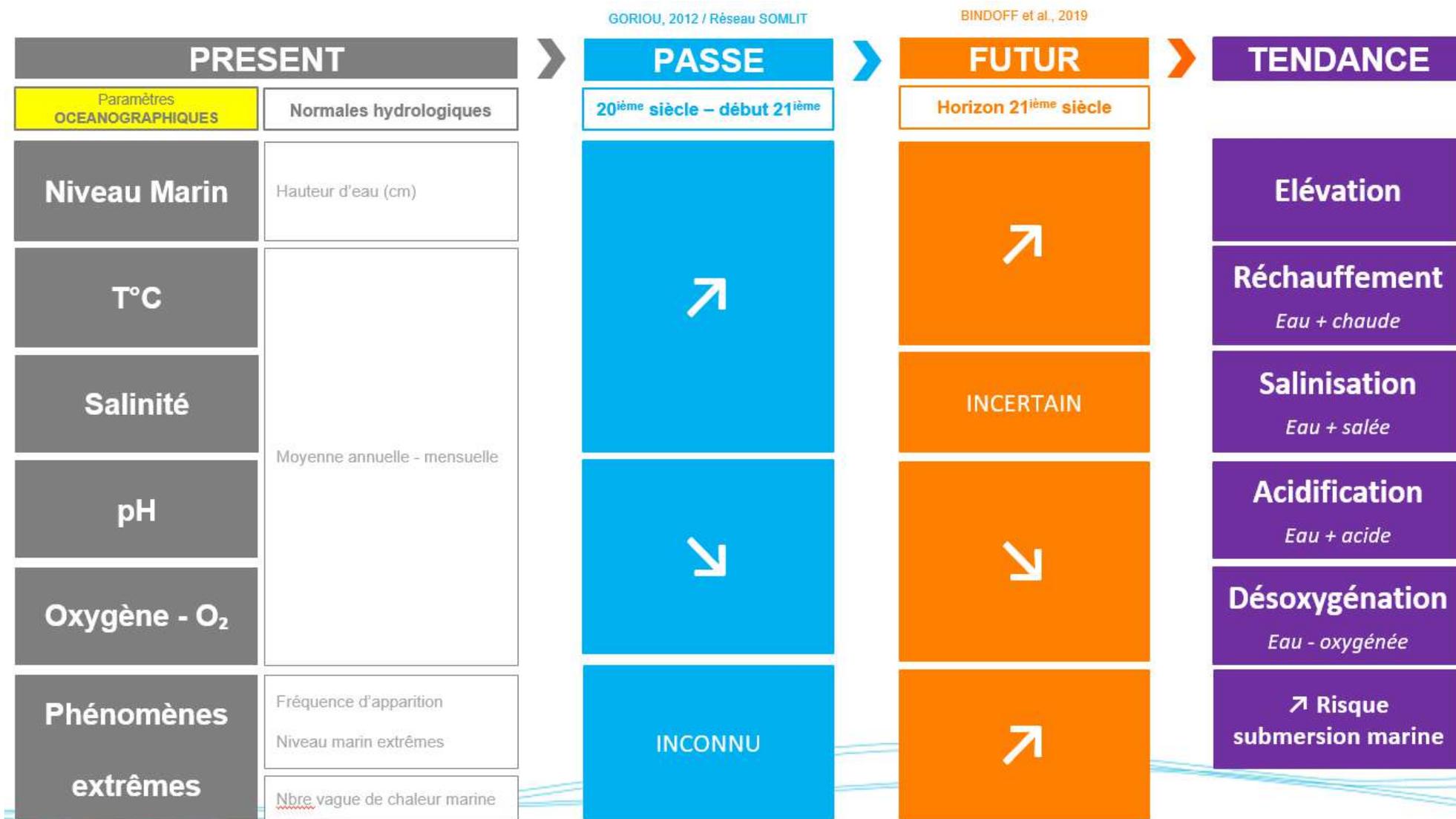


Figure 15 : Synthèse des évolutions et tendances de l'hydrologie marine locale aux horizons des temps « passé » et « futur »

👉 **CONCLUSION – Récits climatique et hydrologique :**



**A RETENIR**

- Poursuite du réchauffement de l'air au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, amorcé depuis les années 1990
- Augmentation du nombre de journées chaudes dans les décennies à venir
- Des précipitations stables sur les dernières décennies mais une évolution future incertaine
- Hausse de l'évapotranspiration et baisse de l'humidité des sols  
*traduisant un durcissement des conditions hydriques pour la végétation (naturelle, culture)*
- Des phénomènes extrêmes + fréquents : vagues de chaleur, niveau marin extrême
- Poursuite de la hausse du niveau marin à un rythme qui s'est accéléré depuis 1970
- Une eau dans les Pertuis charentais + chaude, + acide, + salée et - oxygénée



Figure 16 : Paramètres étudiés et analysés dans le cadre du récit climatique

Les tendances observées localement sont similaires à celles annoncées à une échelle plus globale. Toutefois, selon l'échelle à laquelle on se place, il existe de réelles variations dans les valeurs annoncées. C'est donc là tout l'intérêt de mener ce travail à une échelle locale. Cela permet de qualifier et quantifier le changement climatique à l'échelle du territoire de l'espace naturel et contribuer ainsi à infirmer ou confirmer certaines perceptions du gestionnaire et des acteurs locaux sur le sujet. "Ce n'est pas la LPO qui le dit mais bien les climatologues de France et du monde entier."

### 3. Fiches sur l'évolution de paramètres hydrologiques marins sous l'effet du changement climatique

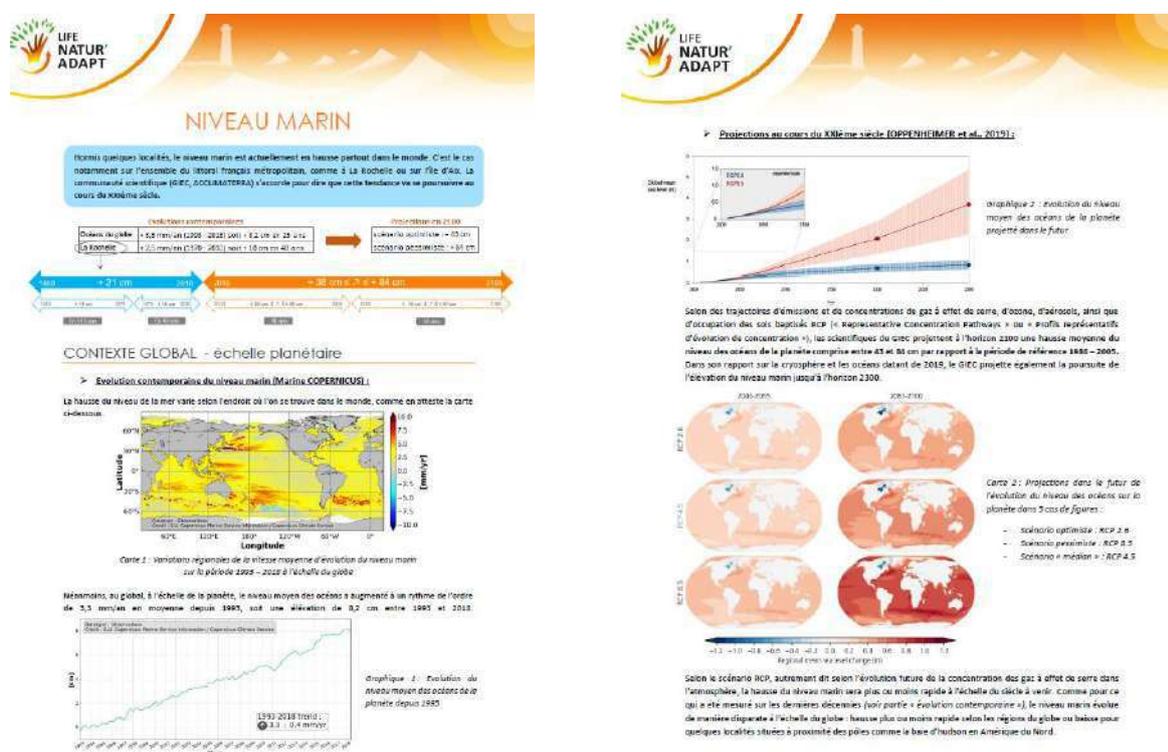
Ces fiches ont été rédigées dans le but de faire une synthèse des connaissances sur l'évolution de paramètres hydrologiques marins, dont dépend très fortement la réserve naturelle et ce, à différentes échelles spatiales. Voici la liste des paramètres qui ont été traités au travers de ce format de fiche :

- Niveau marin
- pH eaux marines de surface
- Température eaux marines de surface
- Salinité eaux marines de surface

**Ces fiches sont susceptibles de faciliter l'appréhension et l'acquisition de connaissances par d'autres gestionnaires se lançant dans la démarche et dont leur site dépend également de ces paramètres.**

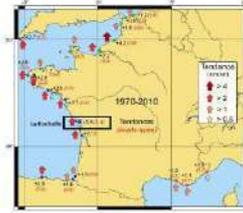
Elles constituent également un outil, dans lequel venir piocher pour construire des animations autour du changement climatique. Ces fiches peuvent donc également servir de support aux animateurs dans les espaces naturels protégés. Dans cette optique, il serait alors opportun à l'avenir d'étendre ce format de fiche à d'autres paramètres climatiques dont dépendent les espaces naturels protégés telles que la température ou les précipitations.

Figure 17 : Extraits de la fiche « Niveau marin »



CONTEXTE LOCAL - échelle du territoire

Evolution contemporaine du niveau marin (GORIOU, 2012):



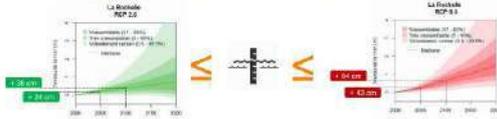
Carte 3 - Evolution du niveau moyen de la mer sur le littoral de France métropolitaine sur la période 1970 - 2010

Tendance (mm/an)	Score-type (0-100)	
1970 - 2010	+ 1,41	0,00
1961 - 1970	+ 1,2	0,2
1973 - 2010	+ 2,8	0,4

Tableau 2 - Evolution du niveau moyen de la mer à La Rochelle depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle.

Sur la base de 2,5 mm/an, le niveau de la mer à La Rochelle s'est élevé de 10 cm en 40 ans entre 1970 et 2010. Comparé aux tendances passées (énoncées dans le tableau 2), le phénomène de hausse du niveau marin à La Rochelle semble s'accroître depuis les années 1970.

Projections au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle (CASTELLE et al., 2018):



Graphique 3 - Projection dans le futur de l'évolution du niveau moyen de la mer à La Rochelle. Dans son dernier rapport, les scientifiques d'ACCUMATERRA (comité scientifique régional sur le changement climatique de Nouvelle-Aquitaine) estiment que les résultats de ces projections sur La Rochelle sont similaires à ceux annoncés par le GIEC. Localement, à l'horizon 2100, la hausse du niveau marin à La Rochelle serait donc également comprise, du du moins sensiblement, entre + 43 cm (scénario RCP 2.6 dit « optimiste ») et + 84 cm (scénario RCP 8.5 dit « pessimiste »).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CASTELLE R., ABADIE S., BERTIN X., CHAUMILLON E., LE COZANNET G., LONG N., ROCHE N., EL SOTTOUKHO A., 2018. Modifications physiques du littoral. In: Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine pour agir dans les territoires. ACCUMATERRA, pp. 305 - 330.

GORIOU, 2012. Evolution des composantes du Niveau marin à partir d'observations de marégraphie effectuées depuis la fin du 20<sup>ème</sup> siècle en Charente-Maritime. Thèse de doctorat - Océanographie physique. La Rochelle, pp. 394 - 442.

MARINE COPERNICUS. <http://marine.copernicus.eu/en/news-learning/observ-monitoring-indicators/catalogue/>

OPPENHEIMER M., GLAVOCIC B.C., HIMMEL J., VAN DE WAL J., MAGNAN A.H., ABD-ELGAWAD A., CAI R., OUBENES JABA M., DECONTI R.M., GHOSH T., HAY J., JIA F., MARZONI B., MEYSSIGNAC B. et SEBASTIANI Z., 2018. Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolis, A. Ollson, J. Riss, J. Verbeeke, B. Rama, N.M. Weaver (eds)), 126 p.

Ce document a été produit dans le cadre du projet LIFE Natur'Adapt, mené par :



Et co-financé par :  
The Natur'Adapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

LIFE17 CCA/FR/000089 - LIFE ACC II NATURADAPT

Retrouver les originales en annexe

## B. Comment nous nous y sommes pris ?

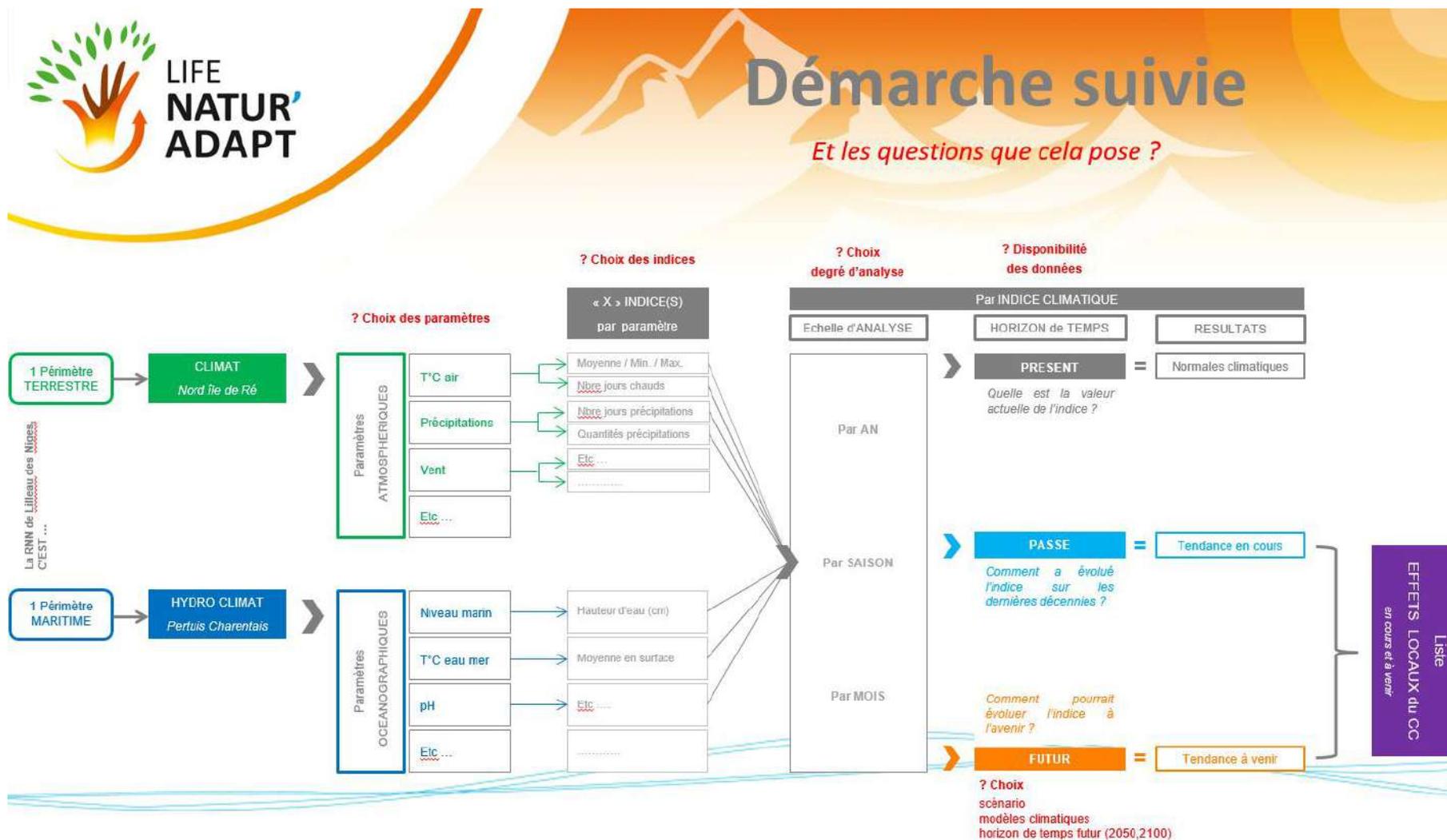


Figure 18 : Cheminement intellectuel suivi

**Avant de choisir quel indicateur retenir plutôt qu'un autre, la première chose que nous nous sommes demandé, c'est à quels paramètres nous intéresser ?** En tant que réserve naturelle littorale, nous disposons à la fois d'un secteur terrestre et d'un secteur marin (bien que totalement émergé à marée basse). Il nous semblait donc essentiel de porter notre regard à la fois sur des paramètres atmosphériques qui permettent de définir le climat en un point donné, mais également et surtout à l'hydrologie marine.

Le choix des indicateurs s'est donc fait dans un second temps, sur la base de ceux proposés par Météo France ou l'IFREMER pour qualifier les normales climatiques et hydrologiques locales, correspondant à des valeurs moyennes calculées sur plusieurs années voir décennies. Cela a d'ailleurs constitué notre point de départ : qualifier le climat d'aujourd'hui dont dépend le site. Par la suite, pour ces mêmes indicateurs, nous nous sommes rapprochés des services climatiques pour recueillir les données passées et projections futures lorsque celles-ci étaient disponibles, ce qui n'était d'ailleurs pas toujours le cas. Par exemple, à ce jour, il existe peu voir aucune projections futures régionalisées pour ce qui touche aux paramètres marins comme le pH ou la température des eaux.

**Nous avons donc gardé les mêmes indicateurs pour l'étude du climat actuel, passé et futur,** de manière à avoir une continuité dans l'analyse du climat réalisée à différentes échelles de temps.

Nous avons complété notre analyse en y ajoutant l'étude des valeurs et phénomènes extrêmes. En effet, plus que des moyennes établies sur 30 ans qui permettent de qualifier le climat d'un secteur géographique, c'est l'évolution de la fréquence d'apparition de valeurs extrêmes qui constitue une source de stress pour les espèces qui doivent y faire face.

Pour caractériser **le climat d'aujourd'hui**, nous nous sommes tout simplement appuyer sur les fiches climatologiques réalisées par Météo France dans lesquelles on retrouve pour la station recherchée les normales climatiques en vigueur et indicateurs associés. Étant dispensé de contraintes altitudinales sur l'île de Ré, pour qualifier le climat de la réserve naturelle de Lilleau des Niges, nous avons récupéré les données de la station météo la plus proche géographiquement du site et suffisamment ancienne pour disposer des valeurs moyennes sur le pas de temps recherché soit 30 ans. Hormis le fait d'établir la carte d'identité du climat local dont dépend la réserve naturelle, ce travail nous a surtout permis de prendre conscience des disparités climatiques qui pouvaient exister localement, notamment entre le nord et le sud de l'île de Ré, chose dont nous n'avions pas connaissance auparavant.

Pour les normales hydroclimatiques afférentes aux eaux marines littorales du site, ce sont les études locales menées par l'IFREMER qui ont pu nous renseigner.

Pour les données sur le **climat passé**, nous nous sommes redirigés cette fois vers le service climatique développé par Météo France nommé Climat HD. Et, pour ce qui concerne l'hydrologie marine, nous nous sommes appuyés sur le réseau SOMLIT, réseau de surveillance et d'observation des eaux littorales, qui dispose de stations de mesure le long des côtes françaises métropolitaines. Ce travail nous a permis de prendre conscience à quels points des changements notables pouvaient déjà être en train de s'opérer localement.

**Pour le climat futur**, notre première décision a été de mener notre analyse sur l'ensemble des horizons de temps proposés par le service climatique DRIAS : proche et lointain. Ainsi, nous nous laissons la possibilité de dégager les grandes tendances d'évolutions futures pour chaque indicateur : à la baisse ou à la hausse. Par contre, **sur la base des recommandations faites par le même service climatique DRIAS**, nous avons retenu deux scénarios : le scénario dit « optimiste » (RCP 2.6) et le scénario dit « pessimiste » (RCP 8.5). Ainsi, on obtient pour chaque indicateur étudié une fourchette de valeurs extrêmes (haute et basse), dans lequel s'inscrirait le futur de la réserve naturelle de Lilleau des Niges. Pour réduire le champ d'incertitude, qui accompagne toute projection climatique future, nous avons également décidé d'utiliser pour chacun des deux scénarios les résultats des deux modèles développés en France : Aladin de Météo France et WRF de l'Institut Pierre Simon Laplace, les plus à même nous a-t-il semblé d'être représentatifs du contexte local, comparé aux autres modèles développés un peu partout en Europe et disponible également sur DRIAS. Ainsi pour chaque scénario, on obtient pour l'indicateur visé une valeur médiane.

Il peut arriver qu'entre les deux modèles les résultats obtenus soient diamétralement opposés, comme ce fut le cas, pour nous, avec les précipitations. Nous recommandons alors, dans ce cas de figure, de faire appel aux autres modèles européens, regroupés au sein du projet EUROCORDEX, afin de conforter les résultats d'un des deux modèles français par rapport à l'autre, tout en notifiant l'important degré d'incertitude qui peut entourer le paramètre en question quant à son évolution dans le futur.

**Concernant les paramètres marins**, la problématique n'est pas la même, puisqu'à ce jour, aucun service climatique comme DRIAS ne permet de disposer de projections dans le futur à une échelle locale. Les seules simulations existantes sont celles fournies par le GIEC, notamment à l'occasion de la publication en 2019 du dernier rapport sur les « Océans et la Cryosphère ». L'inconvénient majeur des informations que l'on y retrouve, c'est qu'elles sont projetées à l'échelle des océans du globe, et ne nous renseignent donc pas sur les variations interrégionales qui peuvent exister. L'autre écueil, c'est que certains indicateurs ne constituent pas des références valables pour les eaux littorales.

## RESSOURCES utilisées

<p>➤ <b>PRESENT</b></p>	<p>Fiches climatologiques Météo France : <a href="https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&amp;id_produit=117&amp;id_rubrique=39">https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&amp;id_produit=117&amp;id_rubrique=39</a></p> <p>Association INFOCLIMAT : <a href="https://www.infoclimat.fr/climatologie/">https://www.infoclimat.fr/climatologie/</a></p>
<p>➤ <b>PASSE</b></p>	<p>Service climatique « CLIMAT HD » - Météo France : <a href="http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd">http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd</a></p> <p>Service climatique « Marine COPERNICUS » : <a href="http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean_monitoring_indicators/catalogue/">http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean_monitoring_indicators/catalogue/</a></p> <p>SOMLIT - Service d'Observation en Milieu Littoral : <a href="http://somlit.osau.u-bordeaux.fr/mysomlit-public/">http://somlit.osau.u-bordeaux.fr/mysomlit-public/</a></p> <p>Articles scientifiques IFREMER – LERPC : <a href="https://www.ifremer.fr/lerpc/">https://www.ifremer.fr/lerpc/</a></p>
<p>➤ <b>FUTUR</b></p>	<p>Service climatique « DRIAS » - Météo France : <a href="http://www.drias-climat.fr">http://www.drias-climat.fr</a></p> <p>Service climatique « SWICCA » (bassins versants) : <a href="http://swicca.eu/">http://swicca.eu/</a></p> <p>Rapport 2019 GIEC « Océans et Cryo sphère » : <a href="https://www.ipcc.ch/srocc/">https://www.ipcc.ch/srocc/</a></p> <p>Rapport 2018 ACCLIMATERRA (Nouvelle-Aquitaine) : <a href="http://www.acclimaterra.fr/rapport-passe-menu">http://www.acclimaterra.fr/rapport-passe-menu</a></p>

Figure 19 : Listing des principales ressources utilisées

INDICATEURS	PASSE	PRESENT	FUTUR
	« Remonter le temps »	« Les Normales »	Horizon 2050      Horizon 2100
<b>NIVEAU MARIN</b> Hauteur d'eau – cm	Permanent Service For Mean Sea Level ( <a href="http://www.psmsl.org">www.psmsl.org</a> ) Publications scientifiques : GORIOU, 2012 ; WOPPELMANN, 2014 et 2006	NA	Publications du GIEC / sur les océans : BINDOFF et al., 2019  ET / OU  Publications Comité scientifique régional sur le changement climatique
<b>T°C moyenne EAUX MARINES DE SURFACE</b>	Réseau SOMLIT ( <a href="http://www.somlit.fr">www.somlit.fr</a> )	Publications IFREMER Stations locales	



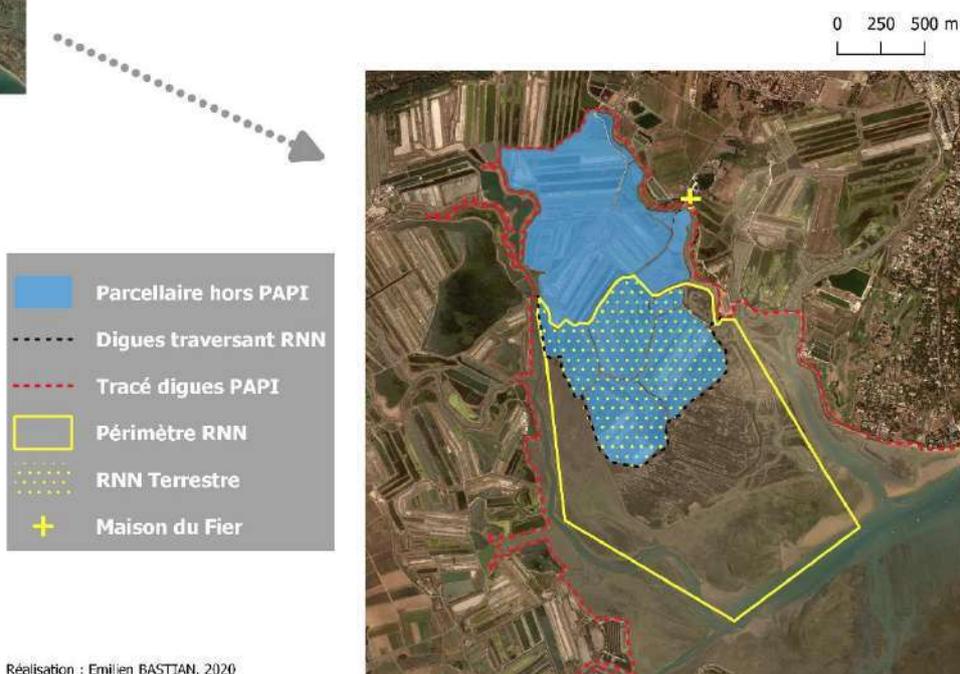
Figure 20 : Ressources utilisées pour deux indicateurs marins pour chaque horizon de temps étudié





Nord île de Ré

## Zone de marais hors PAPI



Réalisation : Emilien BASTIAN, 2020  
Source : CNES, 2020

Carte 6 : Zoom sur le secteur de marais de la réserve naturelle

Comme illustré sur les cartes ci-avant, le projet présenté à l'occasion d'une réunion publique le 20 novembre 2019, ne prévoit pas la consolidation des digues existantes sur la réserve naturelle. Cela signifie que la collectivité n'intègre pas, du moins à ce jour, ce linéaire dans le système d'endiguement pour lequel elle se porte gestionnaire et responsable de sa tenue, en tant qu'autorité compétente au titre de la GEMAPI depuis janvier 2018 sur l'île de Ré (sous réserve que les ouvrages soient reconnus et classés selon un niveau de protection défini, au sens de la législation sur les digues). D'après la DREAL Nouvelle-Aquitaine, le fait d'envisager des travaux sur les digues de la réserve naturelle a été écarté par le Conseil départemental de Charente-Maritime (CD17) (maître d'ouvrage des travaux délégué par la CdC), considérant les contraintes dues au statut d'un espace classé en réserve naturelle. Par conséquent, à ce stade, la responsabilité des digues traversant le site naturel, non déclarée dans le système d'endiguement porté par la CdC de l'île de Ré, revient, de ce fait, à son propriétaire, en l'occurrence, l'Etat s'il s'avère que les digues sont bien situées sur le domaine public maritime (DPM), comme le plan cadastral le laisse supposer. Ce dernier n'ayant plus vocation à gérer des systèmes d'endiguement depuis la loi MAPTAM du 27 janvier 2014 conférant cette compétence obligatoire aux établissements publics intercommunaux à fiscalité propre (EPCI FP), les digues traversant la réserve naturelle se retrouvent ainsi « orphelines ».

Sur la base de ces éléments, il en résulte que plus de 140 hectares de marais ne seront, sans doute, pas « défendus », à l'avenir, pour faire face aux événements naturels extrêmes (risque de vague de submersion) ainsi qu'à la hausse du niveau marin, conséquence directe du changement climatique.



Pour le futur (proche et lointain) de la réserve naturelle, la question du devenir de la digue s'annonce comme centrale.

**A défaut de pouvoir l'acter à ce jour, le gestionnaire propose, dans la suite du document, d'aborder les trajectoires d'évolution possible du site à l'avenir au travers de deux scénarii :**

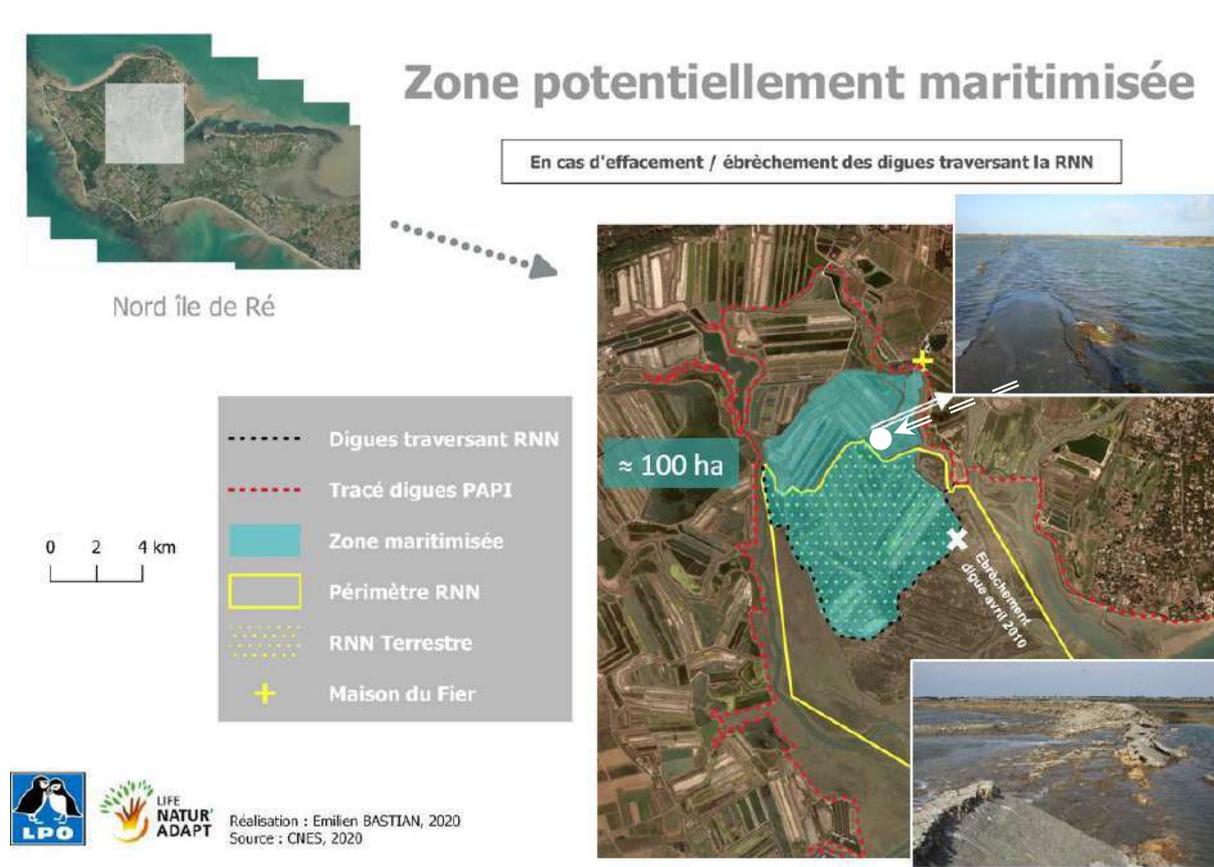
- **SCENARIO « Maintien de la digue »** : la digue sur la réserve naturelle remplit son rôle. Aucun événement extrême ne vient la submerger et ouvrir une ou plusieurs brèches. Sur la base du scénario retenu dans le cadre du PAPI 2 de l'île de Ré, la hauteur de digue ne serait pas augmentée mais pourrait, néanmoins, être reconnue par la CdC île de Ré, au titre de sa compétence GEMAPI, et faire ainsi l'objet d'un entretien (sur la base du niveau de protection pour lequel elle aura été classée). Compte-tenu de l'évolution du niveau marin et de la faible hauteur de certains tronçons (3.5 m NGF), quelques soit les conditions d'entretien éventuel, ce scénario ne reste crédible qu'à un horizon de temps moyen terme (30 ans).
- **SCENARIO « Maritimisation »** : la digue se trouve débordée en son point le plus bas, une ou plusieurs brèches s'ouvrent et permettent à la mer de pénétrer dans la partie terrestre de plus en plus régulièrement.

De manière estimative et sur la base des hauteurs d'eau mensuelles maximales relevées au marégraphe de La Rochelle sur la période 2009 - 2019, on peut émettre l'hypothèse selon laquelle :

- **Dès l'horizon 2050**, quel que soit le scénario climatique futur, le périmètre terrestre de la réserve pourrait être inondé pour tout ou partie **au minimum une fois par an** (par surverse de la mer au point le plus bas de la digue sur la réserve naturelle). Sans travaux de remise en état, ce phénomène conduirait à la création d'une brèche et à son élargissement progressif au cours des grandes marées.
- **A l'horizon 2100, dans le cas du scénario climatique le plus pessimiste**, la partie endiguée de la réserve naturelle pourrait être inondée **à une fréquence mensuelle**.

Cette situation conduirait à une dépoldérisation et une perte rapide du caractère terrestre des marais.

L'histoire récente du site nous permet de préidentifier spatialement la zone de marais susceptible de se maritimer en cas d'effacement du linéaire de digues traversant la réserve naturelle.



Carte 7 : Secteur de marais susceptibles de se maritimer sous l'effet d'un effacement de la digue traversant la réserve naturelle

A noter que la **temporalité** de la bascule entre les deux scénarios peut être variable. Au mieux, en l'absence d'un évènement naturel extrême, du même ordre que la tempête Xynthia en 2010, la première submersion n'aurait pas lieu avant 30 ans. A l'inverse, en cas de submersion marine, la maritimation de la partie terrestre pourrait se produire dès l'année prochaine. Dans ce dernier cas, si les dommages sont localisés, quelle stratégie serait soutenue localement par les acteurs du territoire : acceptation de la perte de ces marais ou tentative de remise en état de la digue ?



Dans un futur proche, le scénario « Maritimation » est un scénario incertain, soumis à la récurrence d'apparition d'un évènement naturel extrême de type Xynthia. Par contre, dans un futur lointain, au-delà de 2050, ce scénario apparaît inévitable, en l'absence de nouvelles solutions autres que le rehaussement et renforcement des digues.



Figure 21 : Chronologie de la bascule entre les scénarii

Le linéaire de digues, « protégeant » le secteur terrestre de la réserve naturelle ainsi que les marais riverains soit au total environ 140 ha, s'étend sur un peu moins de 2 500 m depuis le barrage du chenal du Vieux Port à l'est jusqu'à la passerelle du chenal des Villages à l'ouest.

Contrairement à d'autres secteurs sur l'île de Ré, les digues de la réserve naturelle, de par la position géographique du site dans le Fier d'Ars, sont relativement peu exposées au risque d'érosion, lié notamment aux assauts de la mer générés par les tempêtes et qui peuvent venir fragiliser l'infrastructure. A l'inverse, ces digues restent, néanmoins, exposées au risque submersion, à l'image « de la baignoire qui déborde », un risque qui s'accroît d'autant plus dans le contexte d'élévation local du niveau marin en lien avec le changement climatique. C'est pourquoi, le gestionnaire estime que les digues se trouvant sur la réserve naturelle sont globalement fortement vulnérables au changement climatique et à ses effets.

## B. Comment nous nous y sommes pris ?

Les réflexions menées dans le cadre de Natur'Adapt nous ont conduit à **nous mobiliser** pour être associé localement dans les discussions portant sur la stratégie en matière de gestion du trait de côte sur la réserve naturelle, tant ce sujet conditionne la gestion future du site. Ces discussions nous ont amené à être force de propositions et à **interroger certains acteurs locaux** sur des sujets sur lesquels ils ne s'étaient jusqu'à présent pas questionnés. Nous nous sommes donc rapprochés de nos principaux partenaires institutionnels : DREAL, tutelle de la réserve naturelle, Conservatoire du littoral, propriétaire d'une grande partie des terrains sur le site et Communauté de communes de l'île de Ré, l'autorité gemapienne pour le territoire. Ces discussions nous ont permis de **répondre à des questions restées en suspens depuis de nombreuses années** pour le gestionnaire, notamment en ce qui

concerne le statut des digues traversant la réserve naturelle, et **d'en tirer deux trajectoires d'évolution du site en lien avec le devenir des digues, appelés scénarios.**

## IV. Contexte local - évolution des activités socio-économiques

### A. Productions

Rappelons qu'hormis les activités destinées à la conservation du patrimoine naturel du site (suivis biologiques, recherches scientifiques), les activités socio-économiques qui restent autorisées sur la réserve naturelle sont :

- La pêche à pied de loisir (actuellement interdite par arrêté préfectoral pour raisons sanitaires)
- Le prélèvement d'eau par un saunier sur un des bassins (vasais) du site pour la production de sel
- La démoustication
- Le nautisme (limitée à certaines zones sur le site)



**L'objectif du gestionnaire** est de s'assurer de la compatibilité de ces activités avec les enjeux de conservation de la biodiversité du site, que ce soit pour la gestion des niveaux d'eau (prélèvements d'eau lié à la saliculture) ou la préservation de la ressource alimentaire pour les oiseaux (prélèvements liés à la pêche à pied et éventuels traitements anti-larvaires lié à la gestion des moutisques).

De même, les activités socio-économiques s'exerçant aux alentours de la réserve naturelle et plus spécifiquement les modalités de gestion associées influencent le patrimoine naturel de la réserve naturelle et notamment l'avifaune. Les concentrations d'oiseaux présents sur le site dépendent pour beaucoup des conditions offertes par les zones humides de l'île de Ré, estran et marais aménagées, potentiellement favorables à l'avifaune selon la nature des usages ayant cours.

Dans un espace plus vaste constitué du site Natura 2000 Fier d'Ars, zone humide d'importance internationale pour les oiseaux d'eau migrateurs et hivernants, la réserve naturelle consitue une zone refuge, dans laquelle les oiseaux ont l'assurance de retrouver des conditions qui leur soient favorables pour réaliser tout ou partie de leur cycle biologique. Malgré tout, l'objectif du gestionnaire, hormis le

fait de garantir des conditions d'accueil favorables pour l'avifaune sur le site, reste de favoriser l'existence d'une zone fonctionnelle à l'échelle de l'île de Ré, plus large que l'entité réserve naturelle.

C'est pourquoi, il est utile pour le gestionnaire, dans sa démarche d'adaptation au changement climatique, de chercher à avoir une vision de comment les acteurs socio-économiques, sur la réserve naturelle et aux alentours, perçoivent le changement climatique et projettent leur activité dans les années et décennies à venir dans ce contexte.



Figure 22 : Conclusions tirées des entretiens avec les acteurs socio-économiques

**Retrouvez le guide d'entretien et l'ensemble des comptes-rendus d'entretiens en annexe 2.**

**A court terme**, les acteurs socio-économiques interviewés jugent que les évolutions climatiques qui leur ont été présentées par la réserve sont globalement favorables à leur activité, à l'image de l'activité salicole qui reste sur deux années record de productions en 2018 et 2019.

« Davantage de pluie en été, c'est sans doute moins de sel produit dans le marais. A l'inverse, des températures plus importantes et une pluviométrie inchangée, ce sont des récoltes de sel plus importantes. »

Les changements climatiques en cours ne semblent donc pas entraîner, du moins à ce jour et selon les dires des personnes interrogées, de modifications dans les pratiques et modes de gestions des acteurs. Autrement dit, ces derniers n'envisagent pas d'adaptations notables dans leur façon de mener leur activité et qui pourraient influencer sur la biodiversité des zones humides sur l'île de Ré.

*« Historiquement, les marais sont conçus pour travailler avec la météo et s'y « autoadapter ». La configuration des marais dans son ensemble (succession de bassins) ne devrait donc pas changer dans le contexte du changement climatique. »*

Pour le gestionnaire, ce résultat pose, toutefois, la **question de l'évolution de la fréquentation du site à l'avenir et de son impact sur le patrimoine naturel** de la réserve, au regard de l'attractivité touristique grandissante de certains territoires littoraux dans le contexte du changement climatique. Avec la présence d'une piste cyclable (environ 2000 passages par jour comptabilisé en haute saison touristique) et de la maison de la nature de l'île de Ré à proximité de la Réserve naturelle, le site fait aujourd'hui parti des lieux les plus fréquentés de l'île. Avec la hausse des températures, le gestionnaire s'attend à ce que le littoral charentais et l'île de Ré, en tant que destination touristique de premier ordre à l'échelle du département, ne deviennent encore plus attractif dans les années à venir (15 000 habitants permanents sur l'île de Ré pour une capacité d'accueil de près de 140 000 personnes). Les marais de la réserve naturelle à proximité des sentiers piétons et piste cyclable ne sont exploités par les limicoles que durant la nuit, la zone étant délaissée en journée. Cette observation atteste de la sensibilité des oiseaux au dérangement, occasionné le jour par la fréquentation des pistes cyclables et piétonnes. L'augmentation de l'affluence sur le site ainsi que l'étalement de la période où il est fréquenté limiteraient alors encore davantage l'attractivité de certains marais de la réserve naturelle pour les oiseaux. Alors **comment appréhender et gérer à l'avenir le flux de personnes aux abords immédiat du site protégé, notamment pour préserver la tranquillité de l'avifaune ?**

**A plus long terme**, les acteurs portent un jugement très différent. Pour certains acteurs comme les sauniers, la perspective du changement climatique à long terme remet en cause l'existence même de leur activité.

*« D'ici la fin du siècle, le contexte global du changement climatique et plus spécifiquement l'élévation du niveau marin n'engage pas à l'optimisme. De l'aveu de Lionel QUILLET, président de la communauté de communes de l'île de Ré, la défense des côtes de l'île par endiguement, proposée dans le cadre d'un nouveau PAPI, reste une solution à moyen terme. Etant une île, Ré ne dispose pas ou très peu d'espaces de retrait, comme sur le continent. Cette optique pourrait signifier la disparition des marais salants par submersion d'ici la fin du siècle et donc de la saliculture sur l'île de Ré. »*

Le futur de certaines professions d'ici la fin du siècle est subordonnée aux éventuelles solutions apportées dans les décennies à venir pour faire face à la montée des eaux, problématique commune à l'ensemble du territoire de l'île de Ré.

## B. Comment nous nous y sommes pris ?

**Qui de mieux que les acteurs eux-mêmes pour parler des évolutions possibles de leur activités en lien avec le changement climatique !** Nous nous sommes donc entretenus individuellement avec les principaux représentants des activités socio-économiques en interdépendance avec les enjeux de conservation de la réserve naturelle. Cela a d'ailleurs été l'occasion pour le gestionnaire de partager les résultats de son récit climatique et de repartir de ces mêmes éléments pour engager la discussion et les échanges avec les acteurs. C'est ainsi que nous avons jugé bon de procéder pour identifier les évolutions des activités socio-économiques dans le futur, susceptible d'influencer la préservation du patrimoine naturel sur le site.

**A noter**, que cette façon de procéder s'est imposée à nous en réponse à la situation sanitaire liée à la COVID-19 (période de confinement). Il aurait sans doute été intéressant de procéder également de cette manière :

- En amont de l'étude climat, se rapprocher des acteurs socio-économiques et leur demander s'ils seraient intéressés par les travaux de la réserve naturelle sur le changement climatique et s'ils ont des points précis où ils sont demandeurs d'informations et que la réserve naturelle pourrait intégrer dans son étude ;
- Organiser un moment de restitution des principaux résultats du récit climatique avec les acteurs ayant répondu favorablement à la sollicitation et souhaitant être associés ;
- A la suite de la restitution (lors de la même journée par exemple), proposer un atelier dans lequel amener les acteurs socio-économiques à partager leur point de vue sur les perspectives d'évolution de leurs activités à l'avenir sous l'effet du changement climatique et la vulnérabilité à associer.

## V. Analyse de la vulnérabilité

### A. Productions

<b>Lagunes</b> (1150-1 : habitat d'intérêt communautaire prioritaire)	<b>Vulnérabilité FORTE</b>
<p>Sous l'influence du changement climatique, les lagunes de la réserve naturelle devraient voir varier la quantité et la qualité de l'eau, qui les caractérisent en tant qu'habitat. L'évolution de la physico-chimie des eaux marines conjuguée à la hausse des températures de l'air et de la fréquence d'apparition des vagues de chaleur en période estivale accentueraient le risque d'eutrophisation de l'eau dans les lagunes (LLORET et al., 2008 ; MOSS et al., 2011; CHARLTON et al., 2018). La hausse du niveau marin, quant à lui, de par son action sur la géomorphologie du site, est susceptible de remettre en cause l'existence même de l'habitat au sein du site (lagunes "noyées"). Du fait de leur faciès anthropique, les lagunes sur la réserve naturelle ne semblent pas être en capacité à faire face, seules, à ces conséquences, traduisant l'impact potentiel du changement climatique sur l'habitat. Leur pérennité dépend directement des infrastructures, autrement dit des digues, qui, sont à l'origine de leur existence. A noter, toutefois, que l'effacement des digues sur la réserve naturelle pourrait aboutir de façon transitoire à la création d'une grande lagune dont le fonctionnement hydraulique se rapprocherait fortement de celle d'une lagune naturelle.</p> <p><b>Sur la base de ces éléments, le gestionnaire du site juge que le risque d'impacts sur les lagunes de la réserve naturelle du fait du changement climatique est fort.</b></p>	

<b>Prés-salés</b>	<b>Vulnérabilité FAIBLE</b>
<p>Le pré-salé est un habitat qui, naturellement, est soumis au balancement des marées (PICKERING et al., 2017; WARD et al., 2012). Les différentes espèces végétales halophiles qui le définissent se répartissent selon un gradient horizontal et vertical (reliquat des bosses d'anciens marais salants, faisant la spécificité du pré-salé de la réserve naturelle) régit par la durée de submersion. Autrement dit, plus la flore est tolérante au sel, plus celle-ci tolère une durée de submersion importante (au gré des marées). La hausse du niveau marin, de par son influence sur les hauteurs d'eau, serait alors à l'origine d'une augmentation de la durée de submersion à laquelle serait soumise la flore du pré-salé dans ses dispositions actuelles connues. C'est donc l'ensemble de la structure floristique du pré-salé du site qui pourrait changer (VERGER, 2002).</p> <p>L'évolution des températures (eaux marines + air) est également susceptible de modifier la composition floristique du pré-salé selon la tolérance des espèces actuelles à des températures plus chaudes, sans pour autant remettre en question l'existence même de l'habitat sur la réserve naturelle. A ces impacts potentiels du changement climatique sur le pré-salé s'ajoutent des pressions non climatiques telles que la présence d'une digue en amont. Véritable barrière physique, elle limiterait considérablement les possibilités de recul pour la flore du pré-salé, pour laquelle les conditions de submersion et d'exposition au sel ne répondraient plus à leur optimum écologique. Localement, cet effet négatif pourrait être compensé par la dynamique hydro sédimentaire dans la baie du Fier d'Ars, jusqu'ici jugée positive : + 15 mm/an dans le Fier d'Ars, selon Eric CHAUMILLON, chercheur en géologie marine au LIENSs de La Rochelle, susceptible de compenser la hausse du niveau marin (de l'ordre d'environ 3 mm/an), sous réserve que les apports en sédiments soient durables dans le temps (KIRWAN et al., 2016; LEROUX, 2013; FAGHEREZZI et al., 2012).</p>	

En conclusion, du fait de la relative capacité du pré-salé à faire face seul à ces changements, le gestionnaire considère que cet habitat sur la réserve naturelle reste faiblement vulnérable.

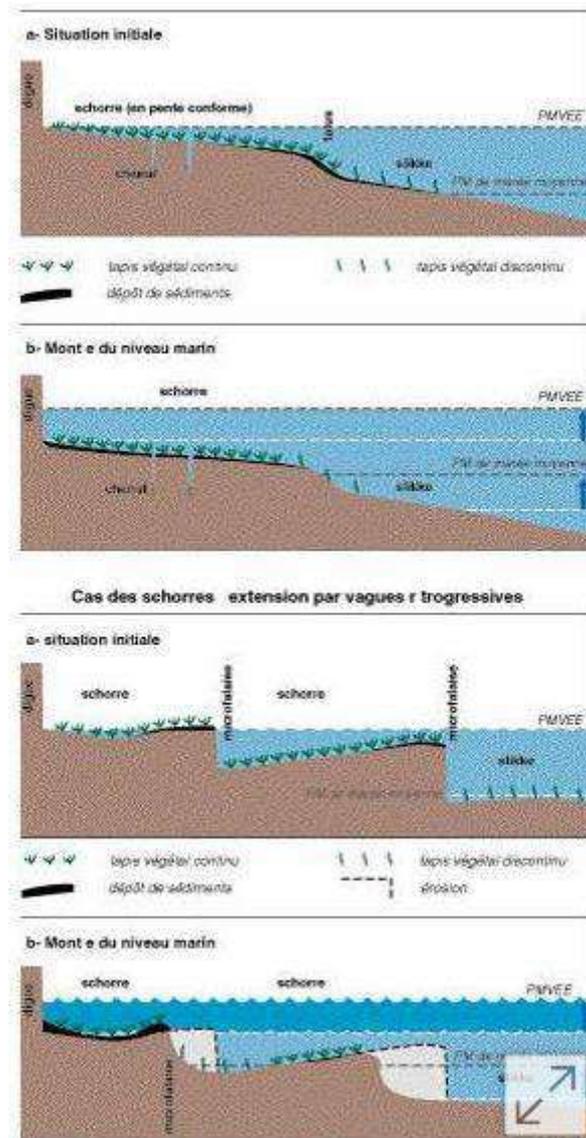


Figure 23 : L'évolution d'un pré-salé face à l'élévation du niveau de la mer (VERGER, 2002)

D'après VERGER (2002), selon le rythme de la montée du niveau marin et celui de l'alimentation sédimentaire dans le Fier d'Ars, les pré-salés sur le site pourraient disparaître si le premier l'emporte sur le second ; dans le cas contraire, les schorres se maintiendraient, voir développeraient.

En tant que plante marine s'implantant principalement sur l'étage médiolittoral de l'estran, la zostère naine alterne donc entre des phases d'émersion et d'immersion, et ce au gré des marées. Immergé, c'est l'élévation du niveau marin qui pourrait restreindre l'accès à la lumière à marée haute pour l'herbier suite à une augmentation de la profondeur de la colonne d'eau, provoquant par la même occasion une baisse de productivité (BARGAIN, 2012; BJORK et al., 2008; SHORT et al., 1999) ainsi qu'une diminution de la taille des feuilles (ANGST et al., 2014). Emergé, la hausse de la fréquence des vagues de chaleur accentuerait les risques de mortalité ainsi que la perte de productivité des herbiers de zostères naines, durant la période estivale, période de croissance de la plante. La répétition de ces stress thermiques pourrait conduire dans le temps à une perte de densité de l'herbier (REPOLHO et al., 2017; SALO, 2014; VALLE, et al., 2014 ; CARR et al., 2012 ; PLUS et al., 2001). Pour faire face à la hausse généralisée des températures, l'espèce semble néanmoins disposer d'une bonne capacité de résilience. Selon AUBY et al., 2011, la température seuil à partir de laquelle la zostère naine risque le dépérissement est établie autour des 37°C, quand elle n'est que de 25°C pour la zostère marine.

Le gestionnaire juge néanmoins, du fait de l'évolution de la physico-chimie des eaux (notamment température) que l'herbier de zostères naines sur la réserve naturelle reste moyennement vulnérable au changement climatique.



Figure 24 : Effets de seuil à partir duquel l'herbier de zostères naines serait impacté

<b>Vasière nue intertidale</b>	<b>Vulnérabilité FAIBLE</b>
<p>Les vasières intertidales sont connues pour être un des écosystèmes les plus productifs de la zone côtière, lieu de vie de tout un cortège de macrofaune benthique. Soumis aux balancements des marées, la vasière intertidale alterne entre des temps d'immersions et d'émersions (PICKERING et al., 2017; WARD et al., 2012). Du fait de la hausse du niveau marin, l'étage médiolittoral sur lequel s'étend cet habitat pourrait se déplacer vers le rivage selon VAN DER WEGEN et al., 2017. Plus indirectement, c'est le peuplement de macrofaune benthique caractéristique des vasières intertidales sous nos latitudes qui pourrait changer sous l'influence de températures de l'air plus élevées et de l'évolution de la physico-chimie des eaux marines. Toutefois, la nature même du substrat qui définit la vasière ne serait pas remise en cause, sous réserve du maintien de la géomorphologie des lieux (baie du Fier d'Ars).</p> <p><b>C'est pourquoi, le gestionnaire juge les impacts potentiels du changement climatique sur cet habitat de la réserve naturelle comme relativement faible, sans préjuger toutefois que des modifications pourraient survenir, notamment en ce qui concerne le peuplement de macrofaune benthique, caractérisant l'habitat.</b></p>	

<b>Anatidés-limicoles migrateurs/hivernants</b>	<b>Vulnérabilité MOYENNE</b>
<p>De par les conditions offertes par la réserve naturelle et plus largement le site fonctionnel, le nord de l'île de Ré accueille de nombreux anatidés-limicoles en migration ainsi qu'en hivernage. Par définition, en tant qu'espèce homéotherme, les besoins énergétiques des oiseaux pour répondre à leur besoins métaboliques de base (sans activité physique) varie selon la température extérieure (PONSERO et al., 2012 ; PONSERO et al., 2008). Une température moyenne hivernale plus élevée, associée à une baisse de la fréquence d'apparition de vagues de froid diminuerait donc le risque de mortalité des oiseaux (GODET et al., 2012). Pour certaines espèces comme la Bernache cravant, il a été démontré que la douceur de l'hiver influencerait le succès reproducteur des oiseaux, en favorisant une meilleure condition corporelle des individus au sortie de l'hivernage (LAUDELOUT et al., 2014). A l'inverse, l'évolution de la physico-chimie des eaux marines pourrait fortement altérer la principale ressource alimentaire dont dépendent ces oiseaux sur le site en période de migration et d'hivernage : la macrofaune benthique. Cela pourrait alors se traduire par une augmentation de la compétition inter et intraspécifique pour l'accès à la ressource. La capacité d'accueil de la réserve naturelle et le site fonctionnel serait alors moindre pour tout un cortège avifaunistique. Certaines espèces comme la Bernache cravant sont néanmoins capables d'adapter leur régime alimentaire selon la disponibilité de la ressource et "switcher" sur une ressource alternative, présente sur le site ou à proximité.</p> <p>En résumé, des hivers plus doux pourraient se traduire pour l'avifaune par des besoins alimentaires moins importants pour combler leurs besoins énergétiques. Est-ce que cela compenserait localement la baisse d'abondance de la ressource alimentaire disponible pour les oiseaux ? Tout dépend de la fraction de la biomasse encore accessible (profondeur des proies dans la vasière) et profitable (taille de la proie - ingérable / digérable) pour les oiseaux, selon les caractéristiques morphologiques et physiologiques propres à chaque espèce.</p> <p>La hausse du niveau marin, de par ses effets potentiels sur les habitats de la réserve naturelle exploités par l'avifaune migratrice - hivernante (diminution du temps d'exondation de la vasière intertidale, réduisant par la même occasion le temps d'accès à l'aire d'alimentation des oiseaux / des lagunes, en qualité de reposoir, aux niveaux d'eau plus ou moins favorables aux anatidés et limicoles) pourrait également participer à rendre moins attractif le site pour tout ce cortège avifaunistique (GODET et al., 2012).</p> <p><b>En conclusion, le site pourrait observer une baisse de ses effectifs d'anatidés-limicoles en période de migration et d'hivernage. Néanmoins, la présence même d'oiseaux ne semble pas remise en cause, du moins sur le site en question (hors dynamique de population liée aux sites de reproduction). C'est pourquoi,</b></p>	

le gestionnaire juge moyennement vulnérable l'avifaune migratrice hivernante de la réserve naturelle, du fait du changement climatique.

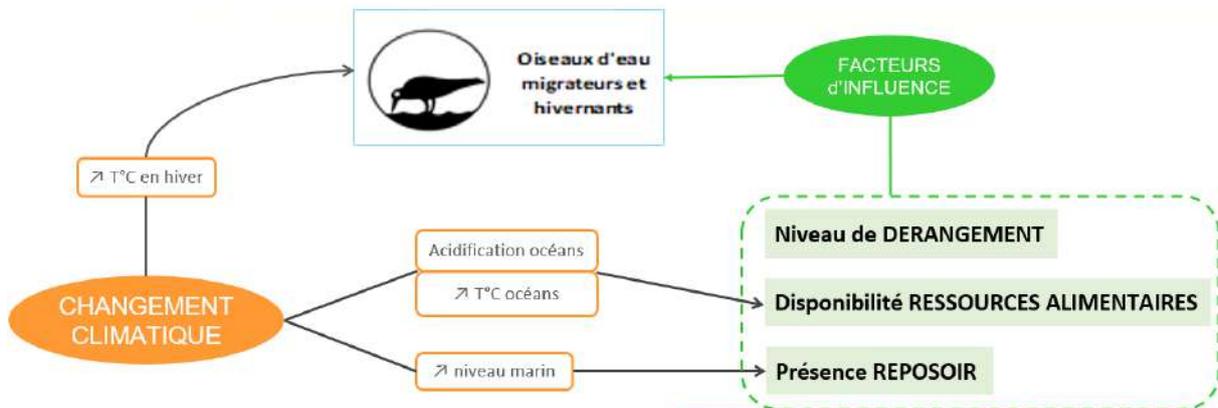


Figure 25 : Impacts directs et indirects du changement climatique sur les anatidés – limicoles migrateurs / hivernants

Laro-limicoles nicheurs	Vulnérabilité FORTE
<p>En période de fortes chaleurs, plusieurs études ont démontré que pour des espèces de goélands, le succès reproducteur pouvait diminuer et la mortalité des poussins augmenter (DAWSON et al., 1976; SALZMAN, 1982; JEHL et al., 1987 ; MCKECHNIE et al., 2012; MCKECHNIE et al., 2009). L'apparition plus fréquente de vagues de chaleur en période estivale rend ces espèces plus sensibles. Les îlots sur lesquels nichent les laro-limicoles sont également susceptibles de disparaître en cas de submersion marine, bien que ce risque, favorisé par la hausse du niveau marin, soit limité au printemps et en été, comparé à la période hivernale. Toutefois, à long terme (post-2050), cette perspective ne semble pas impossible. Les oiseaux ne trouveraient donc plus sur la réserve naturelle de zones favorables à leur nidification, signifiant, par la même occasion, le désintérêt des laro-limicoles pour le site pour s'y reproduire.</p> <p><b>En résumé, à court terme (horizon des 30 prochaines années), c'est la hausse des extrêmes de températures de l'air qui pourraient impacter la dynamique de reproduction des laro-limicoles nicheurs sur la réserve naturelle. A plus long terme (post-2050), leur présence sur la réserve naturelle semble compromise par la hausse du niveau marin et ses effets sur le secteur terrestre du site. Par conséquent, le gestionnaire juge que le risque d'impact lié au changement climatique pour les laro- limicoles nicheurs sur la réserve naturelle est fort.</b></p>	

## Anguille d'Europe

(*Anguilla anguilla*)

## Vulnérabilité FORTE

La température de l'eau est un stimulus important et conditionne l'activité biologique de l'anguille. En hiver, lorsque la température de l'eau est basse ( $T^{\circ}\text{C} < 10^{\circ}\text{C}$ ), l'anguille est assez passive et s'enfouit presque complètement dans la vase ou sous les pierres. Lors de températures élevées, l'anguille peut également entrer en état de torpeur (SADLER, 1979). Cependant, selon DAVERAT et al., 2012, la croissance des anguilles serait favorisée par un réchauffement des températures.

En tant que poisson amphihalins, l'anguille est naturellement capable de s'adapter à différents taux de salinité de l'eau, qui pourrait varier d'autant plus à l'avenir dans les lagunes à la faveur de températures de l'air plus élevées, moyennant toutefois la mise en œuvre de mécanismes physiologiques très énergivores d'osmorégulation mettant en jeu la survie des individus suivant leur état sanitaire, d'après Elodie REVEILHAC, chercheuse au LIENSs de La Rochelle et spécialiste des poissons amphihalins.

Sur la réserve naturelle, l'anguille se retrouve dans les lagunes et le pré-salé. La présence des anguilles sur le site est donc intimement liée au devenir de ces habitats. Dans le contexte d'élévation du niveau marin, la disparition éventuelle des lagunes dans le futur s'accompagnerait automatiquement d'une diminution drastique des effectifs d'anguille sur la réserve naturelle.

A cela s'ajoute les effets de l'acidification des eaux, autrement dit de la baisse du pH, susceptibles d'altérer la physiologie des individus (perte d'odorat, formation des otolithes) (PORTEUS et al., 2018; HANSSON et al., 2015).

**Du fait d'une possible diminution des effectifs d'anguille conjugué à la perte de fonctionnalité du site pour l'espèce (grossissement des individus), le gestionnaire juge que l'anguille européenne est fortement vulnérable au changement climatique et à ses effets dans la réserve naturelle.**

## Oedipode des salines

## Vulnérabilité FAIBLE

Sur le littoral, l'oedipode des salines a la particularité d'être uniquement présent dans les prés-salés et d'y réaliser l'ensemble de son cycle biologique. Il semble, d'ailleurs, privilégier plus particulièrement les végétaux halophiles, du haut schorre comme l'Aster maritime ou le Limonium (notamment pour s'alimenter). A l'inverse, l'obione semble être délaissé par l'orthoptère (ROBIN et al., 2017). Aussi, le cortège végétal présent sur son habitat doit être diversifié et non uniforme, preuve de la sensibilité de l'espèce aux évolutions de la structure de la végétation du pré-salé, sous l'influence du changement climatique.

**A noter que le niveau de connaissances sur l'espèce reste limité. Toutefois, compte-tenu des informations disponibles et précitées, notamment en ce qui concerne les perspectives d'évolution du pré-salé sur le site, le risque d'impacts potentiels sur l'espèce sur la réserve naturelle du fait du changement climatique est jugé faible par le gestionnaire.**



Photo 4 : Oedipode des salines

© RNN Lilleau des Niges

**Macrofaune benthique****Vulnérabilité MOYENNE**

Du fait de la hausse du niveau marin, localement la géomorphologie de la baie du Fier d'Ars pourrait évoluer (agrandissement de l'entrée actuelle du Fier / ouverture de la baie au niveau du Martray), s'accompagnant dans le même temps d'une évolution de la granulométrie (+ ou - grossiers) des sédiments des domaines intertidaux. D'ailleurs, la nature de ces sédiments constitue un des principaux facteurs déterminant la composition du peuplement de macrofaune benthique pour un site donné (GODET et al., 2012). Bien que ce scénario traduise pour la réserve naturelle une modification de l'assemblage d'espèces de macrofaune benthique, cela ne remettrait pas en cause leur présence sur le site. A contrario, l'évolution de la physico-chimie des eaux marines pourrait directement affecter les individus et compromettre la dynamique des populations (HANSSON et al., 2015; KUROYANAGI et al., 2009; HAVAS et al., 1995). En raison de leurs caractéristiques physiologiques et de leur utilisation de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) pour construire leurs coquilles, les premiers stades de développement chez les mollusques notamment semblent particulièrement sensibles aux changements de pH : croissance ralentie, diminution épaisseur de la coquille, malformations (AUZOUX-BORDENAVE et al., 2020 ; LACOUÉ-LABARTHE, 2018; GAZEAU et al., 2013). Toutefois, des études montrent que certaines espèces comme l'huître creuse japonaise *Crassostrea gigas* dispose d'une certaine capacité de résilience pour faire face à l'évolution de ces facteurs environnementaux.

A noter également que la hausse des températures serait favorable à la production de cercaires (larves) des trématodes, vers parasites des communautés animales benthiques et être responsable de la diminution de l'abondance d'espèces de la macrofaune benthique (POULIN et al., 2006).

**En résumé, le gestionnaire pourrait s'attendre sur le site à voir diminuer les stocks de macrofaune benthique, lié principalement à l'évolution de la physico-chimie des eaux marines et voir disparaître certaines espèces, au profit de nouvelles qui étendraient leur aire de répartition plus au nord jusqu'à nos latitudes. Du fait de la relative résilience dont certaines espèces pourraient faire preuve pour faire face à l'évolution des conditions environnementales, le gestionnaire juge que l'existence même de la macrofaune benthique sur la réserve naturelle n'est pas compromise, malgré une dégradation de son état de conservation. C'est pourquoi, le risque d'impacts potentiels du fait du changement climatique est jugé moyen pour ce taxon, sans préjuger toutefois des variations qui existent entre les espèces dans leur capacité à faire face à l'évolution des conditions environnementales sous l'effet du changement climatique.**

***Tolypella salina*****Vulnérabilité FORTE**

Certaines exigences environnementales de la Tolypelle saline (température de l'eau comprise entre 22 et 25,5°C et pH compris entre 7,3 et 10,9, d'après des observations faites sur Noirmoutier et Guérande) démontrent sa capacité à s'adapter à différentes conditions physico-chimique de l'eau (LAMBERT et al., 2013). Toutefois, son développement reste conditionné par de fortes variations de salinité : faibles en période hivernale, et en augmentation constante jusqu'à assèchement du bassin à la fin du printemps (BEAUBERT, 2015; GERNIGON et al., 2014; LAMBERT et al., 2013). Dans le contexte de hausse du niveau marin, ayant pour effet d'accentuer le risque de submersion marine sur les lagunes de la réserve naturelle, on comprend aisément que le développement de la Tolypelle saline pourrait être compromis dans le futur, causant sa disparition du site. **C'est pourquoi, le gestionnaire juge que l'espèce sur la réserve naturelle est fortement vulnérable au changement climatique.**

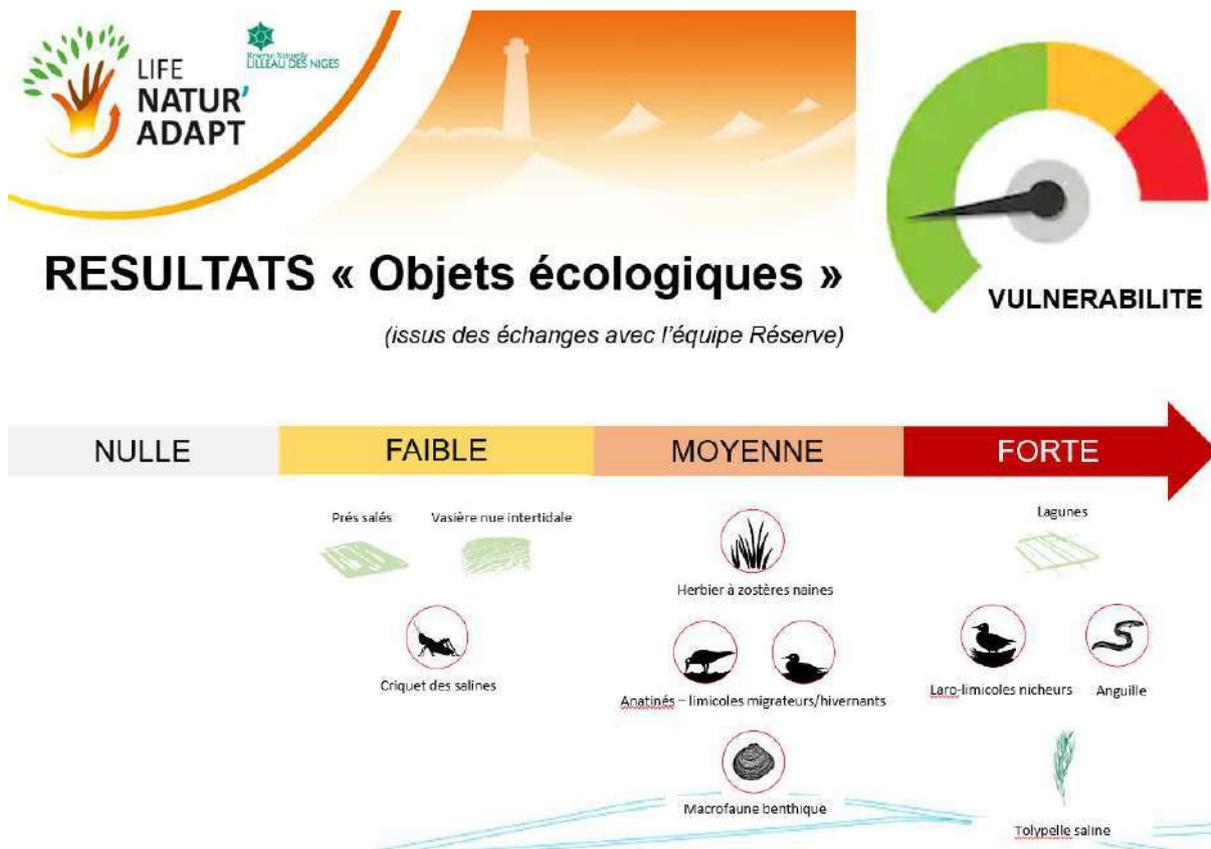


Figure 26 : Synthèse des résultats de l'analyse de vulnérabilité sur les enjeux écologiques du site

Sans surprise, **les enjeux biologiques** qui sont les plus vulnérables au changement climatique sur la réserve naturelle de Lilleau des Niges, d'après le gestionnaire, sont associés directement à la partie terrestre du site. A l'inverse, la vulnérabilité des enjeux biologiques tels que les prés-salés ou le criquet des salines est jugée faible, au regard de leur capacité à faire face aux potentiels impacts du changement climatique et des pressions non climatiques, selon comment elles évoluent à l'avenir. **Dans certains cas, il pourrait même s'agir d'une opportunité** pour ces enjeux biologiques. Les résultats sont plus mitigés pour d'autres enjeux comme l'herbier de zostères naines par exemple. C'est ce qui explique que le gestionnaire les juge, à ce jour, moyennement vulnérable au changement climatique.

**Personnes** (*équipe de gestion – visiteurs*)

## Vulnérabilité MOYENNE

L'apparition plus fréquente de vagues de chaleurs expose davantage les personnes, équipe de la réserve naturelle ainsi que le public fréquentant le site, au risque de déshydratation ou coup de chaleur (MCMICHAEL et al., 2006). S'ajoute à cela une éventuelle dégradation des conditions de travail pour le personnel (bureaux sous les toits, activités de gestion en extérieure) et d'accueil du public (partie muséographie de la Maison du Fier non isolée, sorties nature en extérieure).

A la faveur de températures plus douces, la période de l'année à risque pour les zoonoses devrait également s'étendre accentuant par la même occasion l'exposition des personnes (tiques - vecteur de la maladie de Lyme, apparition de nouvelles espèces de moustiques, vecteur de maladies ...) (DUVALLET, 2006; OGDEN et al., 2016).

La hausse du niveau marin vient également accroître le risque de submersion marine auquel sont potentiellement exposées les personnes fréquentant le site. Ce risque est d'autant plus prégnant en hiver.

Pour limiter l'exposition des personnes face à ces différents risques naturels, renforcés par le changement climatique, il existe des moyens de prévention et de sensibilisation tels que le plan de prévention des risques de la réserve naturelle. Ce dernier prévoit des niveaux de vigilance selon les seuils d'alerte météo. D'autre part, l'installation de repères physiques représentant les niveaux d'eaux atteints lors de la tempête Xynthia permet d'entretenir la mémoire collective et favoriser la culture du risque auprès des populations.

**Du fait de la capacité des personnes à pouvoir se prémunir ou du moins réduire leur exposition face à ces risques naturels, le gestionnaire estime que les personnes restent moyennement vulnérables aux effets du changement climatique.**

**Activité sensibilisation des publics**

## Vulnérabilité MOYENNE

A terme, la hausse du niveau marin pourrait modifier durablement le paysage des marais salés endigués de la réserve naturelle, et donc un des supports d'animation pour l'activité de sensibilisation du public à la Maison du Fier. Cela ne remettrait toutefois pas en cause la pérennité de l'activité. Les animateurs ont toutefois la possibilité d'intégrer dans leur discours les perspectives d'évolutions futures du milieu pour accompagner ce changement du paysage auprès de la population locale notamment (animations scolaires, animation grand public dédiée...). Ce discours demanderait sans doute d'être formalisé dans ses grandes lignes pour garantir la transmission de ce message auprès des publics quelque soit les animateurs (permanents, saisonniers) et faciliter par la même occasion le partage des savoirs et expertise des animateurs (trame d'animations).

En période estivale c'est-à-dire de pic d'activité pour les animations grand public, le gestionnaire constate une baisse d'affluence sur le site en journée lors d'épisodes de fortes chaleurs, notamment aux sorties nature grand public qui se déroulent en extérieure. Pour y faire face, il adapte d'orès et déjà le planning des animations, en proposant davantage de sorties en début de matinée et en soirée. Toutefois, cette adaptation a ses limites puisqu'il est difficile de reporter un même nombre de créneaux d'animations à ces heures de la journée, le public étant également moins enclin à assister à des animations en début de matinée. A cela s'ajoute le fait que le site et les chemins empruntés pour les animations extérieures n'offrent que peu d'espaces ombragés au public et que les oiseaux sont également moins facilement observables sur le site lors de fortes chaleurs (moins actifs). Malgré la capacité du gestionnaire à pouvoir faire face aux impacts du changement climatique sur l'activité de sensibilisation et d'éducation à l'environnement pratiquée aux abords de la réserve naturelle en extérieur, le gestionnaire estime que celle-ci reste limitée et que dans un contexte

d'augmentation des vagues de chaleur, le nombre de personnes sensibilisées au cours d'une animation grand public en extérieure sur le site pourrait tendre à la baisse dans le futur. **C'est pourquoi, le gestionnaire juge moyennement vulnérable l'activité de sensibilisation face au changement climatique.**

**Activité de recherche et suivis scientifiques**

**Vulnérabilité FAIBLE**

Le matériel de mesure installé sur le site dans le cadre d'activités de recherche et suivis scientifiques est exposé au risque submersion, d'autant plus prégnant dans le contexte d'élévation du niveau marin. La perte de certaines données recueillies par ces outils à l'occasion d'une submersion est susceptible d'occasionner une perte pour l'activité, sans remettre en question son existence. Bien au contraire, l'évolution future des milieux sur la réserve naturelle et notamment de son secteur terrestre peut constituer une opportunité pour lancer avec l'aide de partenaires de nouvelles études scientifiques en lien avec le changement climatique ou plus largement les changements globaux. Grâce à la présence en continue d'une équipe de gestion sur le site, les outils de mesure font régulièrement l'objet d'une visite de maintenance ou de récupération des données. Le risque de perte et/ou de dégradation des outils de mesure liée à la submersion semble donc relativement limité.

Les fortes chaleurs en période estivale peuvent également mettre à rude épreuve le matériel de mesure, notamment leurs composants électroniques. Toutefois, les protections existantes ainsi que les outils technologiques disponibles sur le marché, malgré un coût financier certain, permettent de faire face à ces éventuels désagréments.

**Sur la base des éléments précités, le gestionnaire juge donc que les activités de recherche et suivis scientifiques au sein de la réserve naturelle sont faiblement vulnérables face au changement climatique.**

**Pastoralisme**

**Vulnérabilité FORTE**

Les animaux sont fortement exposés au risque submersion, pouvant engendrer la perte d'une grande partie du cheptel, à l'image des événements survenus lors de la tempête Xynthia (noyage des animaux). A noter que la topographie du site ne permet pas aux animaux de se réfugier en hauteur en cas de submersion. Dans le futur, la maritimisation du secteur terrestre de la réserve naturelle, sur lequel l'activité pastorale a perduré jusqu'en 2014, aurait pour effet de saliniser le milieu, nécessitant un apport d'eau douce pour l'abreuvement des animaux. Dès lors que la concentration en sel dans l'eau dépasse un certain seuil, il y a un effet néfaste sur la santé des animaux et les performances zootechniques (SECK, 1991). Ce scénario s'accompagnerait sans doute de l'évolution de la qualité fourragère lié à un changement de végétation des bosses et éventuellement la nécessité de réviser le taux de charge (UGB) des pâtures.

De même, la hausse des extrêmes de températures, au cours de la période estivale, a pour effet d'accentuer le stress thermique des animaux, n'ayant d'ailleurs pas la possibilité de trouver de zones ombragées sur le site en cas d'épisode de fortes chaleurs, augmentant par conséquent les besoins en apport d'eau douce pour les animaux. A noter, toute de même, que la hausse des températures favorise l'allongement des périodes de pousse, permettant ainsi d'étendre la période de disponibilité en herbe pour le pâturage selon ARRANZ, 2013 et sous réserve de l'absence de toute submersion qui viendrait bouleverser le couvert végétal en place.

**Tous ces éléments contribuent à remettre en cause cette activité sur le site, du moins dans les conditions dans lesquelles elle s'était maintenue jusqu'en 2014. C'est pourquoi, le gestionnaire juge fortement**

vulnérable le pastoralisme sur la réserve naturelle au changement climatique et entérine par la même occasion toute possibilité de reprise de l'activité pastorale sur le site.

**Infrastructures d'accès  
au site**

**Vulnérabilité FORTE**

Un chemin piéton et une piste cyclable constituent les infrastructures d'accès à la réserve naturelle de Lilleau des Niges et à ses abords par voie terrestre. Elles sont identifiées en zone submersible dans le Plan de Prévention des Risques (PPR) de la commune des Portes-en-Ré et sont donc par définition exposées au risque submersion. Malgré la présence des digues sur la réserve naturelle, ces infrastructures sont vouées dans le temps à se dégrader, étant donné leur exclusion du périmètre protégé par un système d'endiguement entretenu et réhaussé par le nouveau PAPI sur le nord de l'île de Ré.

A noter également que sous l'effet de la rétraction des argiles, phénomène favorisé par la hausse des extrêmes de températures, le revêtement bitumeux de la piste cyclable est susceptible de se déformer. De même, sous l'effet de la chaleur, à la faveur de canicules de plus en plus fréquentes, des points de ramollissement du bitume pourraient apparaître. Sur ce dernier point, tout dépend de la qualité du bitume employé et de sa température maximale de résistance avant de se déformer.

**Pour ces multiples raisons, le gestionnaire a jugé que les impacts potentiels du changement climatique sur les infrastructures d'accès à la réserve naturelle par voie terrestre sont forts.**

**Infrastructures réserve**

**Vulnérabilité FORTE**

Les panneaux signalétiques, les cabanes de stockage ainsi que l'ensemble des clôtures constituent la petite infrastructure de la réserve naturelle. Avec la maritimisation du site en lien avec la hausse du niveau marin, celles-ci semblent vouées à être détruites et/ou endommagées au fil des submersions successives.

Plus spécifiquement, les panneaux signalétiques sont également exposés au rayonnement UV, ce qui a pour effet au fil du temps de masquer et rendre illisible les inscriptions qui y figurent et donc de pouvoir renseigner les passants, si celles-ci ne sont pas remplacées à temps. MCKENZIE et al., 2011 projette d'ailleurs une légère baisse du rayonnement UV dans le futur aux latitudes comprise entre 30 et 60° Nord, incluant de ce fait la localité de la réserve naturelle (46,19° Nord).

**Malgré ce dernier aspect, le gestionnaire estime que l'exposition grandissante de ses infrastructures sur le site au risque de submersion dans le contexte d'élévation des océans les rend à terme inexploitable. C'est pourquoi, ce dernier juge ces infrastructures fortement vulnérables au changement climatique et plus spécifiquement à la hausse du niveau marin.**

**Maison du Fier**

**Vulnérabilité FAIBLE**

La maison du Fier héberge la muséographie portant sur le patrimoine naturel de l'île de Ré ainsi que les bureaux de la réserve naturelle. Le bâtiment est identifié "en zone submersible à caractère inconstructible", au titre du plan de prévention des risques naturels de la commune des Portes-en-Ré (approuvé en date du 15 février 2018). Bien qu'il ne fut pas touché par la submersion lors de la tempête Xynthia, l'infrastructure n'en

reste pas moins exposée étant donnée sa situation géographique à proximité du trait de côte. Le réhaussement de la digue de protection prévue dans le cadre du nouveau PAPI île de Ré, sur la base du scénario Xynthia + 20 cm du niveau marin au large (prenant en considération l'élévation du niveau marin dans le contexte du changement climatique) contribue toutefois à réduire son exposition au risque submersion. La muséographie hébergée dans la maison du Fier, dans une partie sans isolation thermique, doit endurer l'alternance de périodes chaudes et froides au cours de l'année, susceptible de réduire sa durée de vie, d'autant plus dans un contexte d'apparition de températures extrêmes plus fréquentes.

**Sur la base de ces éléments, le gestionnaire juge que la maison du Fier est faiblement vulnérable au changement climatique et à ses effets.**

## Digues

## Vulnérabilité FORTE

Contrairement à d'autres secteurs sur l'île de Ré, les digues de la réserve naturelle, de par la position géographique du site dans le Fier d'Ars, sont relativement peu exposées au risque de destruction, lié notamment aux assauts de la mer générés par les tempêtes et qui peuvent venir fragiliser l'infrastructure. A l'inverse, ces digues sont particulièrement exposées au risque submersion, du fait de leur faible hauteur. A l'image « de la baignoire qui déborde », les digues sont fortement exposées au risque d'érosion régressive, lors de l'épisode de submersion, un risque qui s'accroît d'autant plus dans le contexte d'élévation local du niveau marin en lien avec le changement climatique. D'ailleurs, le nouveau Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) de l'île de Ré, validée en Commission Mixte Inondation début juillet 2020, ne prévoit pas la consolidation des digues existantes sur la réserve naturelle. Cela signifie que la collectivité n'intègre pas, du moins à ce jour, ce linéaire dans le système d'endiguement pour lequel elle se porte gestionnaire et responsable de son entretien, en tant qu'autorité compétente sur l'île au titre de la GEMAPI. S'ajoute également le phénomène de rétractation des argiles, principal matériau constituant la digue qui rend l'infrastructure davantage perméable durant la période estivale (fuites). La présence de terriers de lapins dans le remblai contribue également à fragiliser la structure de l'édifice côté polder.

**Pour l'ensemble de ces raisons, le gestionnaire estime que le linéaire de digues traversant la réserve naturelle est fortement vulnérable au changement climatique et à ses effets.**

## Décret de la réserve

## Vulnérabilité FAIBLE

Actuellement, les limites administratives de la réserve naturelle sont définies dans le décret par des noms de lieu-dit, des numéros de parcelles cadastrales et une carte sommaire, traçant les délimitations du site. Dans l'optique d'une maritimisation du secteur terrestre de la réserve naturelle, les parcelles cadastrées sur lesquelles reposent une partie des délimitations administratives du site seraient régulièrement immergées.

Dans ce contexte, se pose alors la question du statut juridique de ces parcelles et de leurs éventuelles requalifications en DPM, procédure ayant pour conséquence une révision du cadastre et donc du décret de la réserve naturelle pour préciser ses limites administratives. Après consultation de la DREAL, eu égard à la complexité et à la nécessité d'une enquête publique, à l'heure actuelle, il ne semble pas qu'une procédure puisse être engagée dans ce sens.

Sur la base de ces éléments et du retour d'expériences d'autres gestionnaires littoraux, le décret de la réserve naturelle reste faiblement vulnérable dans ces conditions face aux effets du changement climatique.

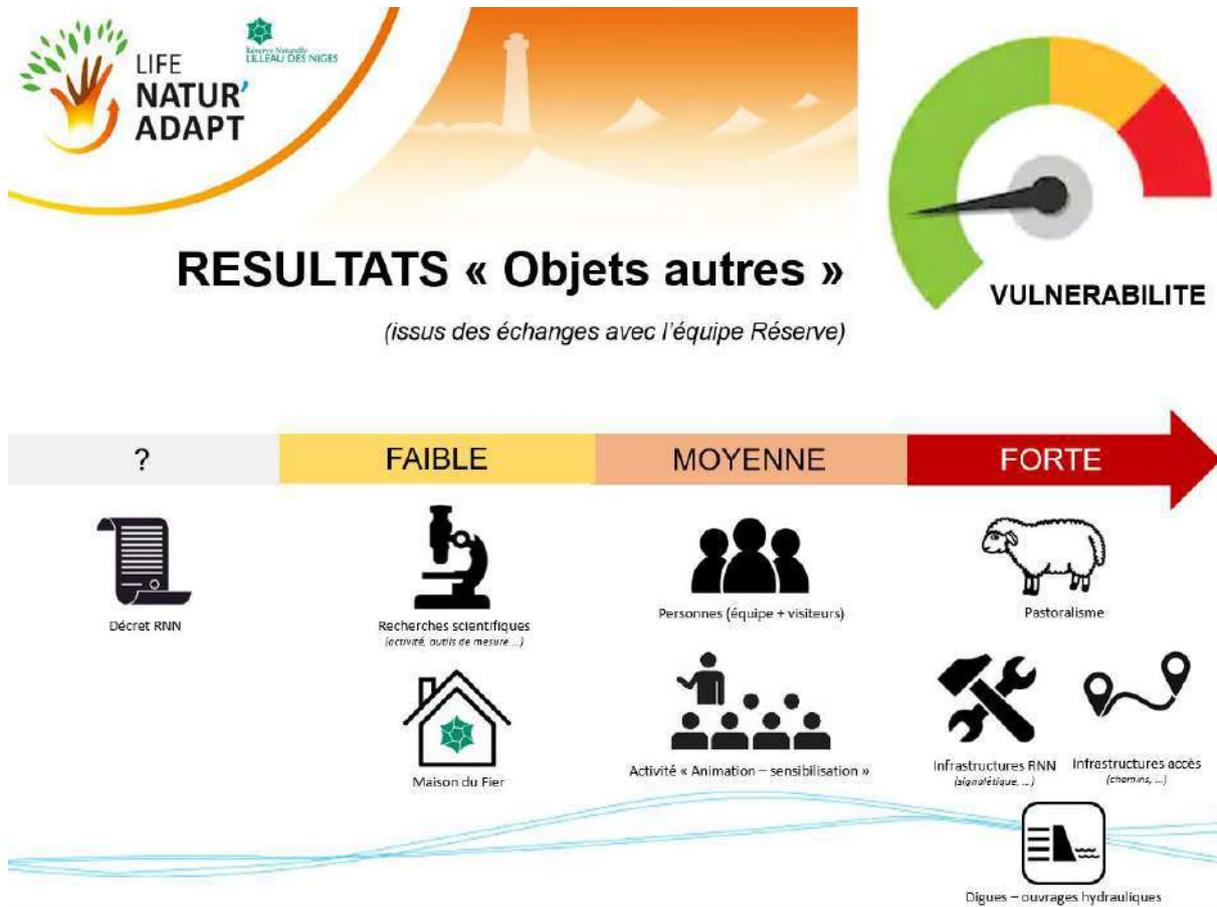


Figure 27 : Synthèse des résultats de l'analyse de vulnérabilité sur les moyens de gestion et activités de la réserve naturelle

Les outils et moyens de gestion les plus vulnérables sont ceux rattachés à la partie terrestre du site, à l'image des résultats sur les enjeux biologiques. Les activités menées par le gestionnaire sur la réserve naturelle (pédagogie à l'environnement – animations, suivis et recherches scientifiques) ne sont, quant à elles, pas remises en cause par le changement climatique à l'avenir. Toutefois, elles nécessiteront des adaptations.

**CONCLUSION INTERMEDIAIRE – Analyse de la vulnérabilité :**

A ce stade de la démarche, l'analyse de vulnérabilité a permis au gestionnaire de confirmer sa perception selon laquelle la partie terrestre de la réserve naturelle est le secteur du site le plus vulnérable au changement climatique et d'argumenter en ce sens sur la base des connaissances disponibles.

## B. Comment nous nous y sommes pris ?

La démarche Natur'Adapt recommande de porter l'analyse de vulnérabilité à la fois sur des éléments naturels, les activités du gestionnaire ainsi que les moyens de gestion. **Concrètement, lesquels choisir ?**

Pour répondre à cette question et par souci d'opérationnalité, à la réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges, nous sommes tout simplement repartis du document de gestion du site, et plus particulièrement du volet diagnostique. Ce travail s'est fait avec l'équipe de la réserve naturelle, en comité restreint avec le soutien du chargé de mission scientifique des réserves naturelles de la LPO France.

Pour ce qui touche à la biodiversité de la réserve naturelle, à défaut de pouvoir analyser l'ensemble du patrimoine naturel, notre choix s'est donc porté sur les espèces et habitats à enjeux pour lesquels le site a une responsabilité que ce soit au niveau européen, national, régional voir international tels que les anatidés-limicoles hivernants migrateurs pour exemple. Pour ce qui est des activités du gestionnaire sur la réserve naturelle, nous avons retenu l'activité d'animation et de sensibilisation des publics, les activités de suivis et recherches scientifiques ainsi que l'activité pastorale. Toujours sur la base du document de gestion, les principaux moyens de gestion ont été listés et regroupés de sorte à ce qu'ils soient également intégrés à l'analyse. Il s'agit, avant tout, de moyens humains et matériels. **En tout, nous avons donc retenu 19 « objets » dont 10 portants sur les enjeux écologiques du site.**

Pour mener l'analyse de vulnérabilité sur chacun des objets retenus, nous posons **trois grandes questions** :

- Est-ce-que la variation des paramètres climatiques et/ou hydrologiques (lié au changement climatique) peuvent affecter (+/-) l'objet en question ? Si oui, comment ?
- Est-ce-que, de lui-même, l'objet en question a la capacité à faire face à la variation de ces paramètres (sans intervention humaine) ?
- Existente-ils des pressions non climatiques (naturels / anthropiques), susceptibles d'influencer la capacité d'adaptation de l'objet en question à faire face au changement climatique ?

Ce questionnement traduit le cadre conceptuel d'analyse de la vulnérabilité ci-dessous, tel que proposé dans le cadre du projet Natur'Adapt :

## Le raisonnement NaturAdapt

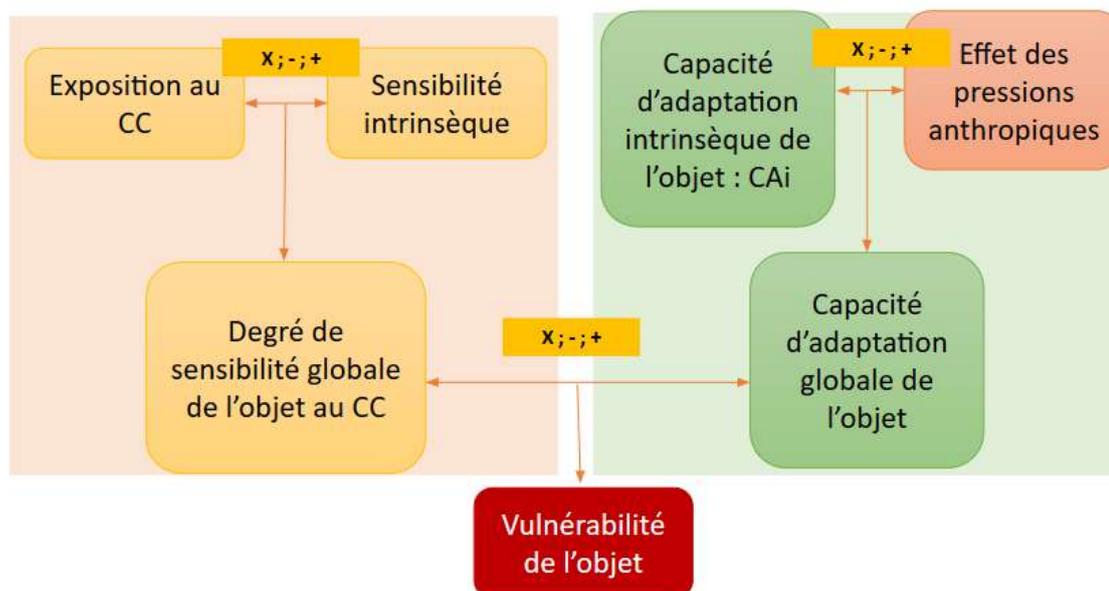


Figure 28 : Cadre conceptuel de l'analyse de la vulnérabilité, selon Natur'Adapt

Ce même questionnement a été formalisé sous la forme d'un tableau dont voici un **extrait ci-après** (voir page suivante), permettant de rattacher les questions au cadre conceptuel et surtout de capitaliser l'ensemble des informations collectées avant de la restituer de manière synthétique comme présenté dans la partie « résultats » ci-avant.

PARAMETRES climatiques hydrologiques	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet				VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)		
	SENSIBILITE de l'objet	Appréciation*	CAPACITE D'ADAPTATION	PRESSIONS non climatiques	Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet
			intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?			
influencés par le CC <i>(quel que soit le scénario RCP)</i>  <b>Résultats du récép climatique</b>	<b>Est-ce que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?</b>  <i>Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle</i> <i>Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte)</i> <i>Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?</i>		<b>Est-ce que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?</b>  <i>Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle</i> <i>Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles</i> <i>Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?</i>	<b>Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?</b>  <i>Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque</i>  <i>Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ?</i>  <i>Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions</i>		<b>par paramètre</b>  <i>cf. matrice ci-dessus</i>	<b>au Changement climatique</b>  <i>appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)</i>
<b>ANATIDES, LIMICOLES MIGRATEURS - HIVERNANTS</b>							
<b>Niveau marin</b> 24 cm ≤ $\Delta$ ≤ 43 cm	<b>Directement NON</b>  <b>Indirectement OUI</b> - Diminution des aires d'alimentation en milieu intertidal (vasière, herbier), limitant ainsi le nombre de limicoles capable de s'y nourrir + évolution des conditions offertes par les reposoirs de haute mer (niveau d'eau haut = favorable aux anatides / niveau d'eau bas = favorable aux limicoles) = évolution de la capacité d'accueil de la réserve naturelle pour l'avifaune migratrice-hivernante selon les espèces (GODET et al., 2012)  Diminution du temps d'avondation de la vasière intertidale = diminution de l'accessibilité à l'aire d'alimentation pour les limicoles (GODET et al., 2012)	MOYENNE	Capacité de déplacement importante, facilitant l'exploration de nouvelles zones pour trouver un site favorable cad répondant à leur exigence écologique (repos, alimentation)  Malgré une maritimisation du site, on aurait probablement les bossys qui resteraient émergés, susceptibles de jouer le rôle de reposoir pour l'avifaune (sur la base des observations sur le site à l'occasion de Xynthia) MAIS à l'image des bossys perdus, la capacité d'accueil du site pour l'avifaune en reposoir à marée haute pourrait être bien moindre.	<b>Hors réserve naturelle -</b>  Nombre de sites favorables sur l'île de ré limité  Déplacement humain limitant la quiétude des oiseaux (limité en plein hiver)	MOYENNE	FAIBLE	
<b>Physico-chimie eaux marines</b> $\Delta$ T°C Eau de mer $\Delta$ pH	<b>Directement NON</b>  <b>Indirectement OUI</b> - à travers l'altération de l'abondance des ressources alimentaires (macrofaune benthique et herbier, pour la majeure partie des espèces) (GODET et al., 2012)	MOYENNE	Diversité du régime alimentaire (variable selon les espèces)  Capacité à adapter son régime alimentaire selon la disponibilité de la ressource - capacité "à switcher" sur une ressource alternative (variable selon les espèces - ex: Bernache cravant vs Courlis sp.)	Pêche à pied professionnelle et de loisir aux alentours du site : prélèvements sur la ressource - gisements de palourdes (déclaration des captures - quotas ?)  Compétition intra et interspécifique pour l'accès à la ressource  Fraction de la biomasse totale de la macrofaune benthique accessible (profondeur des proies dans la vasière) et/ou profitable (taille de la proie - ingérable / digérable) aux oiseaux - variable selon les espèces selon les caractéristiques morphologiques et physiologiques propres à chacune d'entre elles.	FAIBLE	MOYENNE	
<b>Température air</b> $\Delta$ T°C moyenne $\Delta$ Fréquence Vague chaleur	<b>Directement OUI</b> - Besoins énergétiques des oiseaux pour répondre à leur besoins métaboliques de base (sans activité physique) dont la thermorégulation corporelle (espèces homiothermes) varie selon la T°C extérieure (PONSERO et al., 2012; PONSERO et al., 2008) : $\Delta$ risque de mortalité en période hivernale (une température moyenne hivernale plus élevée, associée à une baisse de la fréquence d'apparition de vagues de froid) (GODET et al., 2012)  Pour certaines espèces comme la Bernache cravant, la douceur de l'hiver influencerait le succès reproducteur au travers de la condition corporelle des animaux : mise en évidence d'un lien direct entre disponibilité de nourriture des zones d'hivernage et taille des nichées au cours de la saison de reproduction (LAUDELOUT et al., 2014).	MOYENNE	Capacité à modifier leur phénologie de migration : date d'arrivée et de départ des sites d'hivernage, de migration, de reproduction (GODET et al., 2012; LAUDELOUT et al., 2014)  Variable selon les espèces de Limicoles		FAIBLE	MOYENNE	

Figure 29 : Extrait du tableau d'analyse de la vulnérabilité

Retrouvez le tableau complet en annexe 3.

Bien que cet exercice repose sur des références bibliographiques ainsi que du dire d'expert, notamment pour répondre aux questions énoncées ci-avant, **le choix de l'appréciation reste subjectif et le reflet du point de vue du gestionnaire et de ces partenaires ayant éventuellement participés.**

Sur la réserve naturelle de Lilleau des Niges, nous avons donc jugé utile pour garder une cohérence dans nos choix d'appréciation au fil de l'exercice de définir un cadre. Par exemple, une appréciation forte signifie que le changement climatique est la source de modifications importantes pour l'objet considéré, quitte à remettre en cause son existence même sur le site. Pour une appréciation moyenne, nous nous situons à un cran en-dessous : l'intégrité de l'objet peut être affectée, notamment son état de conservation sans risque de disparition de ce dernier.

## VI. Récit prospectif

### A. Productions

Quel que soit les régions du globe, nous observons déjà les effets du changement climatique sur notre environnement : fonte des glaciers, vagues de chaleurs, hausses des températures, élévation du niveau marin... La réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges n'y échappe pas, comme en témoigne les éléments précités dans ce document. En mer comme à terre, ce **changement climatique** rapide bouleverse le monde du vivant. Cette situation impose au gestionnaire d'espace naturel un profond changement de paradigme. Le changement climatique agit à la fois en tant que pression en elle-même ainsi que sur les autres pressions déjà existantes sur la biodiversité (usages, exploitation des ressources sur terre, en mer). En matière de stratégie de conservation/restauration, le changement climatique pose également la question de l'utilité de retrouver une situation écologique antérieure qui devient parfois impossible à reproduire, dans le contexte d'un environnement changeant.



**Quel(s) futur(s) pour la réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges, sous l'influence du changement climatique ?**

**Répondre à cette question, c'est se projeter dans les décennies à venir sur comment pourrait évoluer l'aire protégée, avec toute l'incertitude induite par un tel exercice. Cela amène donc le gestionnaire à dessiner la ou les trajectoires futures pour le site, qui lui semble acceptable et possible d'imaginer sous l'influence du changement climatique, sur la base des résultats tirés de l'analyse de vulnérabilité.**

Pour rappel, pour le site de Lilleau des Niges, c'est la hausse du niveau marin qui conjugué à la stratégie du territoire en matière de gestion du trait de côte conditionne la physionomie future du site. Résultats, deux scénarii ont été identifiés par le gestionnaire, élaborés à partir de la situation actuelle connue et sans présumer des réponses du territoire dans le futur pour faire face au changement climatique :

- **Un scénario "Maintien des digues"**, dans lequel les digues continuent à jouer leur rôle. Il s'agit ni plus ni moins que de la situation rencontrée actuellement sur le site.
- **Un scénario "Maritimisation"**, dans lequel les infrastructures ne jouent plus leur rôle, soit par surverse ou rupture de l'édifice.

A chacun de ces scénarios s'ajoute également les autres effets du changement climatique tels que l'évolution de la physico-chimie des eaux marines ou la hausse des températures de l'air moyennes et extrêmes.

Pour rappel, le scénario « Maintien des digues » est jugé valable à court terme (horizon 2050), par le gestionnaire, en l'absence d'événements naturels extrêmes. A l'inverse, le scénario "Maritimisation" peut aussi bien se produire à court terme suite à un phénomène extrême ou à plus long terme (post – 2050) avec la hausse du niveau marin, en l'absence d'événement naturel extrême.

Avec la récente décision des autorités locales de ne pas intégrer les digues traversant la réserve naturelle dans le schéma de défense des côtes de l'île de ré, **le scénario « Maritimisation » semble, dans tous les cas, inéluctable à terme.**

A noter que les éléments cités ci-dessous, issus de ce travail prospectif, reflète, en premier lieu, le point de vue du gestionnaire.

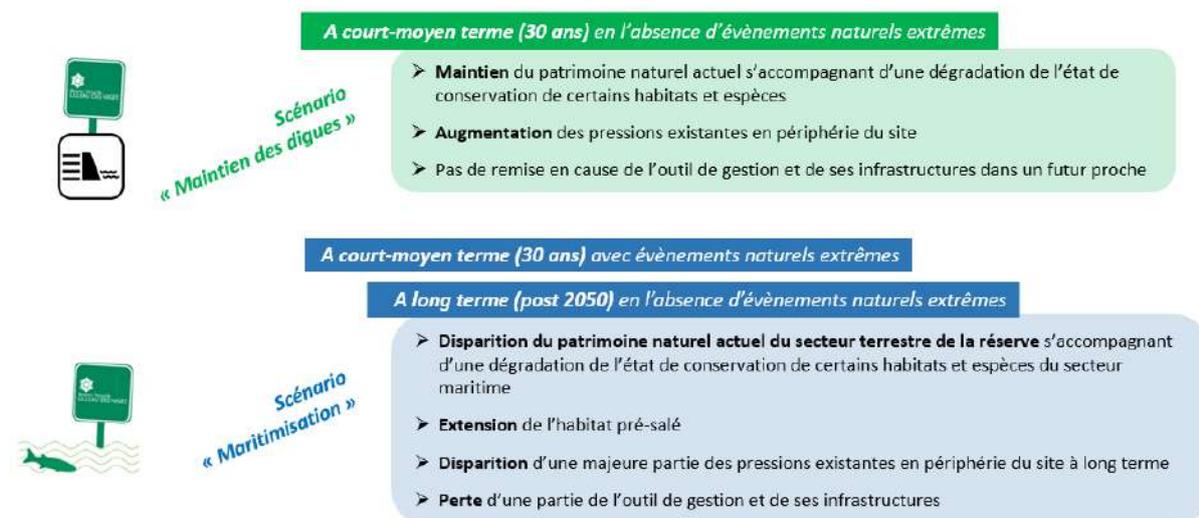


Figure 30 : Synthèse des perspectives d'évolution projetées pour chaque scénario

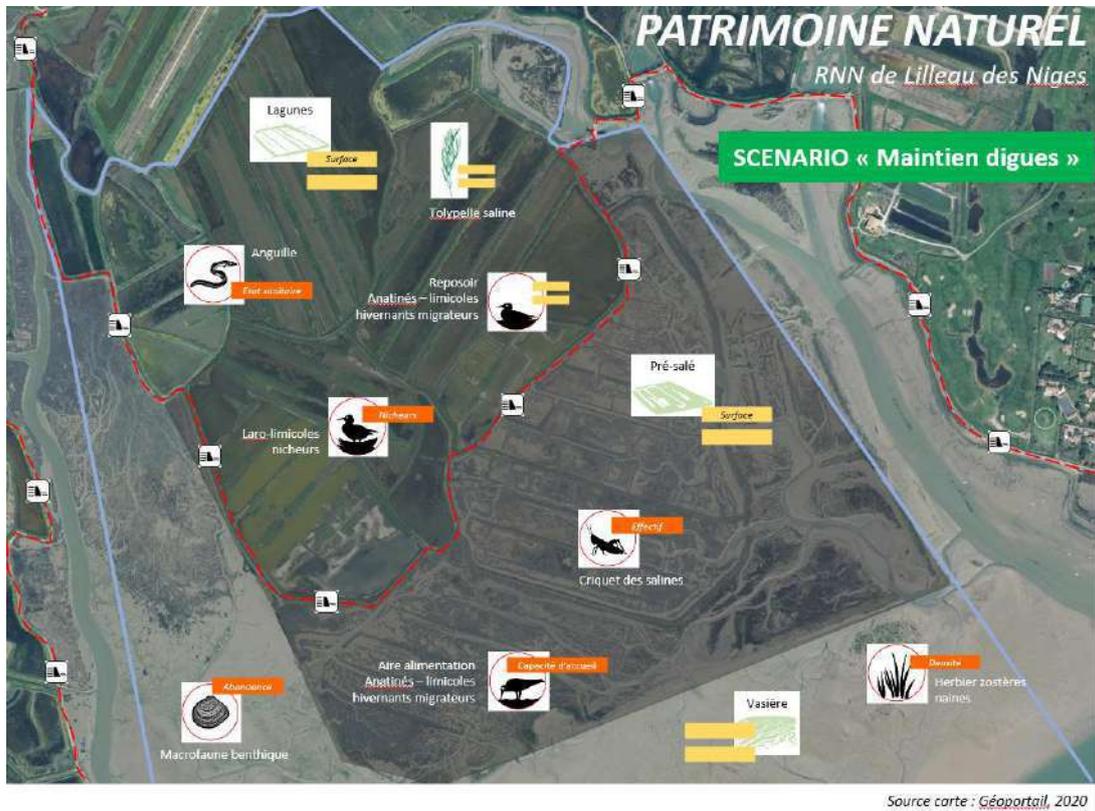
## SCENARIO « Maintien des digues » :

### - **A court-moyen terme (30 ans) en l'absence d'évènements naturels extrêmes**

En l'absence d'évènements de type Xynthia, l'ensemble du patrimoine naturel actuel de la réserve naturelle se maintiendrait à court et à moyen terme. Toutefois, sous l'influence du changement climatique avec la recrudescence d'épisodes de fortes chaleurs et l'évolution de la physico-chimie des eaux marines, l'état de conservation de certains habitats et espèces pourraient être remis en cause et être amené à se dégrader plus ou moins fortement. Cela serait le cas notamment pour :

- l'herbier de zostères naines : perte de densité engendrée par la répétition de stress thermiques au cours de la période de croissance de l'herbier,
- l'anguille européenne : dégradation de l'état sanitaire de la population suite à la hausse du coût énergétique généré par l'évolution de la physico-chimie des eaux marines,
- le criquet des salines : diminution des effectifs suite à la perte en diversité floristique du pré-salé,
- la macrofaune benthique : diminution en abondance dans le Fier d'Ars sous l'effet de l'acidification des eaux marines, réduisant ainsi par la même occasion la disponibilité en ressources alimentaires pour les oiseaux et donc la capacité d'accueil du milieu pour tout un cortège avifaunistique,
- les laridés nicheurs : poursuite de la baisse du nombre de couples nicheurs sur la réserve naturelle, notamment de goéland marin et goéland argenté, deux espèces en limite sud d'aire de reproduction sur l'île de Ré, sous l'influence du réchauffement climatique.

Sur les prochaines décennies, l'évolution des habitats de la réserve naturelle restera, toutefois, fortement dépendante de l'ampleur et du rythme d'élévation du niveau marin dans la région. Les habitats intertidaux sur le site sont, actuellement, d'autant plus vulnérables qu'ils disposent de peu d'espace de recul en amont à cause de la présence de digues.



Carte 8 : Perspectives d'évolution par enjeux écologique pour le scénario « Maintien des diges »

En ce qui concerne les activités socio-économiques autour de la réserve naturelle, celles-ci devraient toutes globalement, dans un futur proche, bénéficier des nouvelles conditions climatiques, dans les limites exprimées par les différents acteurs à l'occasion des entretiens relatés précédemment. A la faveur de températures plus chaudes, le littoral devrait voir son attractivité renforcer. La fréquentation touristique de l'île de Ré ainsi que de la réserve naturelle et de sa maison de la Nature devrait donc continuer à augmenter dans les années à venir. Pour reprendre les mots d'Alex TERRIER, responsable de la base nautique du CNAR, « les gens iront chercher la fraîcheur du littoral ». Pour la réserve naturelle, cela implique une hausse de la fréquentation de la piste cyclable, des chemins aux abords du site ainsi que du trafic nautique dans la baie du Fier d'Ars. Pour la maison de la Nature, c'est l'opportunité de sensibiliser encore davantage de personnes. A contrario, le gestionnaire, du fait d'une augmentation de la fréquentation aux abords du site, pourrait observer davantage d'infractions à la réglementation et être amené à davantage renforcer sa surveillance en période de forte affluence.

Enfin, pour finir, l'outil de gestion de la réserve et plus particulièrement certaines de ses infrastructures (cabanes, clôtures, signalétique ...) ne devrait également pas être remis en cause, dans un futur proche tout du moins.



Dans un avenir proche, le changement climatique, à défaut d'être la source de grands bouleversements structurels (disparition) dans le patrimoine naturel de la réserve naturelle, pourrait, à contrario, de par son influence dans l'attractivité grandissante du littoral pour les activités récréatives et touristiques, accentuer les pressions qui pèsent sur la biodiversité du site. Toutefois, ce scénario, projeté pour les trente prochaines années, reste encore une fois suspendu à l'apparition d'évènements naturels extrêmes, aux conséquences notables pour la réserve naturelle de Lilleau des Niges, à l'image de la tempête Xynthia.



Photo 5 : Portion de digue végétalisée sur la réserve naturelle © Emilien BASTIAN



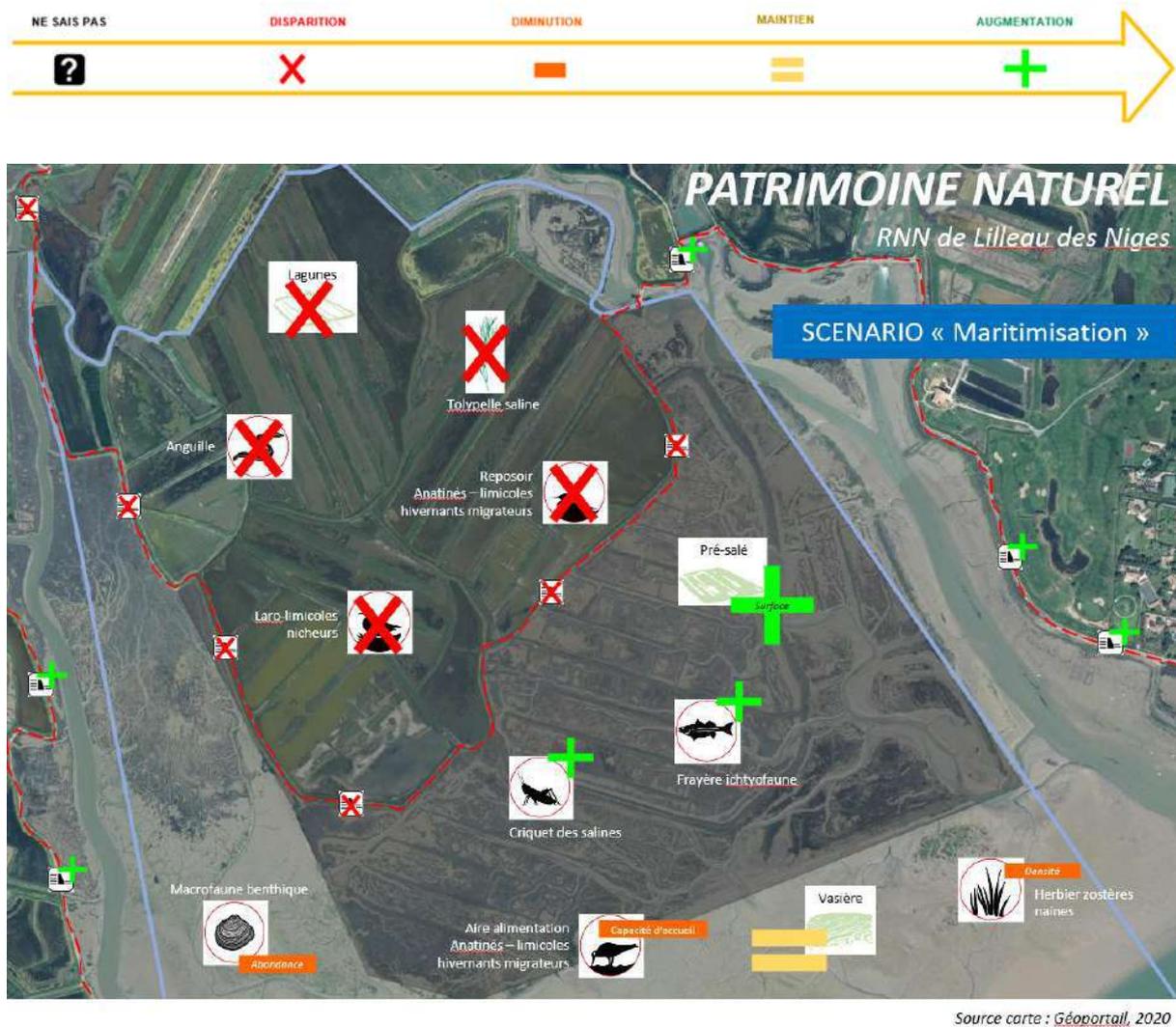
Réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges		PERSPECTIVE D'ÉVOLUTION	
	Lagunes	==	Présence de digues
	Pré-salé	==	Sédimentation / Présence de digues (carapaçonnée en béton par endroit)
	Herbier de zostères naines	■	Stress thermique à répétition lié à des T°C extrêmes plus fréquentes
	Vasière intertidale nue	==	Sédimentation
	Anatidés - Limicoles migrateurs - hivernants	==	Accès à la ressource alimentaire limitante malgré des conditions thermiques en hiver plus favorable
	Laro-limicoles nicheurs	■	Stress thermique à répétition lié à des T°C extrêmes plus fréquentes
	Oedipode des salines	■	Uniformisation du pré-salé
	Tolypella salina	==	Présence des digues
	Macrofaune benthique	■	Stress lié à l'évolution de la physico-chimie des eaux marines.
	Anguille d'Europe	■	Eutrophisation de l'eau dans les lagunes
	Activité de sensibilisation et éducation à l'environnement	+	Hausse continue des demandes d'inscriptions (société civile plus sensible à l'écologie + hausse fréquentation touristique de l'île de Ré)
	Activité de suivis et recherches scientifiques	==	Malgré un contexte budgétaire qui se tend, thématique de recherche en lien avec le changement climatique soutenue et promue
	Infrastructures d'accès au site (piste cyclable, chemins)	==	Protégées par des digues face au risque submersion
	Infrastructures (pastorales - matériels scientifiques - cabanes) et signalétiques réserve (balisage, panneaux interprétation)	==	Présence de digues (exception faite pour le cabane des Bossys perdus)
	Maison du Fier (bureaux + lieu de stockage des données ...)	==	Protégées par des digues face au risque submersion
	Fréquentation DPM - Baie du Fier d'Ars (activités nautiques / pêche à pied ...)	+	Hausse de la fréquentation touristique de l'île de Ré - attractivité du littoral charentais sous l'effet du réchauffement climatique
	Fréquentation de la Maison du Fier et du site	+	Hausse de la fréquentation touristique de l'île de Ré - attractivité du littoral charentais sous l'effet du réchauffement climatique
	Saliculture	+	Productivité favorisée par les conditions climatiques à venir
	Chasse	■ ?	Evolution de la sociologie de la population sur l'île de ré : rural versus urbain.
	Démoustication	+	Intensification des traitements sur le secteur dans le cas de conditions climatiques favorables au développement des moustiques

Figure 27 : Synthèse des perspectives d'évolution pour le scénario « Maintien des digues »

## SCENARIO « Maritimisation » :

- A long terme (post 2050) en l'absence d'évènements naturels extrêmes
- A court-moyen terme (30 ans) avec évènements naturels extrêmes

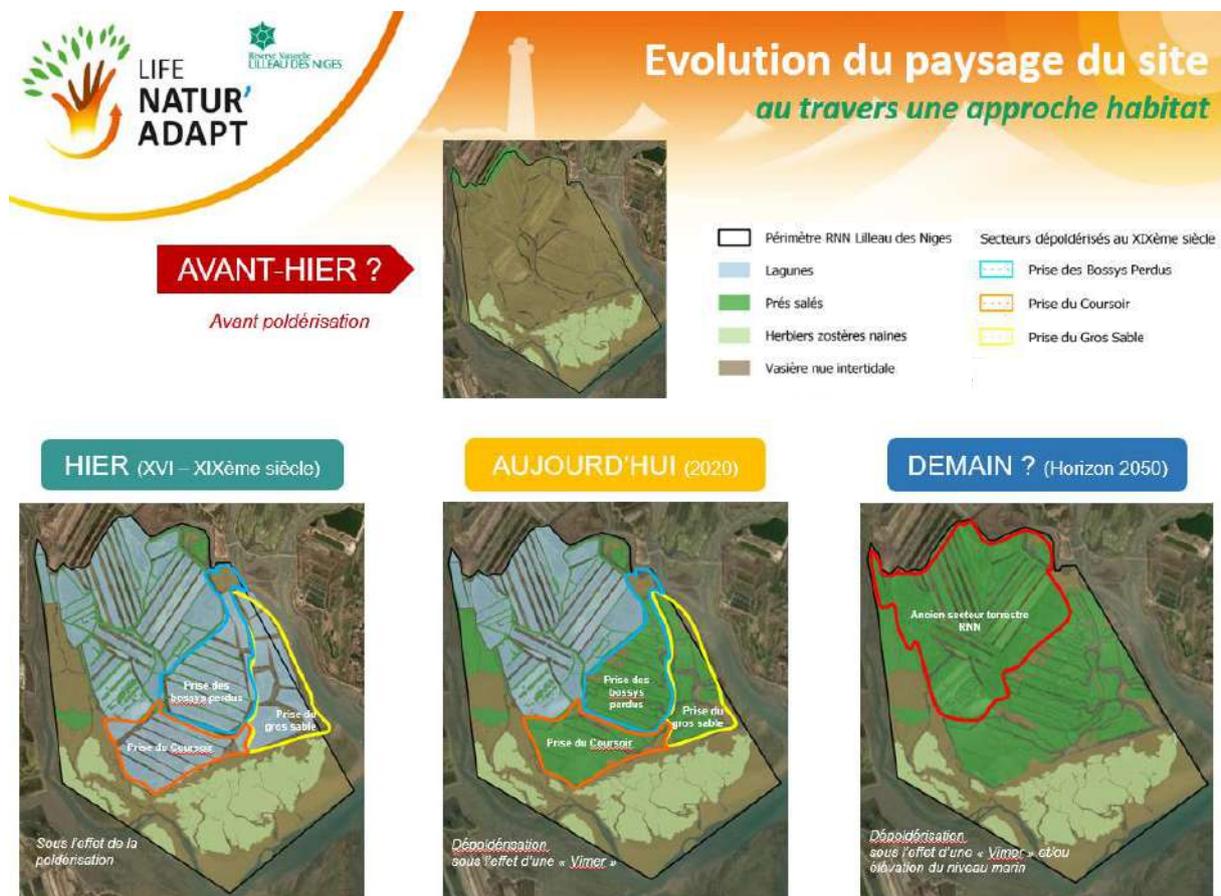
La maritimisation complète de la réserve naturelle modifie durablement le paysage du site, composée dorénavant en majeure partie, de deux habitats intertidaux : prés-salés et vasières, sous l'influence directe des marées. Sur la réserve naturelle, s'y développe ainsi le plus grand pré-salé de l'île de Ré, renforçant par la même occasion le rôle joué par le site pour l'ichtyofaune (zone de frayère, nurserie ...).



Carte 9 : Perspectives d'évolution par enjeux écologique pour le scénario « Maritimisation »

Plus largement, à l'échelle du nord de l'île de Ré, la morphologie actuelle du Fier d'Ars pourrait être bouleversée à long terme par une possible ouverture de la baie au niveau du lieu-dit « Le Martray ». Si les projections d'élévation du niveau marin se vérifient et/ou étaient revues à la hausse, cette

perspective n'apparaîtrait plus si impossible. Ce processus s'accompagnerait alors d'une modification durable des habitats naturels et communautés animales associés, rencontrés dans la baie du Fier d'Ars.



Carte 10 : Evolution du paysage du site au cours de son histoire et au travers une approche habitat

Quant aux différents usages autour de la réserve naturelle, le contexte global du changement climatique et plus spécifiquement l'élévation du niveau marin n'engage pas à l'optimisme, selon Loïc ABISSET, président de la coopérative des sauniers de l'île de Ré. Etant une île, Ré ne dispose pas ou très peu d'espaces de retrait, comme sur le continent. De l'aveu de Lionel QUILLET, président de la communauté de communes de l'île de Ré, à l'occasion d'une réunion publique le 20 novembre 2019 sur l'élaboration du nouveau dossier de candidature du PAPI de l'île de Ré, la défense des côtes par endiguement, stratégie mise en œuvre historiquement sur le territoire, reste une solution à moyen terme. L'apparition de plus en plus fréquente de submersion marine rendrait alors le territoire de moins en moins attractif pour la population. Cette perspective pourrait signifier la disparition des plages ainsi que des marais salants d'ici la fin du siècle, mettant à mal le tourisme et l'activité salicole sur l'île, deux des principaux secteurs d'activités économiques de l'île. Ce scénario catastrophe pour les acteurs socio-économiques de Ré reste hypothétique et subordonné aux éventuelles solutions apportées par l'Homme dans les décennies à venir pour faire face à la montée des eaux.

Dans ce contexte, le linéaire de digues traversant la réserve naturelle n'est plus en capacité de jouer son rôle de protection. La surverse de l'édifice est régulièrement observée, provoquant progressivement son effacement par ébrèchement et érosion successifs. La signalétique de la réserve naturelle du secteur terrestre, les ouvrages hydrauliques ainsi que les cabanes de stockage de matériel sont endommagées et deviennent, de ce fait, inexploitable pour le gestionnaire.

Ce dernier doit donc adapter en conséquence son outil de gestion. Cela passe, en autres, par le fait de retrouver des locaux disponibles pour stocker le matériel et d'installer sur l'ensemble du périmètre de la réserve naturelle une signalétique adaptée au milieu marin.



D'ici la fin du siècle, le secteur terrestre de la réserve naturelle, polder endigué, devrait se maritimer progressivement et de manière pérenne. L'apparition de phénomènes extrêmes de submersion marine pourrait épisodiquement accélérer ce processus et concrétiser ce scénario dans un avenir proche. Quel que soit l'horizon de temps à lequel il se réalise, dans ce contexte, la diversité biologique du site dans sa superficie actuelle s'appauvrirait. La zone de l'estran correspondant à l'étage médiolittoral serait alors davantage représentée sur la réserve naturelle, au détriment de l'habitat lagune et des communautés animales et végétales associées. Se pose alors la question dans ce cas de figure de la stratégie du gestionnaire, partagée et défendue par les pouvoirs publics et les partenaires de la réserve, pour garantir localement la protection de l'ensemble du patrimoine naturel, initialement présent sur la réserve naturelle, sous un statut de protection fort.



		PERSPECTIVE D'EVOLUTION	
Réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges	<b>Lagunes</b>	✗	Surverse des digues / maritimisation (progressive ou brusque) du secteur terrestre par submersion marine
	<b>Pré-salé</b>	+	Colonisation progressive du secteur terrestre de la RNN, nouvellement maritimisé
	<b>Herbier de zostères naines</b>	—	Stress thermique à répétition lié à des T°C (air + eau) extrêmes plus fréquentes
	<b>Vasière intertidale nue</b>	—	Sédimentation
	<b>Anatidés - Limicoles migrateurs - hivernants</b>	—	Diminution de la disponibilité en ressource alimentaire sur le site + Perte du reposoir de marée haute (maritimisation du secteur terrestre)
	<b>Laro-limicoles-nicheurs</b>	✗	Disparition des îlots, favorable à la nidification des laro-limicoles sur la réserve naturelle
	<b>Oedipode des salines</b>	+	Augmentation de la surface et de la diversité du pré-salé
	<b>Tolypella-salina</b>	✗	Maritimisation du secteur terrestre de la réserve naturelle
	<b>Macrofaune benthique</b>	—	Stress lié à l'évolution de la physico-chimie des eaux marines
	<b>Anguille d'Europe</b>	—	Disparition des lagunes (perte fonctionnalité du site : zone de grossissement) mais maintien de la présence d'anguilles dans le pré-salé
Marais nord île de Ré	<b>Activité de sensibilisation et éducation à l'environnement</b>	—	Baisse de la fréquentation du site liée à la disparition de la piste cyclable et une partie du chemin piéton
	<b>Activité de suivis et recherches scientifiques</b>	+	L'évolution du milieu sur la RNN renforce l'intérêt des scientifiques pour y mener des suivis et recherches, en partenariat avec le gestionnaire
	<b>Infrastructures d'accès au site (piste-cyclable, chemins)</b>	✗	Maritimisation du secteur terrestre de la réserve naturelle
	<b>Infrastructures (postoratoires, matériels scientifiques, cabanons) et signalétiques réserve (boisage, panneaux, interprétation)</b>	✗	Maritimisation du secteur terrestre de la réserve naturelle
	<b>Maison du Fier (bureaux + lieu de stockage des données ...)</b>	—	Protégées par des digues réhaussées dans le cadre du PAPI 2 nord île de Ré
Marais nord île de Ré	<b>Fréquentation sur le DPM (activités nautiques / pêche à pied ...)</b>	+	Intérêt pour les activités récréatives - loisirs d'eau - développement de nouvelles activités sur le DPM
	<b>Fréquentation de la Maison du Fier et du site</b>	—	Baisse de la fréquentation du site liée à la disparition de la piste cyclable et une partie du chemin piéton
	<b>Saliculture</b>	—	Perte de surface de marais salants en périphérie de la RNN, à cause des submersions marines de plus en plus fréquentes
	<b>Chasse</b>	— ?	Evolution de la sociologie de la population sur l'île de ré : rural versus urbain
	<b>Démoustication</b>	+	Perte de maîtrise des niveaux d'eau sur le secteur terrestre, nouvellement maritimisé

Figure 31 : Synthèse des perspectives d'évolution pour le scénario « Maritimisation »

👉 Quelle COMPARAISON entre les deux scénarios ?

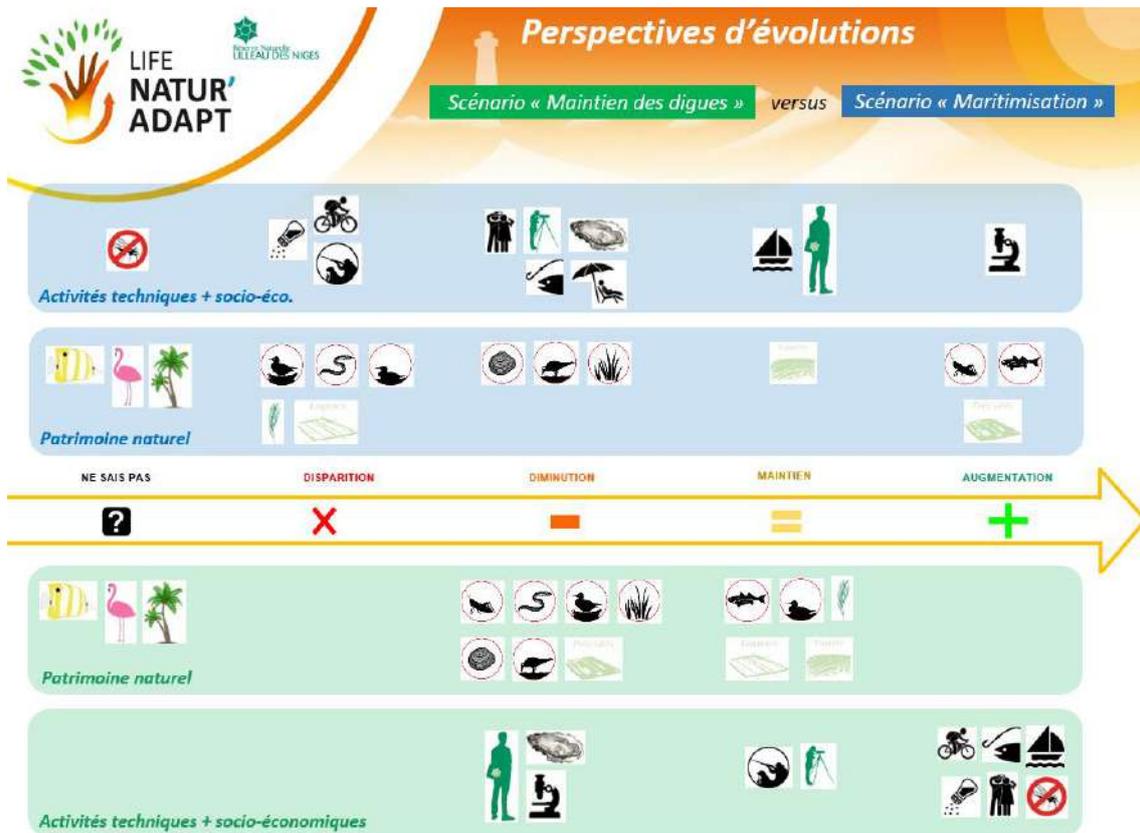


Figure 32 : Comparaison des perspectives d'évolution entre les scénarios

👉 Quelles CONSEQUENCES d'un point de vue biodiversité pour le site ?

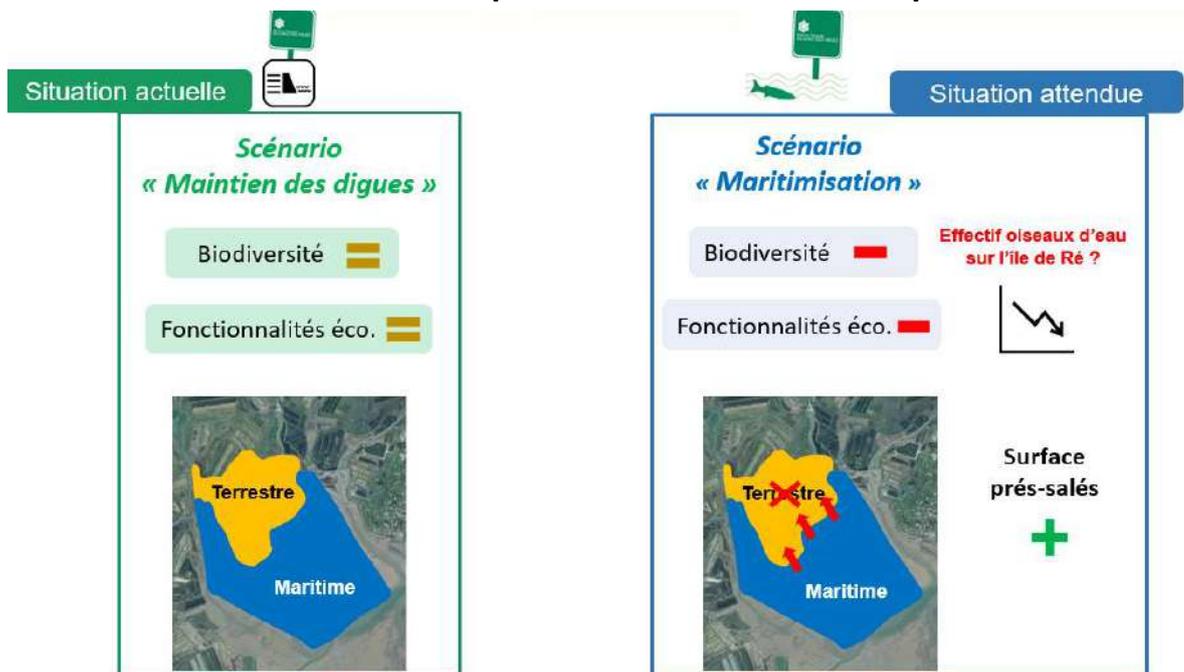


Figure 33 : Tendence d'évolution de la diversité biologique présente sur le site selon le scénario

Sans surprise, la maritimisation de l'ensemble de la réserve naturelle a pour conséquence directe la disparition de certains habitats et des fonctionnalités écologiques associés. Cela se traduit, inévitablement, par une diminution de la biodiversité du site.



Photo 6 : Stationnement de limicoles dans une des lagunes d'aire protégée © RNN Lilleau des Niges

### **« LES NOUVEAUX ARRIVANTS », sources de nouvelles pressions ?**

Il est communément admis aujourd'hui au sein de la communauté scientifique internationale que les espèces pour faire face au changement climatique peuvent y répondre (BELLARD et al., 2012):

- Dans le Temps (modification de la phénologie) ;
- De manière « interne » (évolutions physiologiques, comportementales) ;
- Dans l'espace (modification de l'aire de distribution).

L'arrivée de nouveaux arrivants sur la réserve naturelle est donc intimement lié au fait que certaines espèces pour faire face aux évolutions climatiques migrent et modifient leur aire de distribution. Pour certaines espèces, il pourrait s'agir d'une opportunité pour coloniser de nouveaux secteurs, devenus favorables sous l'influence du changement climatique. A l'inverse, pour d'autres, il s'agira de migrer

pour retrouver des conditions climatiques et environnementales favorables à leur survie, leur aire d'origine ne répondant plus à leur optimum écologique. L'expansion vers le nord d'espèces tempérées et tropicales s'observent déjà aujourd'hui, comme en témoigne l'arrivée récente de la libellule purpurine (*Thritemis annulata*) en Charente-maritime, espèce africaine ayant colonisée la péninsule ibérique ainsi que le Sud de la France à la faveur du réchauffement climatique (OTT, 2010 ; MENENDEZ, 2007).

Sur la réserve naturelle, devons-nous donc nous attendre dans les prochaines décennies à voir apparaître de nouvelles espèces d'oiseaux comme le Flamand rose par exemple, présent en France sur le littoral méditerranéen dans les lagunes et étangs aux eaux saumâtres peu profondes ? comme en atteste la présence d'un individu erratique cet automne 2020.



Photo 7 : Flamand rose observé dans les marais de l'île de Ré en automne 2020 © Lucas DEPLAINE



Les oiseaux, du fait de leurs déplacements migratoires sur de plus ou moins longues distances, sont des disperseurs naturels. Certains phytoplanctons d'origine tropicale, transportés par les oiseaux jusqu'en zones tempérées, réussissent désormais à survivre et à se développer hors de leur aire de répartition à la faveur du réchauffement climatique, comme en témoigne l'étude de CELLAMARE et al., 2010.

C'est également du côté du secteur maritime de la réserve naturelle que de nouveaux arrivants sont susceptibles de faire leur apparition. En effet, ces dernières décennies, le signalement d'espèces de poissons tropicales est en hausse constante dans les eaux françaises métropolitaines (DE CASAMAJOR M-N. et MORANDEAU G., 2013 ; QUERO et al., 2006). Bien que cette augmentation puisse s'expliquer par le développement des réseaux d'observation, la cause principale n'en reste pas moins le

réchauffement des eaux selon QUERO et al., 2006. Comme pour les espèces terrestres, on observe une expansion latitudinale des espèces marines en corrélation avec l'évolution des températures (OCCHIPINTI – AMBROGI, 2007 ; QUERO et al., 1998). Localement, le baliste capri (balistes capriscus), poisson subtropical inféodé au milieu récifal, est observé de plus en plus régulièrement dans les eaux littorales françaises (GAGER, 2015).

Dans ce contexte, se pose la question pour le gestionnaire de maintenir voir renforcer sa veille des espèces exotiques et adapter ses objectifs de gestion en conséquence.

## B. Comment nous nous y sommes pris ?

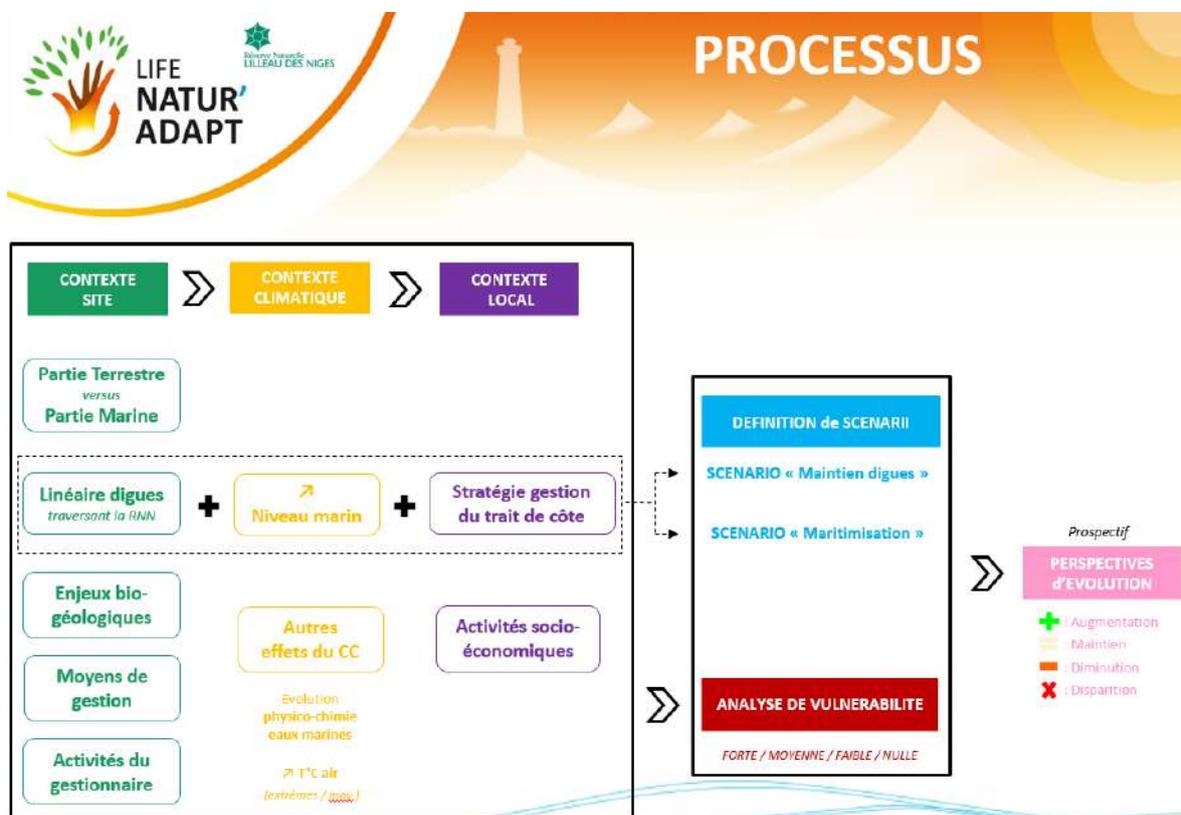


Figure 34 : Processus suivi pour définir les perspectives d'évolution par scénario

Le récit prospectif se base donc à la fois sur les éléments tirés de l'analyse du contexte local, du récit climatique et de l'analyse de vulnérabilité. **Il s'agit d'un exercice de synthèse** où le gestionnaire pose des hypothèses quant à la ou les trajectoires futures que pourraient suivre l'espace naturel dont il a la responsabilité dans un futur proche et/ou lointain, sous l'influence du changement climatique.

Cet exercice amène donc le gestionnaire à projeter son site dans le futur et lui faire prendre conscience, par la même occasion, de ce qui pourrait changer. Cela permet également d'amorcer la sensibilisation des acteurs et partenaires de la réserve, au fait que la physionomie de cet espace pourrait être bien

différente de ce qu'elle est aujourd'hui, avec toutes les conséquences que cela induit. Le récit prospectif n'est donc ni plus ni moins qu'un outil de sensibilisation des publics. Il permet d'amorcer et accompagner le changement de perception que peut avoir le gestionnaire lui-même ainsi que les acteurs locaux du site.

Dans un premier temps, les résultats de ce récit ont été partagés avec l'équipe de gestion, ajusté sur la base des remarques et commentaires. Dans un second temps, celui-ci a également fait l'objet d'une présentation à la DREAL, en tant qu'organisme de tutelle de la réserve naturelle et à d'autres partenaires de la réserve naturelle, comme la Communauté de communes de l'île de Ré.

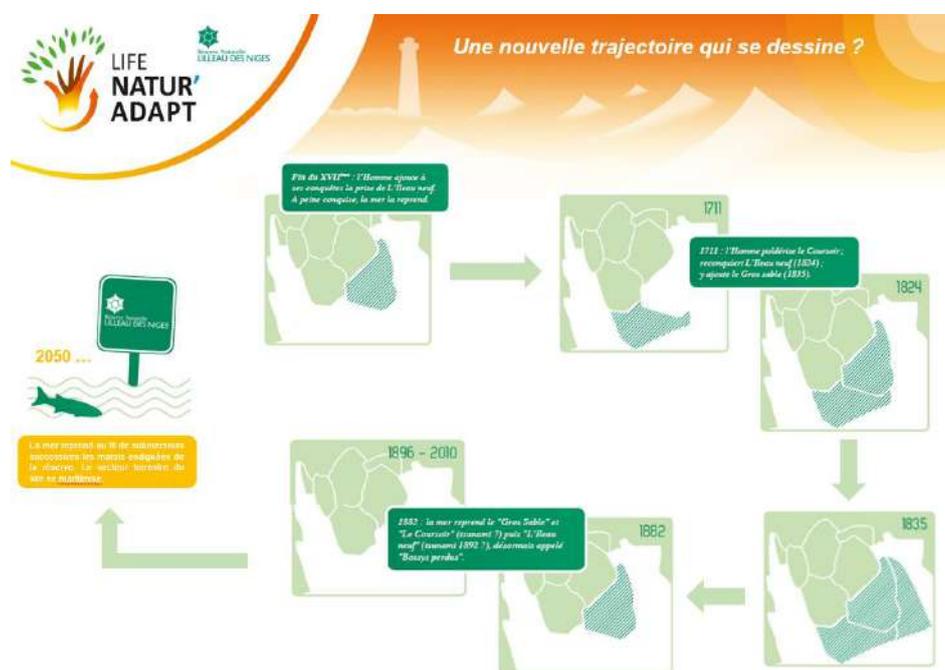
**Pour « anticiper » l'arrivée de nouveaux arrivants** sur la réserve naturelle, nous nous sommes basés en priorité sur de la bibliographie : publications portant sur la colonisation de nouvelles espèces dans la région, expliquée notamment par le changement climatique. Sur la base des éléments tirés de cette bibliographie, nous avons formulé des hypothèses, au regard de l'écologie de certaines espèces, comme le flamand rose, que l'on retrouve en France dans les étangs et lagunes peu profondes du littoral méditerranéen et qui pourrait éventuellement, retrouver des conditions environnementales favorables sous des latitudes similaires à celles de la réserve. Ces hypothèses purement prospectives n'engagent que le gestionnaire. Autrement dit, elles n'ont aucunes valeurs scientifiques in fine. Et c'est bien l'exercice de projection vers l'avenir qui veut ça.

**Ce récit constitue surtout le point de départ** sur lequel s'appuyer pour adapter la gestion du site face à ce nouveau contexte.

# CONCLUSION

C'est bien l'élévation du niveau marin, parmi les effets du changement climatique, qui semble être, à court ou moyen terme, la source des principales évolutions sur le site, dans sa physionomie, son aspect paysager et ses composantes biotiques et abiotiques. Le diagnostic confirme également la vulnérabilité de certains moyens et outils de gestion face au changement climatique. Pour la biodiversité du site, selon les perspectives d'évolution tracées par le gestionnaire, c'est l'uniformisation du milieu, liée à la maritimisation de la partie terrestre de la réserve naturelle et la perte des habitats associés, qui occasionne une baisse de la diversité biologique sur le périmètre en question. **Tout ceci participe au fait de questionner la gestion menée aujourd'hui sur l'aire protégée.** Enfin, le diagnostic de vulnérabilité nous apprend aussi que l'histoire du site, récente et lointaine, nous renseigne sur son avenir.

Au final, le changement climatique, conjugué à la stratégie du territoire en matière de prévention des risques naturels et plus spécifiquement du risque submersion marine, dessine une nouvelle trajectoire pour Lilleau des Niges, site classé en réserve naturelle nationale depuis maintenant 40 ans.



Alors que faire en tant que gestionnaire de cet espace naturel protégé ? Quelles réponses adopter ?  
Laisser faire, résister ou s'adapter ?

Hormis une entité de près de 137 hectares de marais dont la partie terrestre de la réserve naturelle, le territoire a, quant à lui, décidé, pour le moment, de résister, comme en atteste le réhaussement et/ou renforcement des infrastructures de défenses des côtes sur l'île de Ré.



# Projet LIFE Natur'Adapt

## Annexes

# ANNEXE 1

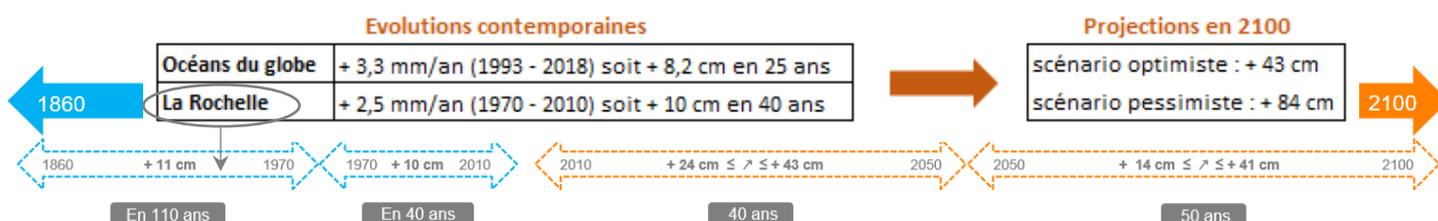
---

**4 fiches de synthèse** sur l'évolution des paramètres hydrologiques marins sous l'effet du changement climatique :

- Fiche Niveau marin
- Fiche pH eaux marines de surface
- Fiche Température eaux marines de surface
- Fiche salinité eaux marines de surface

# NIVEAU MARIN

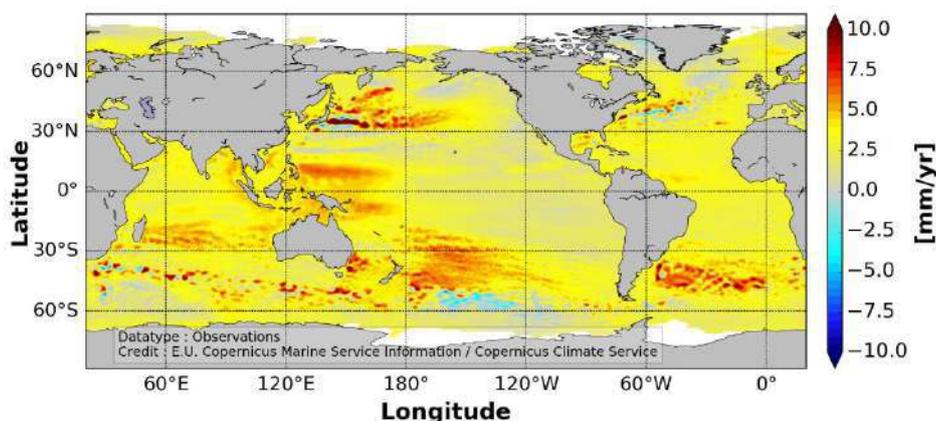
Hormis quelques localités, **le niveau marin est actuellement en hausse partout dans le monde**. C'est le cas notamment sur l'ensemble du littoral français métropolitain, comme à La Rochelle ou sur l'île d'Aix. La communauté scientifique (GIEC, ACCLIMATERRA) s'accorde pour dire que **cette tendance va se poursuivre au cours du XXIème siècle**.



## CONTEXTE GLOBAL - échelle planétaire

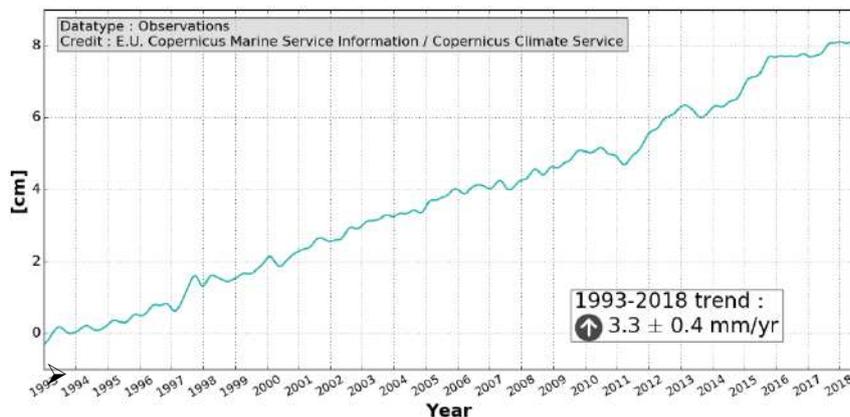
### ➤ Evolution contemporaine du niveau marin (Marine COPERNICUS) :

La hausse du niveau de la mer varie selon l'endroit où l'on se trouve dans le monde, comme en atteste la carte ci-dessous.



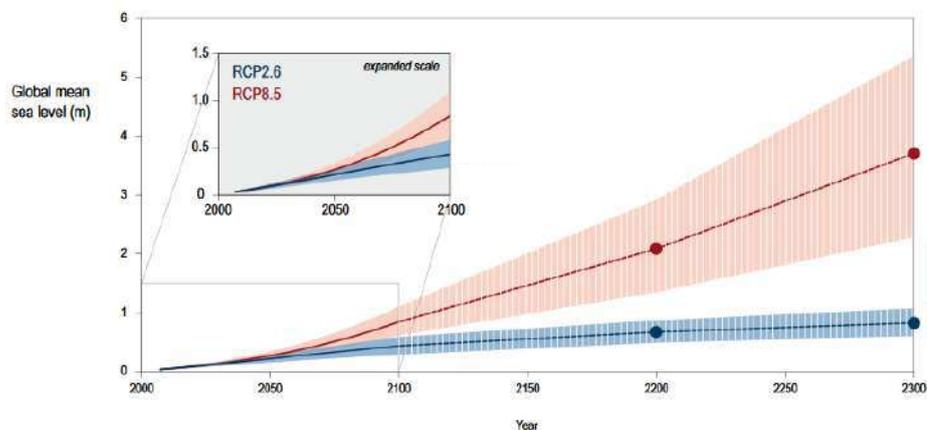
Carte 1 : Variations régionales de la vitesse moyenne d'évolution du niveau marin sur la période 1993 – 2018 à l'échelle du globe

Néanmoins, au global, à l'échelle de la planète, le niveau moyen des océans a augmenté à un rythme de l'ordre de 3,3 mm/an en moyenne depuis 1993, soit une élévation de 8,2 cm entre 1993 et 2018.



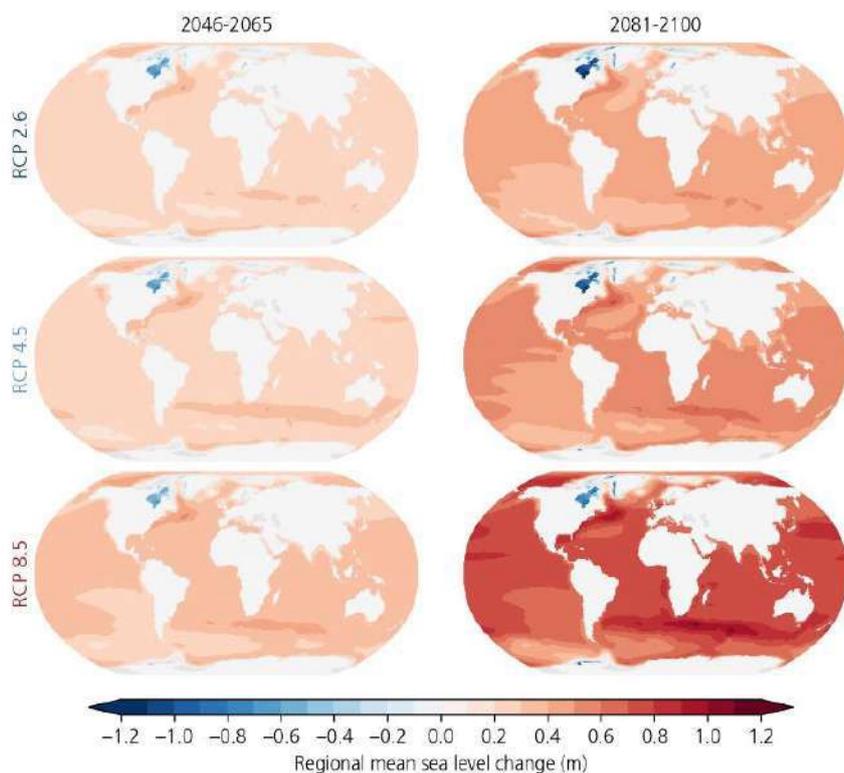
Graphique 1 : Evolution du niveau moyen des océans de la planète depuis 1993

➤ **Projections au cours du XXIème siècle (OPPENHEIMER et al., 2019) :**



Graphique 2 : Evolution du niveau moyen des océans de la planète projeté dans le futur

Selon des trajectoires d'émissions et de concentrations de gaz à effet de serre, d'ozone, d'aérosols, ainsi que d'occupation des sols baptisés RCP (« Representative Concentration Pathways » ou « Profils représentatifs d'évolution de concentration »), les scientifiques du GIEC projettent à l'horizon 2100 une **hausse moyenne du niveau des océans de la planète comprise entre 43 et 84 cm par rapport à la période de référence 1986 – 2005**. Dans son rapport sur la cryosphère et les océans datant de 2019, le GIEC projette également la poursuite de l'élévation du niveau marin jusqu'à l'horizon 2300.



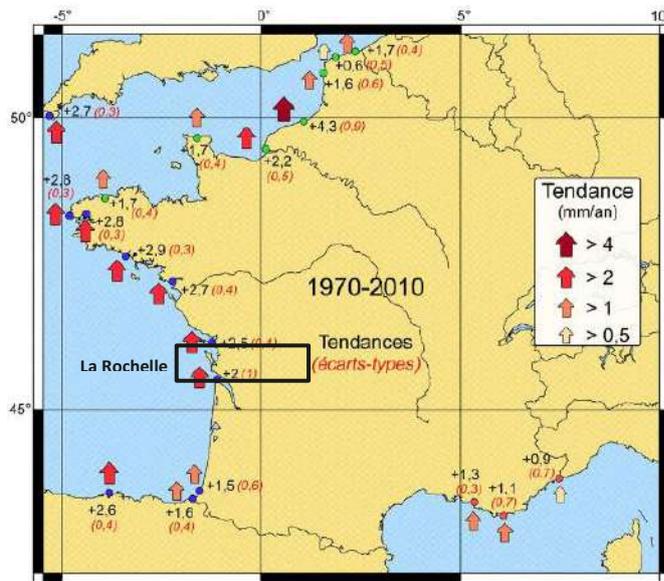
Carte 2 : Projections dans le futur de l'évolution du niveau des océans sur la planète dans 3 cas de figures :

- Scénario optimiste : RCP 2.6
- Scénario pessimiste : RCP 8.5
- Scénario « médian » : RCP 4.5

Selon le scénario RCP, autrement dit selon l'évolution future de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la hausse du niveau marin sera plus ou moins rapide à l'échelle du siècle à venir. Comme pour ce qui a été mesuré sur les dernières décennies (voir partie « évolution contemporaine »), le niveau marin évolue de manière disparate à l'échelle du globe : hausse plus ou moins rapide selon les régions du globe ou baisse pour quelques localités situées à proximité des pôles comme la baie d'Hudson en Amérique du Nord.

## CONTEXTE LOCAL - échelle du territoire

### ➤ Evolution contemporaine du niveau marin (GORIOU, 2012) :



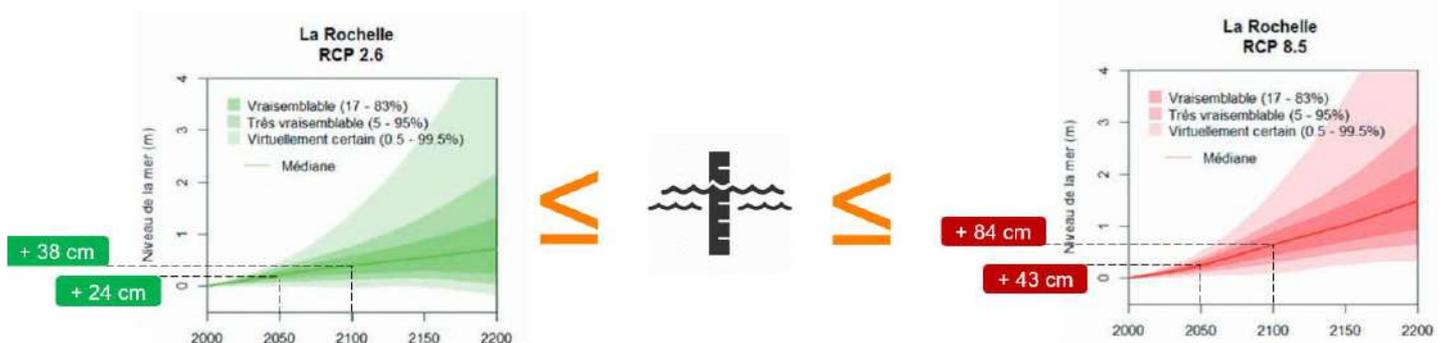
Carte 3 : Evolution du niveau moyen de la mer sur le littoral de France métropolitaine sur la période 1970 - 2010

	Tendance (mm/an)	Ecart-type (mm/an)
1863 - 2010	+ 1,41	0,09
1863 - 1973	+ 1,1	0,2
1973 - 2010	+ 2,6	0,4

Tableau 1 : Evolution du niveau moyen de la mer à La Rochelle depuis le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle

Sur la base de 2,5 mm/an, le niveau de la mer à La Rochelle s'est élevé de 10 cm en 40 ans entre 1970 et 2010. Comparé aux tendances passées (énoncées dans le tableau 1), le phénomène de hausse du niveau marin à La Rochelle semble s'accélérer depuis les années 1970.

### ➤ Projections au cours du XXIème siècle (CASTELLE et al., 2018) :



Graphique 3 : Projection dans le futur de l'évolution du niveau moyen de la mer à La Rochelle

Dans son dernier rapport, les scientifiques d'ACCLIMATERRA (comité scientifique régional sur le changement climatique de Nouvelle-Aquitaine) estiment que les résultats de ces projections sur La Rochelle sont similaires à ceux annoncés par le GIEC. Localement, à l'horizon 2100, la hausse du niveau marin à La Rochelle serait donc également comprise, ou du moins sensiblement, entre + 43 cm (scénario RCP 2.6 dit « optimiste ») et + 84 cm (scénario RCP 8.5 dit « pessimiste »).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**CASTELLE B., ABADIE S., BERTIN X., CHAUMILLON E., LE COZANNET G., LONG N., ROCLE N. et SOTTOLICHIO A., 2018.** Modifications physiques du littoral. IN : Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine pour agir dans les territoires. ACCLIMATERRA, pp. 305 – 329.

**GORIOU, 2012.** Evolution des composantes du niveau marin à partir d'observations de marégraphie effectuées depuis la fin du 18<sup>ème</sup> siècle en Charente-Maritime. Thèse de doctorat : Océanographie physique. La Rochelle, pp. 394 – 442.

**MARINE COPERNICUS** : <http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean-monitoring-indicators/catalogue/>

**OPPENHEIMER M., GLAVOCIC B.C., HINKEL J., VAN DE WAL J., MAGNAN A.K., ABD-ELGAWAD A., CAI R., CIFUENTES-JARA M., DECONTO R.M., GHOSH T., HAY J., ISLA F., MARZEION B., MEYSSIGNAC B. et SEBESVARI Z., 2019.** Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 126 p.

# pH

## EAUX MARINES DE SURFACE

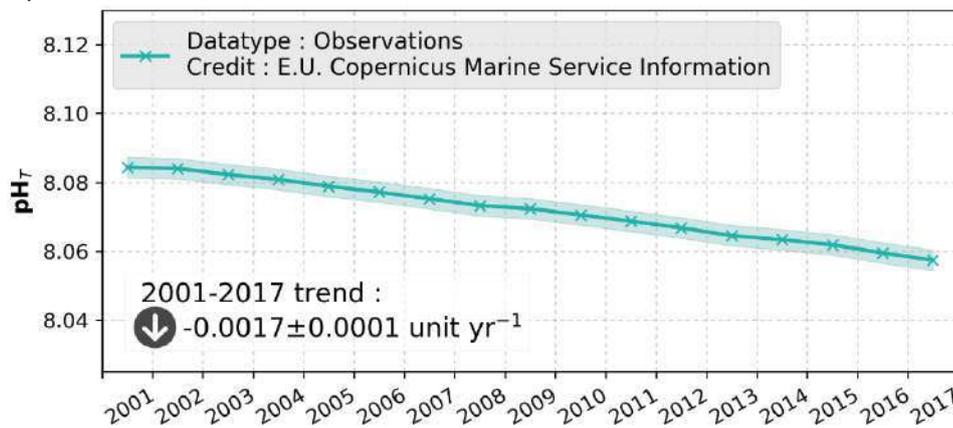
Le pH des eaux océaniques de surface de la planète diminue, conséquence directe, selon le GIEC, de l'absorption par les océans d'une quantité importante de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Cela se vérifie sur le littoral atlantique français, comme à Arcachon et à Brest. La communauté scientifique s'accorde pour dire que cette tendance va se poursuivre au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle.

Evolutions contemporaines		Projections en 2100	
Globale planète	- 0,027 en 16 ans (2001 - 2017)	scénario optimiste (RCP 2.6) : - 0,065	scénario pessimiste (RCP 8.5) : - 0,315
Bassin d'Arcachon	- 0,22 en 22 ans (1997 - 2019)		
Rade de Brest	- 0,29 en 17 ans (2002 - 2019)		
Pertuis d'Antioche	- 0,06 en 7 ans (2012 - 2019)		

### CONTEXTE GLOBAL - échelle planétaire

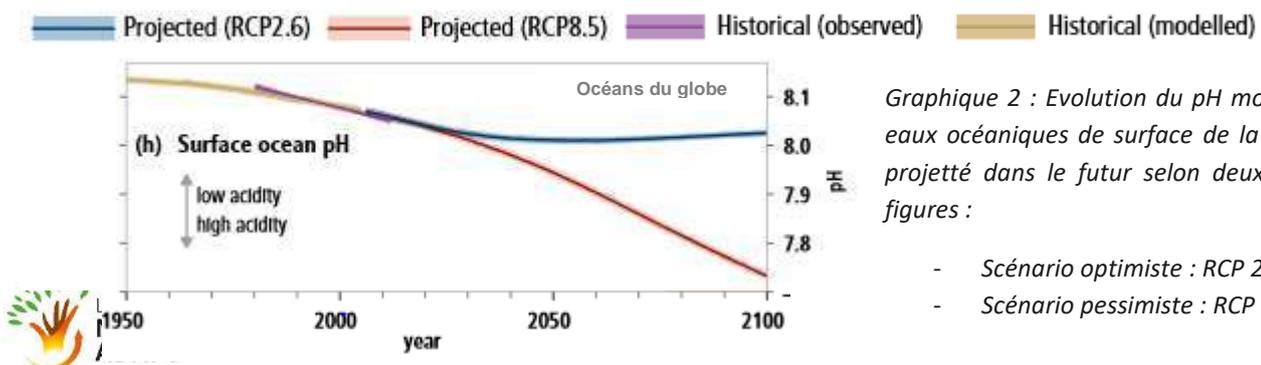
#### ➤ Evolution contemporaine du pH (Marine COPERNICUS) :

Depuis l'année 2001, le pH moyen des eaux de surface des océans de la planète diminue à un rythme de 0,0017 par an (+/- 0,0001). Cette baisse continue depuis plus de 15 ans traduit une acidification des océans à l'échelle de la planète.



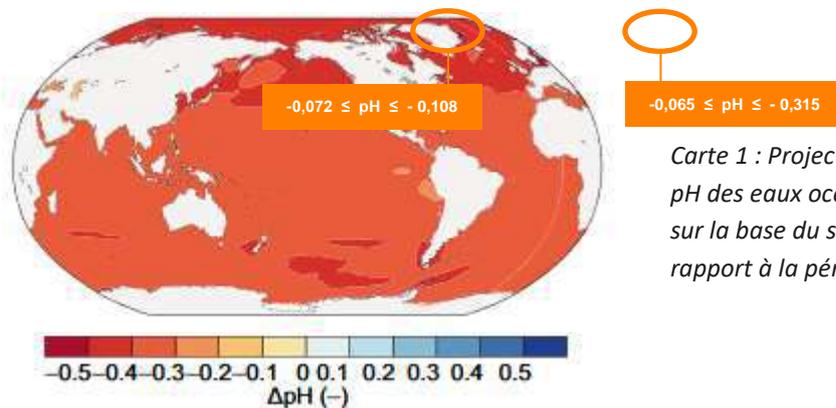
Graphique 1 : Evolution du pH moyen à la surface des océans à l'échelle de la planète depuis 1991

#### ➤ Projections au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle (BINDOFF et al., 2019) :



Graphique 2 : Evolution du pH moyen des eaux océaniques de surface de la planète projetée dans le futur selon deux cas de figures :

- Scénario optimiste : RCP 2.6
- Scénario pessimiste : RCP 8.5

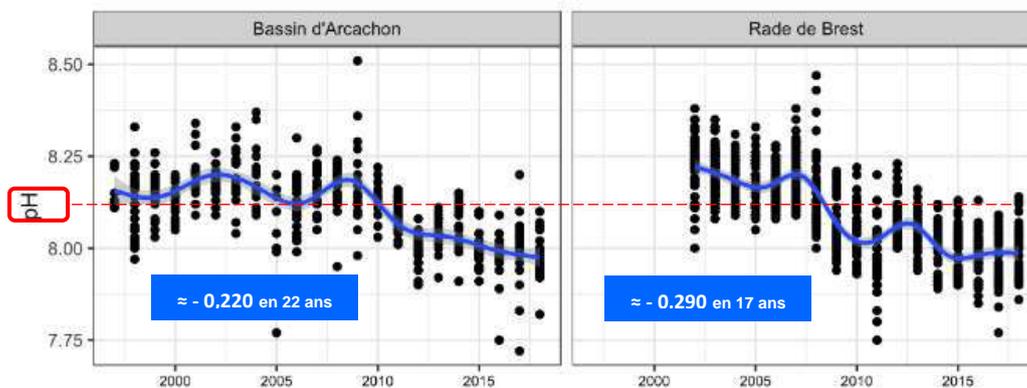


Carte 1 : Projection à l'horizon 2100 de la variation du pH des eaux océaniques de surface de la planète sur la base du scénario pessimiste : RCP 8.5 par rapport à la période de référence 1986 - 2005

D'après le rapport du GIEC de 2019 sur la cryosphère et les océans, le pH des eaux océaniques de surface, projeté à l'horizon 2100 sur la base du scénario pessimiste, baisserait davantage dans l'hémisphère Nord dans un même laps de temps.

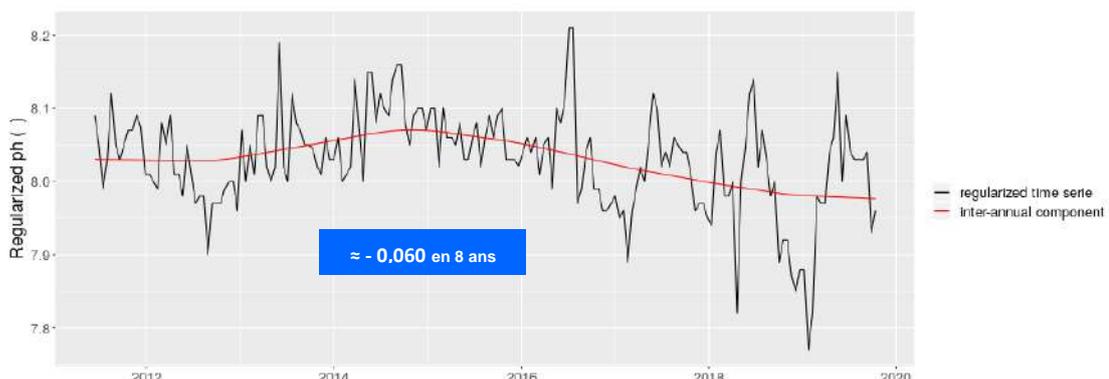
## CONTEXTE LOCAL - échelle du territoire

### ➤ Evolution contemporaine du pH (POUVREAU, 2019) :



Graphique 3 : Evolution du pH moyen annuel des eaux marines de subsurface en Rade de Brest et dans le Bassin d'Arcachon

Le pH des eaux marines en subsurface (0 à 1 m de profondeur) sur ces deux secteurs du littoral atlantique français évolue à la baisse. Actuellement, le pH moyen annuel du Bassin d'Arcachon et de la Rade de Brest est passé sous la barre symbolique des 8.0 de pH.



Graphique 4 : Evolution du pH des eaux marines de subsurface dans le Pertuis d'Antioche

(Source : Réseau SOMLIT : Service d'Observation en Milieu Littoral)

Projet LIFE Natur'Adapt : diagnostic de vulnérabilité

Contrairement aux sites de Brest et du bassin d'Arcachon, la tendance à la baisse du pH dans le Pertuis d'Antioche (entre l'île de Ré et l'île d'Oléron) semble moins marquée. A noter, toutefois, que le recul dont dispose les scientifiques sur ce site se limite à 8 années de données, acquises en continue depuis juin 2011. Il sera donc intéressant, à l'avenir, de suivre l'évolution dans le temps du pH moyen des eaux marines de surface du Pertuis d'Antioche, de manière à valider les premiers résultats exposés par le graphique ci-avant.

➤ **Projections au cours du XXIème siècle (POUVREAU, 2019) :**

D'après POUVREAU, 2019, la projection, à l'échelle régionale, de l'évolution du pH au cours du siècle est particulièrement incertaine. C'est ce qui peut expliquer pourquoi à ce jour, le pH des eaux marines de surface n'est projeté dans le futur qu'à l'échelle des océans de la planète.

Toutefois, sur la base des évolutions constatées ces dernières années sur la façade atlantique française ainsi que des projections futures à l'échelle du globe, il est possible de formuler l'hypothèse selon laquelle le pH de l'eau de mer dans les Pertuis charentais devrait s'abaisser à l'avenir.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**BINDOFF N.L., CHEUNG W.W.L., KAIRO J.G., ARISTEGUI J., GUINDER V.A., HALLBERG R., HILMI N., JIAO N., KARIM M.S., LEVIN L., O'DONOGHUE S., PURCA CUICAPUSA S.R., RINKEVITCH B., SUGA T., TAGLIABUE A. et WILLIAMSON P., 2019.** Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 142 p.

**MARINE COPERNICUS :** <http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean-monitoring-indicators/catalogue/>

**POUVREAU S., 2019.** Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de l'huître creuse en France : le Réseau Velyger. Rapport annuel 2018. IFREMER, pp. 16 – 30.

# T°C

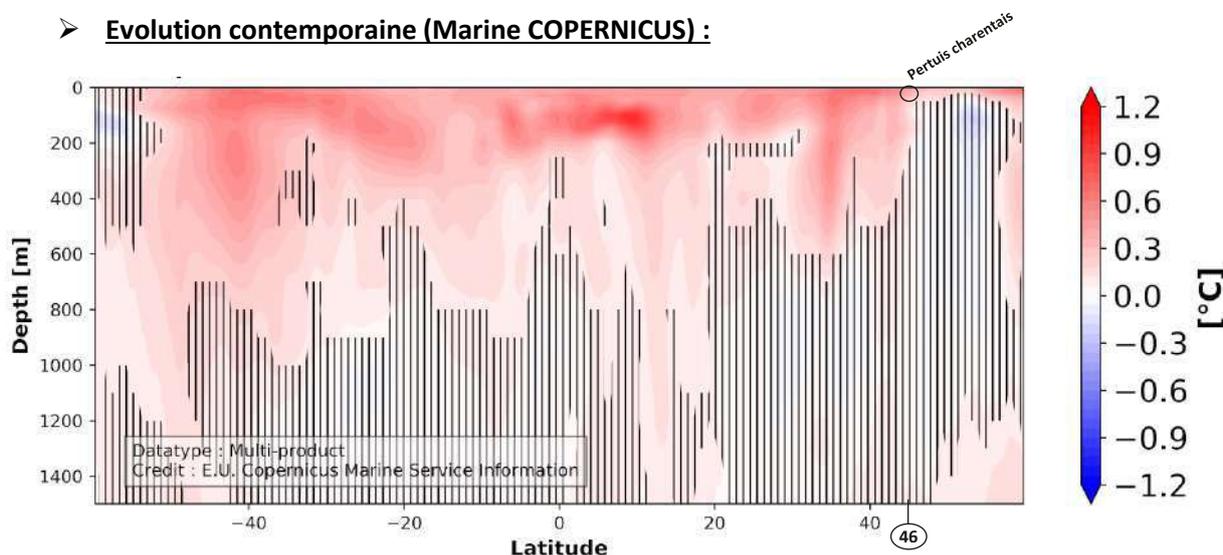
## EAUX MARINES DE SURFACE

**L'ensemble des eaux océaniques** (de surface et de la colonne d'eau) **de la planète se réchauffe**. Cela se vérifie localement dans les Pertuis charentais et notamment dans le bassin de Marennes Oléron. La communauté scientifique s'accorde pour dire que **cette tendance va se poursuivre au cours du XXIème siècle, à l'échelle des océans et mers du globe**.

Evolutions contemporaines		Projections en 2100
Globale planète	↗ (1993 - 2017) variable selon la localité	scénario optimiste (RCP 2.6) : + 0,73°C scénario pessimiste (RCP 8.5) : + 2,58°C
Nord bassin Marennes Oléron - station Boyard	+ 1,5°C	↗ de ??? °C
Sud bassin Marennes Oléron - station Auger	+ 1,2°C	

### CONTEXTE GLOBAL - échelle planétaire

#### ➤ Evolution contemporaine (Marine COPERNICUS) :

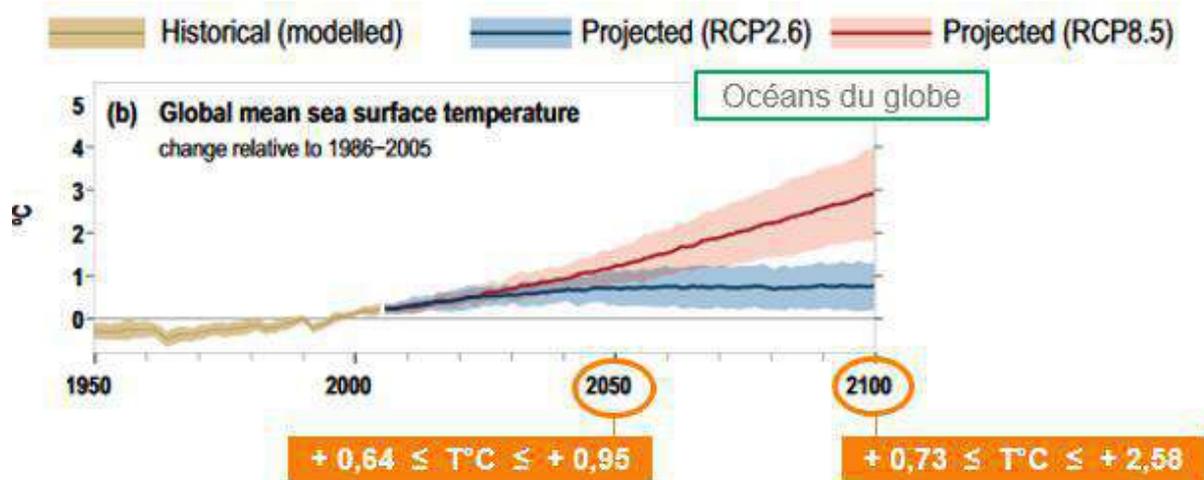


Graphique 1 : Evolution de la température de l'eau de mer selon la profondeur et la latitude sur la période 1993 - 2017

Les parties hachurées du graphique ci-dessus correspondent aux résultats pour lesquels les scientifiques jugent qu'il existe une certaine incertitude. Ces données sont donc qualifiées de moins robustes. A noter, qu'il s'agit essentiellement de l'évolution des températures de l'eau de mer à de fortes profondeurs. Concernant les températures des eaux océaniques proches de la surface (premiers mètres de la colonne d'eau), ce niveau d'incertitude ne semble pas exister. Elles sont, d'ailleurs, toutes à la hausse sur la période donnée et ce, quelque soit la latitude considérée. Seule l'ampleur de cette augmentation varie selon la localité.

Les pertuis charentais se situent approximativement à une latitude comprise entre 45,5° et 46,5°. D'après le graphique, et par extrapolation, il est possible d'affirmer que la température des eaux marines de surface dans les Pertuis charentais a augmenté entre 1993 et 2017. Ce résultat est corroboré par une étude récente de l'IFREMER, réalisée à l'échelle du bassin de Marennes Oléron et dont les conclusions sont présentées dans la suite de ce document.

➤ **Projections au cours du XXIème siècle (BINDOFF et al., 2019) :**

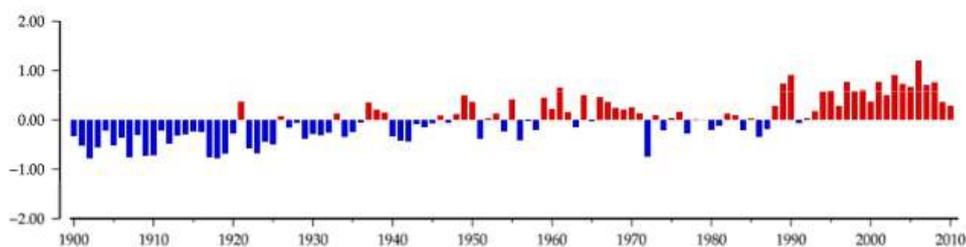


Graphique 2 : Variation moyenne de la température des eaux océaniques de surface de la planète depuis 1950 et projeté dans le futur selon deux cas de figures : scénario optimiste : RCP 2.6 et scénario pessimiste : RCP 8.5

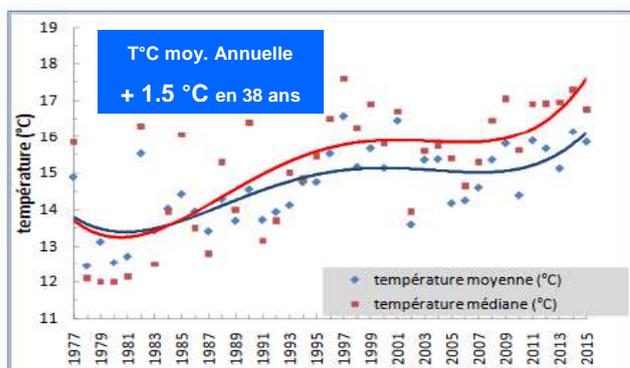
Quel que soit le scénario, les scientifiques du GIEC projettent la poursuite du réchauffement des eaux océaniques de surface de la planète au cours des décennies à venir. L'ampleur de cette hausse dépend du scénario que l'humanité empruntera à l'avenir : baisse, stagnation, hausse des émissions de gaz à effet de serre dues aux activités anthropiques.

## CONTEXTE LOCAL - échelle du territoire

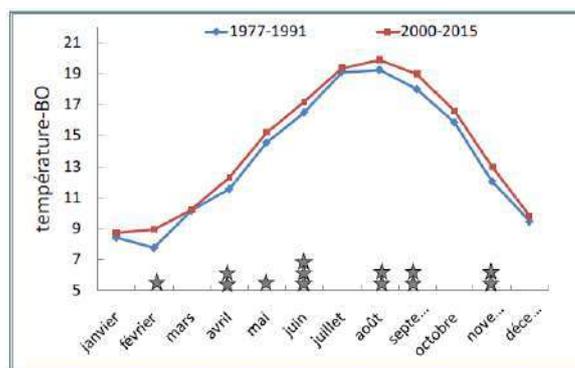
➤ **Evolution contemporaine (SOLETCHNIK et al., 2017 ; POUVREAU, 2012) :**



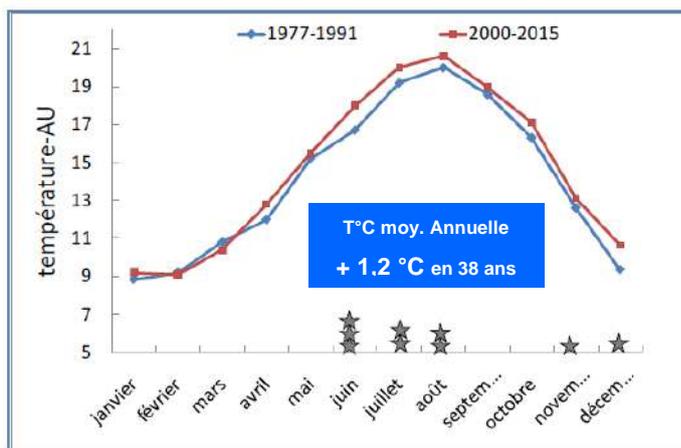
Graphique 3 : Anomalie thermique de l'eau de mer de surface dans le bassin de Marennes Oléron (Pertuis Charentais) par rapport à la moyenne sur la période 1961 – 1990 (POUVREAU, 2012)



Graphique 4 : Evolution des températures moyennes annuelles (courbe bleue) de l'eau de mer dans le bassin de Marenne Oléron – station Boyard depuis 1977 jusqu'en 2015 (SOLETCHNIK et al., 2017)



Graphique 5 : Evolution des températures médianes mensuelles de l'eau de mer dans le bassin de Marenne Oléron – station Boyard depuis 1977 jusqu'en 2015 (SOLETCHNIK et al., 2017)



Graphique 6 : Evolution des températures médianes mensuelles de l'eau de mer dans le bassin de Marenne Oléron – **station Auger** depuis 1977 jusqu'en 2015 (SOLETCHNIK et al., 2017)

### ➤ Projections au cours du XXIème siècle :

Comme pour d'autres paramètres océanographiques tels que le pH ou la salinité, il n'existe pas à ce jour de projections régionalisées à l'échelle des façades maritimes françaises concernant la température des eaux marines de surface. Toutefois, au regard des éléments énoncés précédemment, il est possible d'émettre l'hypothèse selon laquelle la hausse de la température des eaux marines de surface des Pertuis charentais devrait se poursuivre au cours des décennies à venir.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BINDOFF N.L., CHEUNG W.W.L., KAIRO J.G., ARISTEGUI J., GUINDER V.A., HALLBERG R., HILMI N., JIAO N., KARIM M.S., LEVIN L., O'DONOGHUE S., PURCA CUICAPUSA S.R., RINKEVITCH B., SUGA T., TAGLIABUE A. et WILLIAMSON P., 2019.** Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 142 p.

**MARINE COPERNICUS :** <http://marine.copernicus.eu/science-learning/ocean-monitoring-indicators/catalogue/>

**POUVREAU S., 2012.** Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de l'huître creuse en France : le Réseau Velyger. Rapport annuel 2011. IFREMER, pp. 15 – 30.

**SOLETCHNIK P., LE MOINE O. et POLSENAERE P., 2017.** Evolution de l'environnement hydroclimatique du bassin de Marennes Oléron dans le contexte du changement global. IFREMER – LERPC, 50 p.

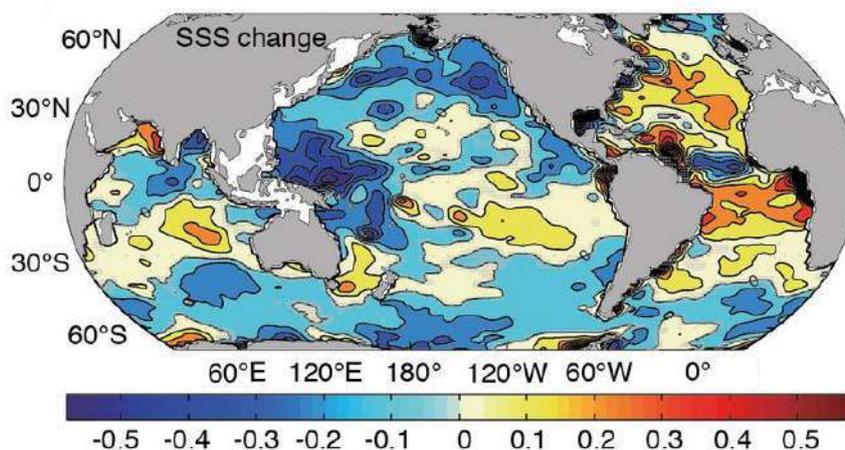
# SALINITE

## EAUX MARINES DE SURFACE

A l'échelle du globe, la salinité des eaux océaniques de surface varie à la hausse ou à la baisse selon la localité. L'augmentation de la salinité touche plus spécifiquement l'océan atlantique. Ce phénomène se vérifie localement dans les Pertuis charentais et notamment dans le bassin de Marennes Oléron.

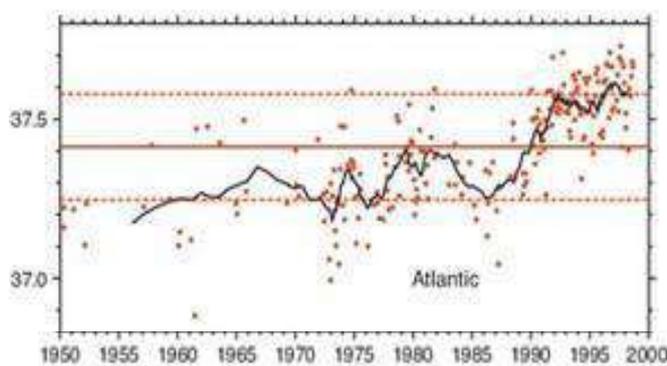
### CONTEXTE GLOBAL - échelle planétaire

- Evolution contemporaine (GORDON et al., 2008 ; HELM et al., 2010 ; RHEIN et al., 2013) :



Carte 1 : Evolution de la salinité moyenne des eaux océaniques de surface sur la période 1950 – 2008 (RHEIN et al., 2013)

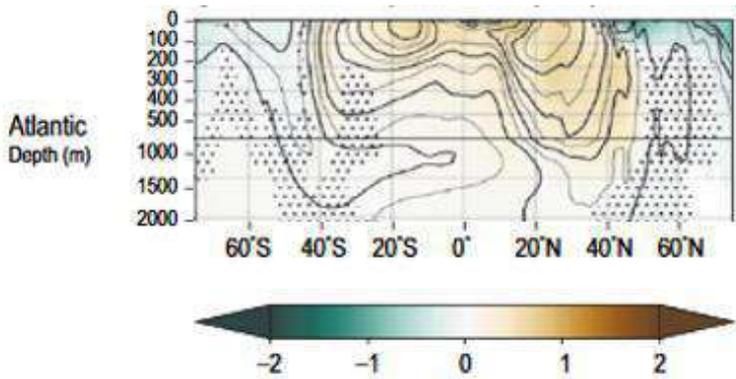
D'après la carte ci-dessus, la salinité moyenne des eaux océaniques de surface a évolué en 58 ans soit à la hausse soit à la baisse selon la localité étudiée. **L'océan atlantique est celui qui semble avoir observé la plus forte hausse de salinité de ses eaux de surface.** Ce résultat est corroboré par une étude scientifique portant spécifiquement sur l'océan atlantique, et illustré par le graphique ci-dessous.



Graphique 1 : Evolution de la salinité moyenne de la zone subtropicale de l'océan atlantique Nord de 1950 jusqu'en 2000 (GORDON et al., 2008)

HELM et al., 2010 ont également démontré que la salinité de la couche d'eau la plus proche de la surface (jusqu'à 100 m) de l'océan atlantique a augmenté en moyenne de 0,17 sur la période 1970 – 2005.

➤ **Projections au cours du XXIème siècle (BINDOFF et al., 2019) :**

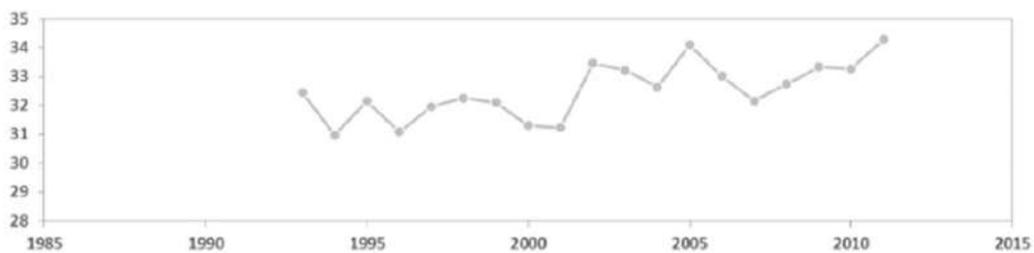


Graphique 2 : **Projection à l'horizon 2100 pour l'océan atlantique** de la variation de la salinité des eaux océaniques à différentes profondeurs sur la base du **scénario pessimiste : RCP 8.5** par rapport à la période de référence 1986 - 2005

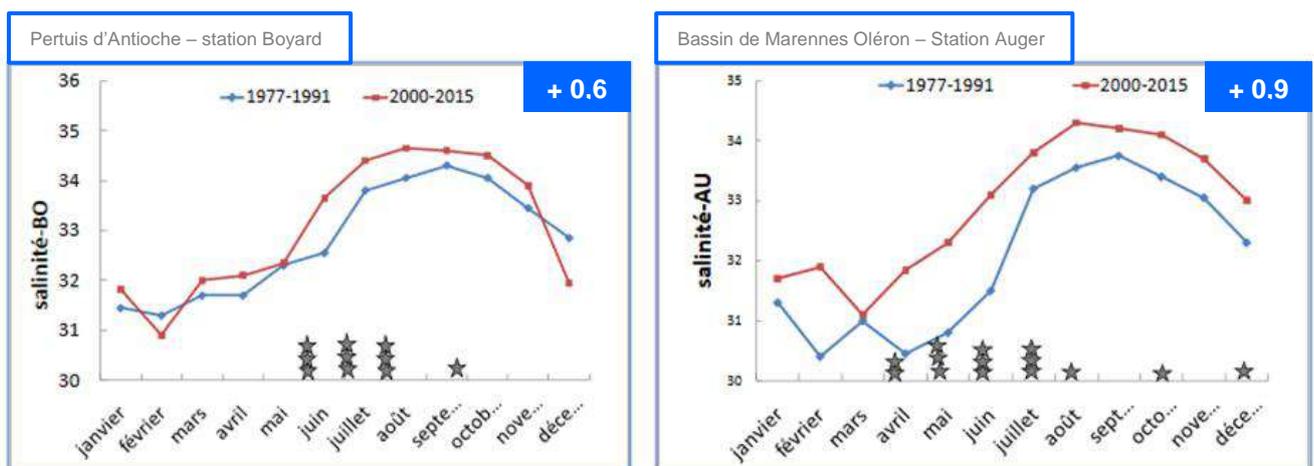
D'après les scientifiques du GIEC dans le dernier rapport sur les Océans (2019), la hausse de la salinité, dans le cas du scénario le plus pessimiste, toucherait les eaux océaniques comprises entre l'équateur et les 40 ° de latitude Nord et Sud et ce, quelque soit la profondeur.

## CONTEXTE LOCAL - échelle du territoire

➤ **Evolution contemporaine (SOLETCHNIK et al., 2017 ; POUVREAU, 2013) :**



Graphique 3 : **Evolution de la salinité moyenne annuelle de l'eau de mer dans les Pertuis charentais (station de Boyard) depuis les années 1990 (POUVREAU, 2013)**



Graphique 4 : **Comparaison entre deux périodes de la salinité médiane mensuelle de l'eau de mer sur deux localités des Pertuis charentais (SOLETCHNIK et al., 2017)**

Une des causes avancé par SOLECHNIK et al., 2017 pour expliquer localement la hausse de la salinité dans les Pertuis charentais est la baisse constatée des débits des fleuves tels que la Charente : - 18% entre les deux périodes (1977 – 1991 et 2000 – 2015), soumis pour l’essentiel à un régime pluvial et donc directement lié aux précipitations ; dont la quantité peut être impactée par le changement climatique. Localement, cette baisse des débits se traduit donc par une diminution des apports en eau douce dans les Pertuis charentais, qui, par voie de conséquence, fait varier la salinité : à la hausse dans le cas présent.

A l’échelle des océans, les scientifiques du GIEC explique la variation de la salinité des eaux océaniques de surface par la différence entre les précipitations et l’évaporation. Pour une zone océanique donnée et des précipitations inchangées, une hausse de l’évaporation se traduit par une hausse de la salinité de l’eau de mer. Cela signifie donc que les causes de variation de la salinité, bien que toujours imputé au changement climatique, dépend de la localité étudiée (sur le littoral, en pleine mer) et de son contexte.

➤ **Projections au cours du XXIème siècle :**

Comme pour d’autres paramètres océanographiques tels que le pH ou la température, il n’existe pas à ce jour de projections régionalisées à l’échelle des façades maritimes françaises concernant la salinité des eaux océaniques.

Comme annoncé précédemment, localement, l’évolution de la salinité dépend de comment évoluera à l’avenir le débit des principaux fleuves, responsables de la majeure partie des apports en eau douce dans les Pertuis charentais. D’après SOLTECHNIK et al., il s’agit de la Loire, Garonne, Dordogne, et Charente, des fleuves pour lesquels la projection dans le futur de leurs débits, fournie par le service climatique SWICCA, varient (à la hausse ou à la baisse) selon le scénario et ce, quelque soit l’horizon de temps (2050, 2100).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BINDOFF N.L., CHEUNG W.W.L., KAIRO J.G., ARISTEGUI J., GUINDER V.A., HALLBERG R., HILMI N., JIAO N., KARIM M.S., LEVIN L., O'DONOGHUE S., PURCA CUICAPUSA S.R., RINKEVITCH B., SUGA T., TAGLIABUE A. et WILLIAMSON P., 2019.** Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 142 p.

**DURACK P.J. et WIJFFELS S.E., 2010.** Fifty year trends in global ocean salinities and their relationship to broadscale warming. *Journal of Climate*, 23, pp. 4342 – 4362.

**GORDON A.L. et GIULIVI C.F., 2008.** Sea surface salinity trends : over fifty years within the subtropical North atlantic. *Oceanography*, 21, 10 p.

**HELM K.P., BINDOFF N.L. et CHURCH J.A., 2010.** Changes in the global hydrological cycle inferred from ocean salinity. *Geophysical Research Letters*, 37, 5 p.

**POUVREAU S., 2013.** Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de l'huître creuse en France : le Réseau Velyger. Rapport annuel 2012. IFREMER, pp. 15 – 30.

**RHEIN M., RINTOUL S.R., AOKI S., CAMPOS E., CHAMBERS D., FEELY R.A., GULEV S., JOHNSON G.C., JOSEY S.A., KOSTIANOV A., MAURITZEN C., ROEMMICH D., TALLEY L.D. et WANG F., 2013.** Observations : Ocean. In: Climate Change 2013 : The Physical Science Basis [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.)], 60 p.

**SOLECHNIK P., LE MOINE O. et POLSENAERE P., 2017.** Evolution de l'environnement hydroclimatique du bassin de Marennes Oléron dans le contexte du changement global. IFREMER – LERPC, 50 p.

## ANNEXE 2

---

- **Guide d'entretien**
- Compte-rendu d'entretien avec un représentant de **l'Association des producteurs de sel marin de l'île de ré**
- Compte-rendu d'entretien avec un représentant de la **Coopérative des sauniers de l'île de Ré**
- Compte-rendu d'entretien avec un représentant du **Cercle Nautique d'Ars-en-Ré**
- Compte-rendu d'entretien avec un représentant de **l'Association pêche à pied de l'île de ré**
- Compte-rendu d'entretien avec un représentant du **service Démoustication département Charente-maritime**

## Personne interviewée :

NOM Prénom : .....

Fonction : .....

Structure : .....

Secteur d'activité : .....

Email : .....

Numéro de téléphone : .....

Date de l'entretien : .... / .... / 2020

Durée de l'entretien : ....

## Pourquoi vous solliciter ?

- **RAPPEL CONTEXTE :** La RNN Lilleau des Niges (LPO) est engagée comme site pilote dans un projet européen « NaturAdapt » qui pose la question de l'adaptation de la gestion des ENP au changement climatique
- **OBJECTIF 1 :** Souhait de la RNN de **recueillir** auprès des principaux acteurs socio-économiques (des marais) de l'île de Ré, en lien avec la réserve, leur perception du changement climatique, de la vulnérabilité de leur activité au changement climatique.
- **OBJECTIF 2 :** **Partager et communiquer** aux acteurs socio-économiques les résultats sur les évolutions climatiques observées jusqu'à aujourd'hui et celles projetées demain jusqu'à la fin du siècle à l'échelle locale (île de ré et Pertuis charentais)

## Comment sera valorisé/utilisé ce qui se sera dit lors de cet entretien ?

- Dans le diagnostic prospectif de la Réserve naturelle – « *La Réserve naturelle, dans le futur ?* », qui devrait intégrer le nouveau plan de gestion du site
- Souhaitez-vous, en retour, que vous soit transmis ce document ? (*délai : Automne 2020*)

## PRESENTATION de l'acteur et de son activité (5 minutes)

## Questions INTRODUCTIVES :

Avez-vous des liens avec la réserve naturelle et son équipe (selon l'acteur, sous-entendu la profession et/ou la personne interviewée) ? OUI / NON

**Si NON**, pourquoi, selon vous ?

**Si OUI**, quelle est la nature des liens que vous entretenez avec la réserve naturelle ?

- Fréquence de vos échanges ?
- A quelles occasions ?
- Comment caractériseriez-vous la qualité de ces liens ? Conflictuel / Professionnel / Amicale  
*(suggestions en cas de difficultés de l'interviewé à apporter une réponse)*

## Questions CHANGEMENT CLIMATIQUE :

1. Quels mots vous viennent à l'esprit quand on parle de changement climatique ?
2. Avez-vous des exemples de conséquences du changement climatique sur le territoire ?

## Questions CHANGEMENT CLIMATIQUE - ACTIVITE SOCIO. ECONOMIQUE :

1. Localement, avez-vous perçu des effets du CC sur votre activité jusqu'à aujourd'hui ? OUI / NON / NE SAIT PAS

**Si OUI** : Lequel ou lesquels ?

Avez pris des mesures pour faire face à ces effets ?

Si OUI, quelle(s) mesure(s) ?

Si NON, pourquoi ?

2. Pensez-vous que le changement climatique puisse impacter dans le futur (décennies à venir) directement ou indirectement votre activité ? OUI / NON / NE SAIT PAS

**Si OUI** - Comment ?

Envisagez-vous d'adapter votre activité pour faire face à ces impacts ?

Si OUI, quelles mesures sont envisagées ?

Si NON, pourquoi ?

**Si NON**, pourquoi ?

3. Comment jugez-vous la vulnérabilité de votre activité au changement climatique ?

NULLE / FAIBLE / MOYENNE / FORTE + Commentaires

4. Selon vous, dans le futur (décennies à venir – futur proche / lointain), comment pourrait évoluer votre activité (dans le contexte des changements globaux) ?

- Scénario –
- Scénario +

### **Questions CHANGEMENT CLIMATIQUE – RESERVE NATURELLE :**

1. Avez-vous connaissance d'impacts du CC sur la nature ? OUI / NON

**Si OUI**, des exemples ?

2. Avez-vous une idée de comment pourrait être impactée la réserve naturelle par le changement climatique ? OUI / NON

**Si OUI**, expliciter

3. Selon vous, est-ce que la réserve naturelle est une plus-value sur le territoire pour lutter contre le CC ?

**Si OUI**, laquelle ou lesquelles ?

**Si NON**, pourquoi ?

### **Questions en CONCLUSION :**

1. Comment imaginez-vous le futur de l'île de Ré, en prenant en compte le CC ?

2. Souhaitez-vous ajouter des commentaires à ce qui vient d'être dit ?

3. Avez-vous des questions sur ce qui vient d'être dit, sur l'étude, sur la réserve naturelle ?

**Proposer à l'acteur de lui retourner par mail le Compte-rendu de l'entretien pour validation et éventuels ajustements ou compléments !**

## Organisme interviewé - Association des producteurs de sel marin de l'île de ré

Secteur d'activité : Saliculture

Date de l'entretien avec un représentant : 24/04/2020

### Compte-rendu de l'entretien

Au même titre que l'agriculture, la saliculture, reconnue également depuis peu comme une activité agricole à part entière (mai 2019), dépend fortement des conditions météorologiques et climatiques. La quantité de sel marin produit par un marais peut ainsi varier du simple au quintuple voir davantage selon les années. Le sel marin est obtenu par évaporation de l'eau de mer sous l'effet du vent et du soleil, processus favorisé par une humidité de l'air relativement faible et une pluviométrie moindre. Hors période de production de sel (d'octobre à mars), le marais (champ de marais) est « noyé » sous une épaisseur d'eau de mer, afin de le protéger de l'érosion (clapots des vagues) et du gel qui risquerait de déstructurer le sol. **L'activité salicole est donc, de ce fait, très sensible aux variations et aléas climatiques.**

La morphologie des bassins et du circuit d'eau dans le marais ainsi que le rythme de récolte du sel divergent selon les sites de production. Sur l'île de ré, pendant la saison de production qui s'étale de mai à septembre, le gros sel est récolté tous les 2 jours (tous les jours à Guérande). A l'inverse, en Camargue, la récolte s'opère uniquement en une seule fois en fin de saison. Ces spécificités intersites sont révélatrices des mesures d'adaptation prises par les sauniers selon les conditions climatiques locales. En région méditerranéenne, l'activité, en période de récolte, est moins soumise à l'aléa précipitation que sur la côte atlantique. Adapter le rythme de récolte du sel est donc un des moyens mis en œuvre historiquement par les sauniers de l'île de ré pour se prémunir de la pluie et de ses conséquences sur la production de sel. Selon l'interviewé, l'activité salicole a donc les moyens de faire face aux évolutions climatiques futures, et d'adapter en fonction sa conduite du marais (redimensionnement des circuits d'eau et aires de cristallisation/surfaces de chauffe dans le champ de marais pour ne pas dépasser le seuil de saturation du sel dans l'eau, ayant pour conséquence une diminution de la teneur en chlorure de sodium), comme cela a déjà pu être observé dans le passé : apparition dans les marais salants de l'île de ré à partir du XIXème siècle de nourrices, en guise de pré-aires saunantes. **Bien que très sensible aux variations de paramètres climatiques comme la température ou les précipitations, l'activité salicole sur l'île de ré semble donc disposer d'une capacité d'adaptation importante.**

**Par conséquent, l'activité salicole à l'échelle de l'île de ré semble peu vulnérable au changement climatique, du moins à court terme (15 – 30 ans).** Une « méditerranéisation » du climat pourrait, d'ailleurs, favoriser la production de sel, à l'image des années 2018 et 2019. La concrétisation de ce scénario reste, cependant, liée à l'évolution des précipitations dont les projections futures restent pour le moment incertaines. Selon les modèles climatiques à l'échelle de l'île de ré, leur quantité pourrait rester stable comme augmenter de manière significative : près de 90 mm en cumulé sur les mois d'été d'ici 2050. Dans ce dernier cas de figure, la production de sel pourrait, a contrario, être impactée de façon défavorable.

**A plus long terme (horizon 2100) cette fois, l'activité salicole sur l'île de ré pourrait être remise en cause par l'élévation du niveau de la mer, effet majeur du changement climatique sur les océans.** L'évolution de ce paramètre hydrologique est susceptible d'impacter fortement les marais salants, outil de travail des sauniers ; comme cela a pu être le cas par le passé, de manière temporaire, à l'occasion d'une submersion marine, générée par un événement naturel extrême tel que la tempête Xynthia. Cette perspective future pourrait grandement faire évoluer la géographie de l'île de ré, ayant pour conséquence directe la disparition progressive des marais salants de l'île, polders endigués pris initialement par l'Homme sur la mer. Néanmoins, ce scénario catastrophe pour l'activité salicole de l'île de ré semble pour le moment mis en suspens, du moins pour les quelques décennies à venir, grâce notamment à la stratégie actuelle du territoire en matière de gestion du trait de côte, reposant pour l'essentielle sur la construction et le renforcement des digues de l'île.

## Organisme interviewé - Coopérative des sauniers de l'île de ré

Secteur d'activité : Saliculture

Date de l'entretien avec un représentant : 06/05/2020

### Compte-rendu de l'entretien

Créée en 1942, la coopérative des sauniers de l'île de ré regroupe aujourd'hui **70 producteurs de sel adhérents** (sur une centaine d'exploitants sur l'île), associés afin de mettre en commun les moyens humains et matériels permettant d'assurer les opérations nécessaires à la vente de leur sel : collecte, stockage, conditionnement et commercialisation. C'est une équipe salariée de près de 20 personnes qui est en charge d'assurer ces missions au quotidien.

Avec près de 3000 tonnes de gros sel et 200 tonnes de fleur de sel produit chaque année en moyenne, la coopérative s'appuie principalement sur deux circuits de distribution pour commercialiser et « écouler » la production de ses adhérents :

- Marché local – vente directe aux consommateurs ainsi qu'aux hôtels – restaurants de l'île et des environs (volume limité et marché fortement dépendant de l'affluence touristique sur l'île).
- Grande distribution – référencement régional Grand-Ouest, sous marque propre « Sauniers de l'île de ré » et marques distributeurs (« Nos régions ont du talent » ...).

Selon l'interviewé, ce réseau de distribution diversifié qui s'adressent à la fois aux professionnels et aux particuliers permet de toucher un large panel de consommateurs. Il rend, par la même occasion, moins vulnérable la coopérative et ses résultats économiques aux fluctuations du marché. La coopérative des sauniers de l'île de Ré se positionne d'ailleurs sur le segment de marché des sels de terroirs, au même titre que d'autres secteurs de production de sel marin en France tels que Guérande et Noirmoutier, valorisant ainsi un savoir-faire reposant sur des méthodes artisanales et ancestrales (récolte à la main...). A l'inverse du marché des sels industriels pour lequel la structure ne peut rivaliser avec des entreprises comme les Salins du midi, ayant un mode de production du sel industrialisé (récolte mécanisée et volumes de production bien supérieurs), le marché des sels de terroirs se développe ces dernières années, à la faveur du plébiscite grandissant d'une partie des consommateurs pour des produits locaux (made in France) et respectueux de l'environnement.

Localement, l'interviewé constate une alternance de cycles de bonnes et mauvaises saisons pour la production de sel. Après une année record en 2003, concomitante avec l'épisode de fortes chaleurs survenues cette même année en France et en Europe durant l'été, s'en sont suivies des années de moindre production, mettant à mal la filière sur l'île de Ré.

Comme beaucoup de productions agricoles, la production de sel marin dépend fortement des conditions météorologiques et climatiques. La pluie constitue, d'ailleurs, le principal ennemi du saunier. L'apport en eau douce dans les différents bassins du marais génère une baisse des niveaux de concentration en sel de la saumure, qui, par voie de conséquence, touche la capacité du marais salant à « sortir plus de sel ». La période de récolte du sel (entre mai et septembre) s'opère durant les mois de l'année où la durée d'ensoleillement est la plus

importante. Selon la météo, la date de la première récolte, marquant le début de la saison, peut également varier sensiblement. En moyenne, le début de la récolte s'opère au mois de Juin. Elle peut toutefois être plus précoce et démarrer dès le mois de mai si les conditions météorologiques sont favorables. L'évolution du climat dans les années à venir pourrait donc jouer sur la date de démarrage de la récolte du sel, au même titre que les dates de vendanges pour un viticulteur. Est-ce une bonne nouvelle pour le saunier ? Le dicton local « Sel en mai n'enrichit pas le saunier » semble, en tout cas, avertir du contraire. **La saliculture, de façon générale, m'en reste donc pas moins très sensible aux variations des conditions météorologiques et climatiques.**

Historiquement, les marais sont conçus pour travailler avec la météo et s'y « autoadapter ». La configuration des marais dans son ensemble (succession de bassins) ne devrait donc pas changer dans le contexte du changement climatique. Toutefois, c'est dans la façon du saunier de gérer et piloter son marais, que des évolutions peuvent voir le jour. « Equiper » son marais d'un système de vidange des eaux (écourts), actionnable en cas de besoins (évacuation d'un trop plein d'eau douce suite à une forte pluie) ou faire varier la surface de ses aires saunantes (dans le champ de marais) en sont des exemples. Ainsi, le saunier a la capacité de réagir plus rapidement pour faire face aux aléas climatiques et météorologiques, notamment ceux sources de pluie (tempêtes, orages, pluies intenses). Selon l'interviewé, près de trois quart des marais de l'île de Ré sont déjà construits ainsi aujourd'hui, **conférant aux marais salants de l'île de Ré la capacité de s'adapter aux évolutions climatiques futures.**

**La production de sel marin n'en reste pas néanmoins vulnérable aux changements climatiques futures que ce soit à un horizon proche et lointain.** A court terme, c'est la conjugaison de l'évolution des précipitations et des températures qui pourraient sensiblement orienter le potentiel de production des marais salants de l'île. Davantage de pluie en été, c'est sans doute moins de sel produit dans le marais. A l'inverse, des températures plus importantes et une pluviométrie inchangée, ce sont des récoltes de sel plus importantes. A noter, cependant que ce réchauffement des températures pourrait également s'accompagner de dépassements plus réguliers du seuil de saturation du chlorure de sodium dans l'eau, principal minéral composant le sel marin, au risque « d'échauder » le marais (cristallisation d'autres minéraux contenus dans l'eau de mer tels que le magnésium dont les seuils de saturation sont plus élevés) et influencer, par la même occasion, le qualité et le goût du sel (davantage chargé en minéraux autre que le chlorure de sodium).

Dans le cas d'une hausse des volumes de production à l'image de 2018 et 2019, il peut aussi rapidement se poser la question pour la coopérative de sa capacité de stockage, avec les difficultés foncières inhérentes à l'île de Ré (disponibilité et coût du foncier) en cas de projet d'extension, de même que de sa stratégie commerciale pour accéder à d'autres débouchés pour « écouler » ses volumes de production grandissants. Ces questions sont susceptibles de se poser à partir du moment où les conditions météorologiques et climatiques futures restent favorables à la production de sel, scénario qui dépend aujourd'hui beaucoup de l'évolution à venir des précipitations, variable selon les simulations climatiques proposées par le service climatique DRIAS (tendance future à la stabilité ou en forte hausse à court-moyen-long terme).

A plus long terme, d'ici la fin du siècle, le contexte global du changement climatique et plus spécifiquement l'élévation du niveau marin n'engage pas à l'optimisme, selon l'interviewé. De l'aveu de Lionel QUILLET, président de la communauté de communes de l'île de Ré, la défense des côtes de l'île par endiguement, proposée dans le

cadre d'un nouveau PAPI, reste une solution à moyen terme. Etant une île, Ré ne dispose pas ou très peu d'espaces de retrait, comme sur le continent. Cette optique pourrait signifier la disparation des marais salants par submersion d'ici la fin du siècle et donc de la saliculture sur l'île de Ré. Ce scénario catastrophe pour la profession reste hypothétique et subordonné aux éventuelles solutions apportées dans les décennies à venir pour faire face à la montée des eaux. Est-ce-que l'île restera attractive en cas de submersion marine répétée ? Faut-il protéger l'île de toute part pour une population permanente réduite ? Quelles sont les implications économiques d'un système de protection basé sur le modèle hollandais ? Faut-il envisager le scénario d'une évacuation d'une partie de la population et des activités socio-économiques sur le continent ? Autant de questions auxquelles les générations futures auront certainement à répondre, selon l'interviewé, pour faire face au défi d'élévation du niveau marin et du changement climatique dans son ensemble.

Plus directement et sur la base des actualités en lien avec le sujet, l'interviewé n'a pas été « choqué » par le tracé proposé dans le cadre du nouveau PAPI, étant donné l'esprit et objectif de ce dernier : protection des biens (habitations) et personnes. Toutefois, la carte reste à préciser (empiètement et emprise des digues dans les marais traversés par les nouvelles digues). Se pose également la question de l'avenir de la zone de marais non défendue par le projet, incluant notamment la réserve naturelle. Que se passe-t-il en cas de submersion marine ? Que fait-on ? « Sur le territoire, les marais jouent d'une certaine façon le rôle de buvard en cas de submersion marine. Il est nécessaire néanmoins de pouvoir les réparer par la suite ». L'interviewé exprime également sa volonté de voir la profession davantage présente dans les instances de gouvernance locale telles que la commission des sites pour évoquer les sujets qui touchent les sauniers.

## Organisme interviewé - CNAR (Cercle Nautique d'Ars en Ré)

Association qui fédère près de 400 adhérents / équipe salariée à l'année : 3 personnes

Secteur d'activité : Nautisme (voile, paddle, kite...) : enseignement (école de voile) / location matériel / régates (compétition) + Événementiel : location salle (club house), bar

Date de l'entretien avec un représentant : 04/05/2020

### Compte-rendu de l'entretien

Le Cercle Nautique d'Ars-en-Ré (CNAR), association fondée en 1955, promeut la pratique du sport nautique sur le Nord de l'île de Ré, au travers notamment de l'école de voile. Le CNAR est en contact tous les 2-3 ans avec l'équipe de la réserve naturelle, notamment pour aborder des questions en lien avec la réglementation. C'est, d'ailleurs, un des points qui fait l'objet d'une sensibilisation par les moniteurs auprès de la clientèle lors des sorties dans le Fier d'Ars et ses environs.

L'activité de la base nautique suit celle de la saison touristique sur l'île de Ré. Il n'est donc pas surprenant que ce soit la période estivale et les mois de Juillet et Août qui constitue le pic d'affluence pour la structure. D'ailleurs, la base nautique est pour près de 75% fréquentée par un public jeune, correspondant à la tranche d'âge 5 – 15 ans.

Quel que soit la période d'affluence, **la pratique du sport nautique reste fortement tributaire des conditions météorologiques**. En hiver, dès que la température de l'air passe sous la barre des 10° (généralement sur les mois de Janvier et Février), les sorties sur l'eau sont annulées, en raison de conditions peu confortables pour les pratiquants et ce, malgré les équipements (combinaison, lycra ...). Par mauvais temps (pluie), l'affluence à la base nautique se réduit fortement, au contraire d'une météo ensoleillée. De même, lorsque la présence de vent favorise la pratique de la voile (planche, kite, bateau), cela est, à l'inverse, défavorable à la pratique du paddle. Le planning de l'activité (location matériel, cours, stages) se retrouve donc régulièrement bouleversé par la météo. **Les conditions météorologiques rythment donc l'activité sur la base nautique.**

A propos du changement climatique, le représentant du CNAR, interviewé, en retient les grandes conclusions données par le GIEC ainsi que le constat alarmant et alarmiste qui entoure ce sujet. De son point de vue, les zones humides comme la réserve naturelle ont un rôle à jouer dans la lutte dans le changement climatique (absorption du CO<sub>2</sub>, protection contre les inondations). De par sa formation en météorologie et les besoins liés à son activité professionnelle, l'interviewé dispose de connaissances approfondies sur la thématique. En tant qu'utilisateur des services météorologiques (Météo France, NOAA), ses compétences lui permettent d'interpréter directement des données brutes et de croiser celles des différents fournisseurs de services météo. Localement, sur les vingt dernières années, une augmentation des variations météorologiques en période estivale a été perçue, notamment avec l'apparition d'importantes dépressions en été, des phénomènes qui étaient, semble-t-il, moins fréquents sur cette période de l'année par le passé. D'ailleurs, les tempêtes et orages au printemps et en été occasionnent davantage de dommages sur le matériel, non entreposé à l'abri des intempéries comme en hiver. De même, il constate moins de régularité dans l'apparition de la brise thermique,

vent résultant de la différence de température entre la surface de la terre et la mer. Avec le changement climatique, la fréquence d'apparition des phénomènes extrêmes exceptionnels difficilement prévisibles pourrait augmenter à l'avenir. Xynthia, par exemple, a eu pour conséquence l'inondation de la base nautique et de ses infrastructures occasionnant d'importants dégâts matériels. Dans le contexte d'élévation du niveau marin, la base nautique se situe donc de ce fait en première ligne et se trouve fortement exposé au risque submersion marine. **Par conséquent, la pratique du sport nautique semble fortement sensible à la variation des conditions météorologiques et climatiques ainsi qu'aux évènements naturels extrêmes (tempêtes, orages, inondations).**

Indépendamment de la météo et du changement climatique, la base nautique du CNAR doit faire face au phénomène d'envasement dans le Fier d'Ars, ayant réduit ces dernières années considérablement les conditions de navigabilité dans la baie. En effet, certaines zones du Fier deviennent alors inaccessibles, même à de petites embarcations comme les « Optimist ». De même, le temps de navigation dans la baie en fonction des marées s'est réduit de près d'une 1h30. Cette situation oblige donc les pratiquants à sortir du Fier et s'exposer à davantage de houle ou à empreinter les chenaux (des villages, des portes) qui cheminent dans les marais.

Pour faire face à la variation et évolution des conditions météorologiques et climatiques, la base nautique a déjà aujourd'hui la possibilité de proposer différentes activités aux pratiquants, adaptées aux différentes conditions de vent notamment. **L'activité semble toutefois disposer d'une capacité d'adaptation relativement limitée à l'égard du changement climatique, une capacité d'adaptation qui s'annule également dès lors qu'il s'agisse de faire face à des phénomènes extrêmes où la pratique du sport nautique est, de ce fait, interrompue.**

**En conclusion, l'activité de sport nautique reste fortement vulnérable au changement climatique.** A noter que la hausse des températures de l'air pourrait contribuer à l'avenir à étendre la période favorable à la pratique des sports nautiques, sous réserve que les précipitations dont les projections futures restent pour le moment incertaines, n'augmentent pas en parallèle. Avec la multiplication des épisodes de fortes chaleurs, « les gens iront chercher la fraîcheur sur l'eau », ce qui peut s'avérer bénéfique à la pratique du sport nautique.

## Organisme interviewé - Association de pêche à pied de l'île de ré

*Association qui fédère une 20aine d'adhérents / active dans de nombreuses réunions publiques*

*Pêche à pied de loisir sur l'estran (au filet, au harpon, ...)*

Secteur d'activité : Pêche à pied de loisir

Date de l'entretien avec un représentant : 28/04/2020

### Compte-rendu de l'entretien

Historiquement sur l'île de Ré, la pêche à pied est une activité de subsistance alimentaire. Aujourd'hui, elle perdure davantage à des fins de loisir. La pêche à pied est une activité qui s'opère sur l'estran à marée basse. C'est, d'ailleurs, lors des grandes marées qui permettent d'accéder à des zones inaccessibles en temps normal que l'on retrouve les plus fortes concentrations de pêcheurs à pied sur l'estran. L'activité est donc fortement dépendante du rythme et coefficient des marées. Dans le contexte du changement climatique et d'élévation du niveau marin, aujourd'hui personne ne sait dire si on conservera la même amplitude de marée dans le futur. Sur l'île de Ré, la fréquentation de l'estran par des pêcheurs à pied est également fortement corrélée à l'affluence touristique sur l'île ainsi qu'aux conditions météorologiques. **La pêche à pied de loisir semble donc être une activité relativement sensible aux évolutions climatiques, conditionnant la météo de demain.**

D'un point de vue climatique, il est admis par les anciens sur l'île de Ré que lorsque les nuages venant du large arrive sur la pointe des baleines, ces derniers se séparent pour prendre respectivement la direction des côtes vendéennes et du sud de l'île de ré. Cette perception vient renforcer l'argument selon lequel l'île de ré est le secteur en Charente-Maritime cumulant le moins de précipitations. La première réaction à l'évocation du changement climatique, c'est la négation qui entoure ce terme. Les variations climatiques, la Terre en a connu par le passé. Se pose donc la question de la responsabilité de l'Homme dans le changement climatique contemporain que nous connaissons. Bien qu'il soit difficile de pouvoir y répondre sans s'en remettre aux climatologues et scientifiques, il est certain que l'Homme a une responsabilité certaine dans la pollution (air, eau).

Bien que ce soit délicat à évaluer, de manière générale, dans le contexte du changement climatique, on peut s'attendre à l'arrivée de nouvelles espèces sur les côtes. Toutefois, rien ne permet aujourd'hui d'affirmer de manière objective cette hypothèse à l'échelle de l'île de ré.

Localement, une raréfaction des crabes a été constatée, au fil du temps, ainsi qu'une diminution des algues brunes (varech...). Pour autant, il est difficile d'en définir les causes. Sans doute le changement climatique est un facteur aggravant. A contrario, une recrudescence d'algues vertes sur l'estran a été observée ces dernières années, notamment dans certains secteurs de l'île comme sur la commune de La Flotte et de Loix. Il est aujourd'hui bien connu et documenté que la prolifération des algues vertes sur les côtes est favorisée par la pollution des eaux côtières. Difficile donc de dire la place du changement climatique dans ce processus.

Bien qu'il soit compliqué d'évaluer les incidences potentielles du changement climatique sur les espèces ciblées par la pêche à pied, en période de grand froid, il n'est pas rare de retrouver des congres morts le long de la côte (poisson qui séjourne dans des trous d'eau à marée basse). Dans un contexte de réchauffement climatique, s'accompagnant d'une diminution des vagues de froid, on peut supposer que pour certaines espèces, cette évolution leur soit favorable, du moins sur la période hivernale.

Actuellement, l'association prodigue à ces adhérents des recommandations en matière de bonnes pratiques de pêche et en appel à la responsabilité de chacun en ce qui concerne l'accès à l'estran durant des horaires de fortes chaleurs, où il existe un risque pour la santé des personnes qui s'exposeraient sans protection. **L'activité de pêche à pied de loisir sur l'île de ré ne semble néanmoins pas remise en cause par le changement climatique, que cela soit à court terme ou à moyen-long terme. Par conséquent, elle apparaît peu vulnérable face aux évolutions climatiques actuelles et futures.** La fréquentation de l'estran par des pêcheurs à pied pourrait même augmenter dans les années à venir, favorisé par l'attractivité grandissante du littoral dans le contexte du réchauffement climatique.

## Organisme interviewé - Service Démoustication département 17

Secteur d'activité : Démoustication

Date de l'entretien avec un représentant : 25/06/2020

### Compte-rendu de l'entretien

Il est communément admis par la communauté scientifique que les moustiques, en plus d'être considérés comme une source de nuisances (par les piqûres), sont des vecteurs potentiels de maladies. C'est donc essentiellement pour des raisons de santé publique que la Loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 autorise en France la lutte contre les moustiques dans les départements où ce diptère peut constituer une menace pour la santé de la population. En Charente-Maritime, la démoustication est une mission de service publique réalisée par le département depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020, suite à la dissolution de l'EID Atlantique. Le service départemental de démoustication intervient dans le cadre d'un arrêté préfectoral, spécifiant les zones de surveillance et de lutte contre les moustiques ainsi que les actions de démoustication et modalités d'intervention.

De façon générale, la dynamique des moustiques est intimement liée à l'eau. Les pluies (orages) et les marées sont des facteurs d'influences naturels, mais l'Homme, au travers de différentes activités (agriculture, saliculture, gestion d'espaces naturels, chasse (tonnes) ...) et de l'aménagement d'infrastructures tels que les digues, fossés, écluses ou polders ... peut également influencer la prolifération des moustiques.

Sur les 67 espèces de moustiques recensées en France métropolitaine, 32 sont identifiées en Charente-Maritime. Parmi ces espèces, il faut distinguer celles inféodées au milieu salé que l'on peut retrouver sur la réserve naturelle de Lilleau des Niges de celles d'eau douce. « Les espèces de moustiques ne possèdent pas toutes la même écologie. Le moustique tigre (*Aedes Albopictus*) par exemple, apprécie les petites dépressions d'eau. On le retrouve d'ailleurs de préférence en milieu urbain et autour des habitations ».

Parmi les 32 espèces recensées sur le département, 12 d'entre elles font l'objet d'opérations de régulation et de contrôle par le service de démoustication. La stratégie de lutte contre les moustiques en Charente-Maritime repose sur un principe d'action différenciée dans l'espace et dans le temps, adaptée à la sensibilité des zones humides et aux enjeux sanitaires.

De façon générale, dans les marées littorales, salées ou saumâtres, comme on peut en trouver sur le Nord de l'île de Ré, le service de démoustication propose aux propriétaires et gestionnaires de marais la mise en œuvre d'aménagements et de gestions hydrauliques défavorables au développement des moustiques, compatibles avec leurs activités. Cela passe notamment par le maintien de niveau d'eau relativement constant, en évitant des variations importantes et brusques de niveaux au cours de l'année qui peuvent déclencher l'éclosion des œufs, au contact avec l'eau. Sur les espaces naturels protégés du département comme la réserve naturelle de Lilleau des Niges, c'est cette modalité d'intervention qui est privilégiée.

L'abandon des marais sur l'île de Ré, à la suite de la déprise salicole amorcée en 1850 (jusqu'en dans les années 1990), a entraîné une perte de maîtrise des niveaux d'eau, favorisant ainsi le développement des moustiques. Le

maintien d'activités dans les marais constitue donc de ce fait un moyen de limiter la prolifération des moustiques, dès que cela permet d'avoir des niveaux d'eau mieux contrôlés.

Dans le cas où ce premier niveau de lutte n'est pas satisfaisant, le service démoustication se laisse la possibilité, hors espaces naturels protégés, de recourir à un traitement anti-larvaires d'origine biologique à base de BTI (*Bacillus Thuringiensis Israelensis*), accompagné de mesures de contrôle de l'efficacité du traitement.

Par nature, la dynamique des moustiques dépend des conditions climatiques locales, en lien notamment avec la dynamique des pluies et la température de l'air. La température influe sur la période d'activité des moustiques. Plus les températures augmentent, à l'image de ce qui s'observe dans le cadre du changement climatique, plus la période d'activité des moustiques sur l'année sous nos latitudes est étendue. De même, la température influe sur le cycle de développement des moustiques. Plus les températures sont douces, plus le laps de temps entre l'éclosion des œufs et la métamorphose des larves en imago se réduit, passant de plusieurs mois en hiver à seulement 3-4 jours en période estivale. Quant aux précipitations, elles favorisent la variation des niveaux d'eau et contribuent donc par la même occasion au développement des moustiques. Bien que dans le contexte du changement climatique, l'évolution du régime des précipitations dans le futur reste incertaine, certains modèles projettent pour l'île de Ré une hausse significative des précipitations au printemps et en été (près de + 90 mm cumulé d'ici 2050 sur les mois d'été), période la plus favorable aux moustiques.

**La tendance d'évolution actuelle et future du climat local semblerait donc favoriser le développement des moustiques, bien que cette hypothèse reste suspendue à l'incertitude qui entoure la dynamique des précipitations à l'avenir.** Pour y faire face, un des leviers suggéré par l'interviewé est de renforcer la sensibilisation auprès de la population pour limiter au maximum les gîtes potentiels pour les moustiques, notamment autour des habitations.

Dans un cadre sanitaire bien précis, les autorités locales ont la possibilité de recourir à un biocide ciblant les moustiques adultes volants. Cette modalité d'intervention ne fait pas parti de l'arsenal déployé et retenu pour la démoustication en Charente-Maritime. A noter que l'emploi de ce dispositif se limite aux régions françaises, notamment les Outre-Mer, où le risque sanitaire dû aux moustiques est prégnant.

L'arrivée de nouvelles espèces telles que le moustique tigre sur le territoire français métropolitain est toujours difficile à rattacher uniquement au changement climatique. Par contre, combiné avec le déplacement des personnes et des marchandises, en constante augmentation ces dernières décennies, le changement climatique facilite l'implantation et l'acclimatation de nouvelles espèces sous nos latitudes. Ces dernières étendent par la même occasion leur aire de répartition et amènent avec elles de nouvelles maladies ou qui avaient disparues (le paludisme ayant été éradiqué de l'Europe au XXe siècle).

**En conclusion**, le changement climatique semble, vraisemblablement, favoriser le développement des moustiques. Est-ce-que cette situation se traduira par un renforcement de la lutte contre les moustiques, et plus particulièrement sur les espèces cibles ? Cela est possible, sous réserve que la situation le justifie.

# ANNEXE 3

- En tête du tableau

## PREAMBULE : cadre d'analyse + terminologie

- A l'horizon 2050 - scénario "Maintien des digues" (submersion lié à un événement extrême)
- A l'échelle du périmètre de la réserve naturelle

\* **Appréciation** = perception du gestionnaire et/ou d'un groupe de personnes (Incluant des partenaires de l'ENP) sur la base des réponses apportées aux questions posées.

\***VULNERABILITE** = risque d'impacts (+/-) sur l'objet engendré par le changement climatique (directement ou indirectement)

Jugement de l'intensité / pas si favorable ou défavorable	
	?
aucunes modifications probables	NULLE
changement de classification (habitats ...)/ état de conservation non remis en question	FAIBLE
Intégrité de l'objet affectée temporairement (de manière + ou -) / état de conservation remis en question (favorable / défavorable)	MOYENNE
Risque de modification importante (- : disparition / +) / existence de l'objet remis en question de manière pérenne	FORTE

VULNERABILITE	CAPACITE D'ADAPTATION globale				
	?	NULLE	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
SENSIBILITE	?	?	?	?	?
	NULLE	NULLE	NULLE	NULLE	NULLE
	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	FAIBLE	NULLE
	MOYENNE	MOYENNE	MOYENNE	FAIBLE	FAIBLE
	FORTE	FORTE	FORTE	MOYENNE	FAIBLE

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet		CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet		VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)
	Appréciation*	Appréciation*	CAPACITE D'ADAPTATION intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques	
			Appréciation*	Appréciation*	
<b>influencés par le CC</b> (quel que soit le scénario RCP) Résultats du récit climatique	Est-ce que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?  Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	Est-ce que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?  Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?  Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions	VULNERABILITE de l'objet par paramètre cf. matrice ci-dessus	VULNERABILITE globale de l'objet au Changement climatique appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet				VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)	
		Appréciation *	CAPACITE D'ADAPTATION intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques	Appréciation *	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet
			Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?			
<b>influencés par le CC</b> <i>(quel que soit le scénario RCP)</i> <b>Résultats du récit climatique</b> Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	<b>Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?</b> Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	<b>Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?</b> Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?	<b>Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?</b> Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (+) ou négatives (-) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions	<b>VULNERABILITE de l'objet</b> par paramètre <i>cf. matrice ci-dessus</i>	<b>VULNERABILITE globale de l'objet</b> au Changement climatique appréciation générale <i>(par défaut appréciation la + forte)</i>		
LAGUNES	<b>Niveau marin</b> 24 cm ≤ $\Delta$ ≤ 43 cm <i>Remet en cause l'existence de l'objet</i>	FORTE	Aucunes car lagune à faciès anthropiques		NULLE	FORTE	FORTE
	<b>Physico-chimie eaux marines</b> $\Delta$ T°C Eau de mer $\Delta$ pH <i>Mais ne remet pas en cause l'existence de l'habitat Lagune en tant que tel.</i>	FAIBLE	Aucunes car lagune à faciès anthropiques		NULLE	FAIBLE	
	<b>Température air</b> $\Delta$ T°C moyenne $\Delta$ Fréquence Vague chaleur <i>Quantité d'eau : <math>\Delta</math> du risque d'assèchement par évaporation en période estivale = perte des caractéristiques stationnelles de l'habitat au sens Natura 2000</i> <i>Qualité de l'eau : <math>\Delta</math> du risque d'eutrophisation en période estivale (LLORET et al., 2008 ; MOSS et al., 2011 ; CHARLTON et al., 2018)</i>	MOYENNE	Aucunes car lagune à faciès anthropiques		NULLE	MOYENNE	
PRE-SALE	<b>Niveau marin</b> 24 cm ≤ $\Delta$ ≤ 43 cm <i>Habitat soumis au balancement des marées - variations dans l'amplitude et la dynamique des marées (PICKERING et al., 2017 ; WARD et al., 2012)</i> <i>Variation de la durée de submersion pour la flore du pré-salé, facteur définissant le niveau de salinité auquel est soumis la flore du pré-salé</i>	MOYENNE	élévation par sédimentation (KIRWAN et al., 2016 ; LEROUX, 2013 ; FAGHEREZZI et al., 2012) Capacité de la végétation du pré-salé à migrer verticalement et horizontalement Seuil de tolérance des espèces végétales constitutives du pré-salé au paramètre salinité	Dynamique hydrosédimentaire du Fier d'Ars : gain en sédiments Présence d'une barrière physique : digues (dont une partie carapaçonnées en béton sur une partie du linéaire sur la réserve naturelle)	MOYENNE	FAIBLE	FAIBLE
	<b>Physico-chimie eaux marines</b> $\Delta$ T°C Eau de mer $\Delta$ pH <i>Phase immersion des végétaux (variabilité spatiale) :</i> <i>Présalés existants sous des latitudes où les eaux marines sont plus chaudes : pourtour méditerranéen</i> <i>Evolution du cortège végétal caractéristique d'un pré-salé atlantique vers un pré-salé méditerranéen ?</i> <i>Ce paramètre, quel que soit son évolution, n'affectera pas la caractéristique même de l'habitat : végétation halophile. Par contre, il pourrait affecter la classification de l'habitat parmi les nomenclatures existantes (Natura 2000, EUNIS ...) ainsi que la déclinaison en habitats élémentaires.</i>	FAIBLE	Dépendant du seuil de tolérance de la végétation du pré-salé au paramètre température Variable selon les espèces		MOYENNE	FAIBLE	
	<b>Température air</b> $\Delta$ T°C moyenne $\Delta$ Fréquence Vague chaleur <i>Pré-salé existant sous des latitudes aux températures plus élevées : pourtour méditerranéen</i> <i>Evolution du cortège végétal caractéristique d'un pré-salé atlantique vers un pré-salé méditerranéen ?</i> <i>Ce paramètre, quel que soit son évolution, n'affectera pas la caractéristique même de l'habitat : végétation halophile. Par contre, il pourrait affecter la classification de l'habitat parmi les nomenclatures existantes (Natura 2000, EUNIS ...).</i>	FAIBLE	Dépendant du seuil de tolérance de la végétation du pré-salé au paramètre température Variable selon les espèces		MOYENNE	FAIBLE	

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet			Appréciation*	VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet	
		CAPACITE D'ADAPTATION intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques						Appréciation*
		Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?						
influencés par le CC (quel que soit le scénario RCP) Résultats du récit climatique	Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ? Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	Appréciation*	Appréciation*	Appréciation*	par paramètre	au Changement climatique	appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)		
HERBIER de <i>Zostera noltei</i>	Niveau marin 24 cm ≤ 7 ≤ 43 cm	<b>En phase émergé :</b> Habitat soumis au balancement des marées - variations dans l'amplitude et la dynamique des marées (PICKERING et al., 2017; WARD et al., 2012) <b>En phase immergé :</b> Hausse de la profondeur = accès restreint à la lumière à marée haute = baisse de productivité de l'herbier (BARGAIN, 2012; BJORK et al., 2008; SHORT et al., 1999) - diminution taille des feuilles et de la biomasse (ANGST et al., 2014)	MOYENNE	Capacité de l'herbier à s'élever par sédimentation Capacité de l'herbier à migrer horizontalement	Dynamique hydro-sédimentaire Limites imposées par les barrières anthropiques : les digues Nature du substrat (vaso-sableux / sableux / vaseux)	MOYENNE	FAIBLE	MOYENNE	
	Physico-chimie eaux marines 7 T°C Eau de mer ↳ pH	<b>En phase immergé :</b> 7 risque mortalité / ↳ productivité = perte en densité (nombre de pouces au cm²) (REPOLHO et al., 2017; SALO, 2014; VALLE, et al., 2014; CARR et al., 2012; PLUS et al., 2001)	FORTE	Dans un contexte d'accroissement de la fréquence d'apparition de "canicules marines", résilience de l'espèce dépend du seuil de tolérance de l'herbier à des T°C de l'eau plus élevées (herbiers de zostères naines présent sous des latitudes où la température est plus élevée : pourtour méditerranéen - mais moins soumis au balancement des marées et donc moins exposé aux températures de l'air)		MOYENNE	MOYENNE		
	Température air 7 T°C moyenne 7 Fréquence Vague chaleur	<b>En phase émergé :</b> - En période hivernale : ↳ risque mortalité (hiver moins froid) - En période estivale : 7 risque mortalité / ↳ productivité = perte en densité (nombre de pouces au cm²) (REPOLHO et al., 2017; SALO, 2014; VALLE, et al., 2014; CARR et al., 2012; PLUS et al., 2001) selon ANGST et al., 2014, croissance de l'herbier peut être provisoirement stoppé au cours de la période estivale en cas de fortes chaleurs.	MOYENNE	Dépendant du seuil de tolérance de l'herbier à des T°C de l'eau plus élevées (herbiers de zostères naines présent sous des latitudes où la température est plus élevée : pourtour méditerranéen - mais moins soumis au balancement des marées et donc moins exposé aux températures de l'air) Selon AUBY et al., 2011, effet de seuil à partir de 37°C pour la zostère naine (25°C pour la zostère marine) Dans un contexte d'accroissement de la fréquence d'apparition d'épisode de forte chaleur en période estivale avec des températures pouvant dépasser les 37°C.		MOYENNE	FAIBLE		
VASIERE NUE (intertidale)	Niveau marin 24 cm ≤ 7 ≤ 43 cm	Habitat soumis au balancement des marées - variations dans l'amplitude et la dynamique des marées (PICKERING et al., 2017; WARD et al., 2012) Déplacement de l'étage médiolittoral (VAN DER WEGEN et al., 2017) Variation du temps d'exondation de la vasière intertidale (GODET et al., 2012)	FAIBLE	Capacité de la vasière à s'élever par sédimentation Capacité de la vasière à migrer horizontalement	Limites imposées par les barrières anthropiques : les digues Dragage dans le Fier d'Arcs	MOYENNE	FAIBLE	FAIBLE	
	Physico-chimie eaux marines 7 T°C Eau de mer ↳ pH	<b>Phase immergé :</b> Cortège macrofaune benthique indicateur du type d'habitat Evolution du peuplement de macrofaune benthique (disparition progressive de la <i>Macoma balthica</i> ) indicateur d'une vasière intertidale atlantique (1130-1, code Natura 2000) vers un peuplement se rapprochant des caractéristiques d'une vasière méditerranéenne (1130-2, code Natura 2000) ? Ce paramètre, quel que soit son évolution, n'affectera pas la nature du substrat qui caractérise l'habitat : la vase. Par contre, il pourrait affecter la classification de l'habitat parmi les nomenclatures existantes (Natura 2000, EUNIS ...).	FAIBLE	Seuil de tolérance des espèces animales benthiques au paramètre température Variable selon les espèces / jugé faible pour la <i>Macoma balthica</i> (bassin d'Arcachon = limite sud aire de répartition)		FAIBLE	FAIBLE		
	Température air 7 T°C moyenne 7 Fréquence Vague chaleur	<b>Phase émergé :</b> Cortège macrofaune benthique indicateur du type d'habitat Evolution du peuplement de macrofaune benthique (disparition progressive de la <i>Macoma balthica</i> ) indicateur d'une vasière intertidale atlantique (1130-1, code Natura 2000) vers un peuplement se rapprochant des caractéristiques d'une vasière méditerranéenne (1130-2, code Natura 2000) ? Ce paramètre, quel que soit son évolution, n'affectera pas la nature du substrat qui caractérise l'habitat : la vase. Par contre, il pourrait affecter la classification de l'habitat parmi les nomenclatures existantes (Natura 2000, EUNIS ...).	FAIBLE	Seuil de tolérance des espèces animales benthiques au paramètre température Variable selon les espèces / jugé faible pour la <i>Macoma balthica</i> (bassin d'Arcachon = limite sud aire de répartition)		FAIBLE	FAIBLE		

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet		CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet			VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)		
	influencés par le CC <small>(quel que soit le scénario RCP)</small> Résultats du récit climatique	Appréciation*	CAPACITE D'ADAPTATION	PRESSIONS non climatiques		Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet <small>par paramètre</small> cf. matrice ci-dessus	VULNERABILITE globale de l'objet <small>au Changement climatique</small> appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)
			<small>intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)</small>	<small>Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?</small>				
			<small>Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?</small>	<small>Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque</small>				
			<small>Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?</small>	<small>Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE: appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE: appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions</small>				
ANATIDES LIMICOLES MIGRATEURS - HIVERNANTS	Niveau marin 24 cm ≤ T ≤ 43 cm	MOYENNE	<b>Directement NON</b> <b>Indirectement OUI</b> - Diminution des aires d'alimentation en milieu intertidal (vasière, herbier), limitant ainsi le nombre de limicoles capable de s'y nourrir + évolution des conditions offertes par les repaires de haute mer (niveau d'eau haut = favorable aux anatides / niveau d'eau bas = favorable aux limicoles) = évolution de la capacité d'accueil de la réserve naturelle pour l'avifaune migratrice-hivernante selon les espèces (GODET et al., 2012)  Diminution du temps d'exondation de la vasière intertidale = diminution de l'accessibilité à l'aire d'alimentation pour les limicoles (GODET et al., 2012)	MOYENNE	<b>Capacité de déplacement importante, facilitant l'exploration de nouvelles zones pour trouver un site favorable cad répondant à leur exigence écologique (repos, alimentation)</b>  Malgré une maritimisation du site, on aurait probablement les bosses qui resteraient émergées, susceptibles de jouer le rôle de repaire pour l'avifaune (sur la base des observations sur le site à l'occasion de Xynthia) MAIS à l'image des bossys perdus, la capacité d'accueil du site pour l'avifaune en repaire à marée haute pourrait être bien moindre.	MOYENNE	<b>FAIBLE</b>	MOYENNE
	Physico-chimie eaux marines T°C Eau de mer pH	MOYENNE	<b>Directement NON</b> <b>Indirectement OUI</b> - à travers l'altération de l'abondance des ressources alimentaires (macrofaune benthique et herbier, pour la majeure partie des espèces) (GODET et al., 2012)	MOYENNE	Diversité du régime alimentaire (variable selon les espèces)  Capacité à adapter son régime alimentaire selon la disponibilité de la ressource - capacité "à switcher" sur une ressource alternative (variable selon les espèces - ex : Bernache cravant vs Courlis sp.)	FAIBLE	MOYENNE	
	Température air T°C moyenne Fréquence Vague chaleur	MOYENNE	<b>Directement OUI</b> - Besoins énergétiques des oiseaux pour répondre à leur besoins métaboliques de base (sans activité physique) dont la thermorégulation corporelle (espèces homéothermes) varie selon la T°C extérieure (PONSERO et al., 2012 ; PONSERO et al., 2008) : « risque de mortalité en période hivernale (une température moyenne hivernale plus élevée, associée à une baisse de la fréquence d'apparition de vagues de froid) » (GODET et al., 2012)  Pour certaines espèces comme la Bernache cravant, la douceur de l'hiver influencerait le succès reproducteur au travers de la condition corporelle des animaux : mise en évidence d'un lien direct entre disponibilité de nourriture des zones d'hivernage et taille des nichées au cours de la saison de reproduction (LAUDELOUT et al., 2014).	MOYENNE	Capacité à modifier leur phénologie de migration : date d'arrivée et de départ des sites d'hivernage, de migration, de reproduction (GODET et al., 2012 ; LAUDELOUT et al., 2014)  Variable selon les espèces de Limicoles	FAIBLE	MOYENNE	
LARO-LIMICOLES NICHEURS	Niveau marin 24 cm ≤ T ≤ 43 cm	FORTE	<b>Directement NON</b> <b>Indirectement OUI</b> - En cas de submersion marine = Perte de maîtrise des niveaux d'eau dans les lagunes = flots inondés = perte totale ou partielle de la fonctionnalité "site d'accueil pour la nidification des larolimicoles"	FORTE	Capacité des oiseaux à se déplacer et explorer de nouvelles zones dans la réserve naturelle pour trouver un site favorable cad répondant à leur exigence écologique pour nidifier  Capacité des goélands à nidifier de manière opportuniste (toits des cabanes, ...).	NULLE	FORTE	FORTE
	Physico-chimie eaux marines T°C Eau de mer pH	FAIBLE	<b>Directement NON</b> <b>Indirectement OUI</b> - à travers l'altération de l'abondance des ressources alimentaires (invertébrés aquatiques dans les lagunes, notamment)	FAIBLE	Diversité du régime alimentaire (variable selon les espèces)  Capacité à adapter son régime alimentaire selon la disponibilité de la ressource - capacité "à switcher" sur une ressource alternative	FAIBLE	FORTE	
	Température air T°C moyenne Fréquence Vague chaleur	MOYENNE	<b>Directement OUI - en période de fortes chaleurs, risque de voir</b> « succès reproducteur de la colonie de goélands (abandon du nid / risque mortalité aviaire accrue chez les poussins et adultes sur nid) » (DAWSON et al., 1976; SALZMAN, 1982; JEHL et al., 1987)  Risque mortalité aviaire (adultes et poussins) / Diminution du succès de reproduction (MCKECHNIE et al., 2012; MCKECHNIE et al., 2009)  Sensibilité des espèces à la température sur la base des aires de distribution des espèces : - Goéland marin / argenté : île de ré = zone sud de l'aire de répartition. - Goéland leucophe : espèce méditerranéenne pour laquelle l'île de ré se situe dans la zone nord de son aire de distribution. - Avocette élégante et échasse blanche, nicheuse sur l'ensemble du porteur méditerranéen	MOYENNE	Exploiter un habitat en période de reproduction permettant de ne pas exposer le site de nidification en cas de fortes chaleurs (JIGUET et al., 2006)  Taille de la plage de tolérance thermique, variable selon les espèces (JIGUET et al., 2006)  Se déplacer vers des régions/secteurs en adéquation avec la plage de tolérance thermique de l'espèce (hors réserve naturelle)	MOYENNE	<b>FAIBLE</b>	



LIFE Natur'Adapt : diagnostic de vulnérabilité

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet		Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet
		CAPACITE D'ADAPTATION intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques			
		Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) sans intervention humaine pour le patrimoine écologique ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?			
influencés par le CC (quel que soit le scénario RCP) Résultats du récit climatique	Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?  Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	Appréciation*	Appréciation*	Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet par paramètre cf. matrice ci-dessus	VULNERABILITE globale de l'objet ou Changement climatique appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)
<b>MACROFAUNE BENTHIQUE</b>						
Niveau marin 24 cm ≤ 7 ≤ 43 cm	Élévation du niveau marin = changement de la géomorphologie des estuaires (estuaires plus ouverts) = changement de la granulométrie de leurs domaines intertidaux de substrat meuble (sédiments de plus en plus grossiers) = changement de la macrofaune benthique (GODET et al., 2012). Lien entre granulométrie du sédiment et composition de la macrofaune benthique (source : LIMITRACK) Localement, ouverture du Fier d'Ars par le Martray d'Ici la fin du siècle ? (pas sur un horizon court terme) Au sein du périmètre de la réserve naturelle, on observe une diversité de granulométrie du sédiment (sable, sablo-vaseux, vaseux) sur la partie intertidale du secteur maritime du site.	FAIBLE	Migration vers des plus hauts niveaux bathymétriques (GODET et al., 2012) Restructuration des cortèges de la macrofaune benthique		MOYENNE	FAIBLE
Physico-chimie eaux marines ↗ T°C Eau de mer ↘ pH	<b>Directement OUI</b> Selon CACHOT, 2018, les premiers stades de vie des organismes vivants sont particulièrement sensibles à la qualité de leur milieu de vie. C'est le cas notamment des mollusques bivalves. Organismes marins calcaires répondent aux variations du pH de l'eau (HANSSON et al., 2015; KUROYANAGI et al., 2009; HAVAS et al., 1995). Communautés animales benthiques d'une zone intertidale (invertébrés tels que les annélides et mollusques) répondent aux changements de température de l'eau et de pH : diminution en abondance et en diversité (HALE et al., 2011) Mollusques et crustacés sensibles au phénomène d'acidification des océans, moteur de changements dans la composition des communautés animales des écosystèmes marins (WITTMAN et al., 2013) En raison de leurs caractéristiques physiologiques et de leur utilisation de carbonate de calcium (CaCO3) pour construire leurs coquilles, les mollusques sont parmi les invertébrés les plus vulnérables à l'acidification des océans, les premiers stades de développement étant particulièrement sensibles aux changements de pH : croissance ralentie, diminution épaisseur de la coquille, malformations (AUZOUX-BORDENAVE et al., 2020 ; LACOUÉ-LABARTHE, 2018; GAZEAU et al., 2013) Effet combiné de la T°C et du pH sur la Macoma balthica : réduction du succès d'éclosion ainsi que de la taille des individus (VAN COLEN et al., 2018) Effet de la baisse du pH sur la palourde (Cyclina sinensis) : réduction du taux de fertilisation (SUI et al., 2019). <b>Indirectement OUI</b> L'huître creuse japonaise (Crassostrea gigas) est plus sensible à l'herpèsvirus (OsHV-1) dans des conditions de pH réduit - mortalité supérieure observée (FUHRMANN et al., 2019)	MOYENNE	Capacité de résilience variable selon les espèces et le moment dans le cycle de vie de l'espèce et les individus au sein d'une même espèce (LIU et al., 2020; LACOUÉ-LABARTHE, 2018; DUPONT et al., 213) Dans le cadre du projet AIAIAI "Acidification, Acclimatation et Adaptation des mollusques bivalves" porté par l'IFREMER, l'effet de seuil au-dessus duquel les huîtres creuses japonaises (Crassostrea gigas) de moins de un an sont peu sensibles a été établi à un pH de 7,3 (seuil < aux projections océaniques). La palourde Scrobicularia plan, également appelé Lavignon, est identifiée comme une espèce clé, favorisant la résilience d'une communauté de sédiments de fonds marins (VAN COLEN et al., 2020)		FAIBLE	MOYENNE
Température air ↗ T°C moyenne ↗ Fréquence Vague chaleur	<b>Indirectement OUI</b> - Extrême sensibilité de la production de cercaires (larves) des trématodes (vers parasites) aux augmentations de température - parasite régulateur des communautés animales benthiques (POULIN et al., 2006) Augmentation du parasitisme responsable de la diminution de l'abondance d'espèces de la macrofaune benthique (POULIN et al., 2006)	MOYENNE	Résilience des mollusques plus importantes que d'autres taxons des communautés récifales aux températures élevées (FOSTER et al., 2020)		MOYENNE	FAIBLE
<b>OEDIPODE DES SALINES</b>						
Niveau marin 24 cm ≤ 7 ≤ 43 cm	<b>Directement OUI</b> - submersion marine identifiée comme menace potentielle <b>Indirectement OUI</b> - au travers de l'évolution du pré-salé, habitat dans lequel l'espèce réalise l'ensemble de son cycle biologique et plus particulièrement inféodée à certains végétaux halophiles comme l'Aster maritime ou le Limonium (notamment pour s'alimenter). A l'inverse, l'obionne semble être bien moins privilégiée par l'orthoptère (ROBIN et al., 2017). Aussi, le cortège végétal présent sur son habitat doit être diversifié et non uniforme. Grande sensibilité aux changements de la structure de la végétation du pré-salé	MOYENNE	Capacité de déplacement Capable de rester immerger sous l'eau durant la marée haute (sur un laps de temps limité)		MOYENNE	FAIBLE
Physico-chimie eaux marines ↗ T°C Eau de mer ↘ pH	Manque de connaissances pour statuer !	?			?	?
Température air ↗ T°C moyenne ↗ Fréquence Vague chaleur	La température constitue pour beaucoup d'orthoptères un facteur biologique essentiel (BARATAUD, 2005). Les insectes étant ectothermes, la température de leur corps dépend essentiellement des conditions climatiques du milieu.	FAIBLE	Seuil de tolérance de l'espèce à des températures plus élevées (inventorié plus au Sud en Italie sur la côte Adriatique (FONTANA, 2002). Aire de distribution connue de l'espèce en France limitée à quelques départements sur la façade méditerranéenne française		MOYENNE	FAIBLE



Pr FE Natur'Adapt : diagnostic de vulnérabilité

	PARAMETRES climatiques hydrologiques	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet				VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)	
		SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION		PRESSIONS non climatiques	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet
			intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)				
influencés par le CC <small>(quel que soit le scénario RCP)</small> Résultats du récit climatique	Appréciation*	Appréciation*	Appréciation*	Appréciation*	par paramètre	au Changement climatique	
	<p><b>Est-ce que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?</b></p> <p>Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?</p>	<p><b>Est-ce que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?</b></p> <p>Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?</p>	<p><b>Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?</b></p> <p>Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions</p>				
TOLYPELLA SALINA	<p><b>Niveau marin</b></p> <p>24 cm ≤ <math>\uparrow</math> ≤ 43 cm</p> <p>Parmi les characées, l'espèce qui s'établit dans les eaux les plus salées</p> <p>Exigences environnementales (BEAUBERT, 2015; GERNIGON et al., 2014; LAMBERT et al., 2013) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de lagunes isolées du réseau salé d'une manière naturelle (absence de connexion physique) ou artificielle (par gestion des ouvrages hydrauliques)</li> <li>- Faible épaisseur de vase</li> <li>- Faible lame d'eau limpide et clair (non favorisé en cas de submersion marine)</li> <li>- Nécessité d'un assèchement estival (condition impossible à remplir en cas de submersion marine)</li> </ul> <p>Le développement de cette espèce annuelle est conditionné par de fortes variations de salinité : faibles en période hivernale, et en augmentation constante jusqu'à assèchement du bassin à la fin du printemps.</p>	FORTE	<p>Capacité de résilience (graines en dormance + cycle biologique rapide)</p> <p>Capacité de colonisation (apports par l'avifaune - anadrides)</p> <p>REX marais C10 - après sursalinité année N / printemps année N+1 apparition de characées</p> <p>Conditions d'accueil de l'espèce sur la réserve naturelle est fortement remis en question.</p>	<p>Gestion hydraulique du marais (niveau d'eau)</p> <p>Niveau de connaissances sur l'espèce jugé encore faible, d'après Elisabeth LAMBERT (Maître de Conférences à l'Université Catholique de l'Oues)</p> <p>Espèce cantonnée à quelques stations connues sur le littoral atlantique français = effectifs réduits</p>	FAIBLE	FORTE	FORTE
	<p><b>Physico-chimie eaux marines</b></p> <p><math>\uparrow</math> 7°C Eau de mer</p> <p><math>\searrow</math> pH</p> <p>Sur la réserve naturelle, répertoriées sur des bassins isolés/déconnectés du réseau hydraulique</p> <p>Exigences environnementales pour son développement (LAMBERT et al., 2013) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7°C eau comprise entre 22 et 25,5°C, d'après les observations faites sur Guérande et Noirmoutier</li> <li>- pH compris entre 7,3 et 10,9, d'après les observations faites sur Noirmoutier</li> </ul>	NULLE	<p>Espèce présente sous des latitudes plus au Sud (Espagne) - par défaut, capable de s'acclimater à des températures d'eaux saumâtres plus chaudes.</p> <p>Capable de se développer sur un large gradient de pH</p>	<p>Niveau de connaissances sur l'espèce jugé encore faible, d'après Elisabeth LAMBERT (Maître de Conférences à l'Université Catholique de l'Oues)</p> <p>Espèce cantonnée à quelques stations connues sur le littoral atlantique français = effectifs réduits</p>	NULLE	NULLE	
	<p><b>Température air</b></p> <p><math>\uparrow</math> 7°C moyenne</p> <p><math>\uparrow</math> Fréquence Vague chaude</p> <p>Exigence écologique (LAMBERT et al., 2013) :</p> <p>En période estivale : hausse de la salinité, favorisé par le processus d'évaporation, suivie d'une période d'assèchement de la Lagune (2 à 3 mois - au minimum 1 fois tous les 3 ans)</p> <p>Sensible au dessèchement pendant le cycle de végétation de la plante - fin d'hiver / printemps (LAMBERT et al., 2013)</p>	FORTE	<p>Capacité à mener son cycle biologique sur une période relativement courte, dès que les conditions environnementales sont favorables à l'espèce (fin de développement en mai)</p>	<p>Niveau de connaissances sur l'espèce jugé encore faible, d'après Elisabeth LAMBERT (Maître de Conférences à l'Université Catholique de l'Oues)</p> <p>Espèce cantonnée à quelques stations connues sur le littoral atlantique français = effectifs réduits</p>	FAIBLE	FORTE	
ANGUILLE d'EUROPE	<p><b>Niveau marin</b></p> <p>24 cm ≤ <math>\uparrow</math> ≤ 43 cm</p> <p>Directement NON</p> <p>Indirectement OUI - Perte de l'habitat lagune en cas de submersion marine</p>	FORTE	<p>L'anguille présente a priori 2 grands écotypes comportementaux : sédentaire / explorateur. Certains individus sont très territoriaux une fois installés en zone côtière/estuarienne/d'ulcicole. D'autres bougent beaucoup. L'augmentation du niveau marin peut rendre accessible de nouveaux espaces/habitats que les individus explorateurs auront potentiellement la capacité d'exploiter (dire d'expert - Elodie REVELHAC - chercheuse au LIENSs de La Rochelle)</p>	<p>un frein à la capacité d'adaptation est le manque de plasticité comportementale de la population : c'est le cas si, par exemple, trop peu d'individus sont explorateurs. Cette fraction peut être d'autant plus réduite que la condition des individus est mauvaise : problèmes sanitaires (parasitisme, herpès), ecotoxicologiques (pollutions organiques ou métalliques) qui diminuent les performances physiologiques et donc d'adaptation/survie des individus. également, tout obstacle physique de taille/configuration significative (dégradation habitat, barrière ou mouvement) va empêcher la colonisation de nouveaux espaces (dire d'expert - Elodie REVELHAC - chercheuse au LIENSs de La Rochelle)</p>	FAIBLE	FORTE	FORTE
	<p><b>Physico-chimie eaux marines</b></p> <p><math>\uparrow</math> 7°C Eau de mer</p> <p><math>\searrow</math> pH</p> <p>Directement OUI</p> <p>La température de l'eau est un stimulus important et conditionne l'activité biologique de l'anguille. En hiver, lorsque la température de l'eau est basse (7°C - 10°C), l'anguille est assez passive et s'enfouit presque complètement dans la vase ou sous les pierres. Lors de températures élevées, l'anguille peut également entrer en état de torpeur (SADLER, 1979; source : observatoire des poissons migrateurs de Bretagne)</p> <p>Selon DAVERAT et al., 2012, la croissance des anguilles est favorisée par un réchauffement des températures.</p> <p>Comportement migratoire : modification de la phénologie de l'espèce dont la phase de migration (LEGRAND et al., 2018) / la remontée des civelles semble inhibée si la variation de T° eau de mer/eau douce excède 5°C = sédentarisation temporaire dans l'estuaire (source : observatoire des poissons migrateurs de Bretagne)</p> <p>La température de croissance optimale des anguilles européennes varie entre les différents stades de développement de l'anguille (DEGANI et al., 1988).</p> <p>La température est également le principal facteur contrôlant la dynamique de la pigmentation lors de la métamorphose de la civelle dans les sites estuariens et fluviaux (BRIAND et al., 2005).</p> <p>Acidification des eaux = altérations physiologiques potentielles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte d'odorat lié à une eau plus acide = conséquences sur sa capacité à s'alimenter et se prémunir des prédateurs (PORTEUS et al., 2018)</li> <li>- Formation des otolithes (cristaux de carbonate de calcium) (HANSSON et al., 2015)</li> </ul> <p>Indirectement OUI</p> <p>Altération de la production primaire des océans liée au réchauffement climatique, source de nourriture des larves d'anguille = altération de la survie des anguilles de verre (BONHOMMEAU et al., 2008)</p>	FORTE	<p>Zone de tolérance thermique (optimum thermique pour la croissance de l'anguille établi à 22 - 23°C) (SADLER, 1979)</p> <p>Capacité à s'acclimater à des températures plus élevées - effet de seuil avec risque léthal à 38°C (SADLER, 1979)</p>	<p>problèmes sanitaires (parasitisme, herpès), ecotoxicologiques (pollutions organiques ou métalliques) qui diminuent les performances physiologiques et donc de régulation physiologique t°C et pH et d'adaptation/survie des individus (Source : Elodie REVELHAC, chercheuse spécialiste des poissons amphihalins au LIENSs de La Rochelle)</p>	FAIBLE	FORTE	
	<p><b>Température air</b></p> <p><math>\uparrow</math> Fréquence Vague chaude</p> <p>Directement OUI - anguille est une espèce ectotherme comme l'ensemble des poissons</p> <p>Indirectement OUI</p> <p>Baisse des niveaux d'eau dans les lagunes - zone de grossissement de l'anguille jeune</p> <p>Hausse de la salinité / baisse du niveau d'oxygène</p> <p>Impacts sur le réseau trophique. Même si l'anguille est plutôt opportuniste, une baisse de la disponibilité des proies l'impactera</p>	MOYENNE	<p>Capable de supporter un long séjour hors de l'eau. Sa peau recouverte d'un mucus épais et ses petites ouvertures branchiales la protègent de la dessiccation.</p> <p>IEF Natur'Adapt : diagnostic de vulnérabilité</p> <p>Capacité à s'acclimater à différents taux de salinité de l'eau, moyennant la mise en oeuvre de mécanismes physiologiques très énergivores d'osmorégulation : selon l'état sanitaire (condition physique), la survie est mise en jeu (dire d'expert Elodie REVELHAC, chercheuse spécialiste des poissons amphihalins au LIENSs de La Rochelle)</p>	<p>problèmes sanitaires (parasitisme, herpès), ecotoxicologiques (pollutions organiques ou métalliques) qui diminuent les performances physiologiques et donc de régulation physiologique t°C et pH et d'adaptation/survie des individus (Source : Elodie REVELHAC, chercheuse spécialiste des poissons amphihalins au LIENSs de La Rochelle)</p>	FAIBLE	MOYENNE	

	PARAMETRES climatiques hydrologiques	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet				VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)		
		SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION		PRESSIONS non climatiques	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet	
			intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)					Appréciation *
influencés par le CC <i>(quel que soit le scénario RCP)</i> Résultats du récit climatique	Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?  Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	Appréciation *	Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?  Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NESAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?  Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions	Appréciation *	par paramètre cf. matrice ci-dessus	au Changement climatique appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)	
PERSONNES (EQUIPE - MISSIONS Réserve et PUBLIC visiteur)	Niveau marin 24 cm ≤ $\uparrow$ ≤ 43 cm	Risque sécurité des personnes dans la réserve (équipe de gestion) ainsi qu'aux abords de la réserve naturelle (promeneurs, ...) en cas d'inondation du site, à l'occasion d'un débordement ou rupture des digues sur la réserve naturelle.	FORTE	Alertes vigilances données par Météo France  Plan de prévention des risques de la Réserve naturelle avec procédure d'urgence à suivre selon le niveau d'alerte (orange / rouge)	Respect des précautions selon le niveau d'alerte  Culture du risque, pour les personnes n'ayant pas vécues la submersion (repères Xynthia)  Renouvellement du personnel de la réserve naturelle (exemple dans le passé en 2002 - protocoles non formalisés / informations perdues)	FORTE	FAIBLE	MOYENNE
	Physico-chimie eaux marines $\uparrow$ T°C Eau de mer $\searrow$ pH	Rien ne laisse penser que l'évolution de la physico-chimie des eaux marines puisse affecter l'intégrité des personnes (directement ou indirectement).	NULLE			NULLE	NULLE	
	Température air $\uparrow$ T°C moyenne $\uparrow$ Fréquence Vague chaleur	$\uparrow$ Risques santé (déshydratation, coup de chaleur ...) durant épisode de fortes chaleurs (MCMICHAEL et al., 2006)  $\uparrow$ Risque zoonose (tiques - vecteur de la maladie de Lyme, apparition de nouvelles espèces de moustiques, vecteur de maladies ...) : extension de la période de l'année à risque (DUVALLET, 2006; OGDEN et al., 2016)  Risque de dégradation des conditions de travail pour l'équipe (bureaux sous les toits) et d'accueil du public (partie muséographie de la Maison du Fier non isolée)	FORTE	Prendre des mesures de précautions pour se protéger (chapeau, gourde d'eau, heures où ne pas s'exposer...)  Document d'évaluation des risques professionnels LPD  Décalage des horaires de travail du personnel  Décalage des horaires des activités découverte en extérieure ciblant le grand public	Peu voir pas de zones ombragées pour se rafraîchir et s'abriter dans la réserve et sur les cheminements aux abords  Respect et bonne application des consignes de précaution  Public qui évite les sorties aux heures chaudes et/ou qui privilégie la baignade à la plage	MOYENNE	MOYENNE	
ACTIVITE ANIMATIONS - SENSIBILISATION	Niveau marin 24 cm ≤ $\uparrow$ ≤ 43 cm	Modification visible du paysage des marais salés + des espèces présentes support des animations, en cas de submersion marine répétée	MOYENNE	Intégration du changement climatique dans le discours des animateurs pour accompagner cette évolution du paysage auprès du public	Non formalisée à ce jour (partage des travaux du projet Natur'Adapt)	FORTE	FAIBLE	MOYENNE
	Physico-chimie eaux marines $\uparrow$ T°C Eau de mer $\searrow$ pH	Paramètre participant à affecter le support d'animation, le paysage de la réserve naturelle	FAIBLE			NULLE	FAIBLE	
	Température air $\uparrow$ T°C moyenne $\uparrow$ Fréquence Vague chaleur	Affecte le niveau d'affluence des sorties programmées en extérieure  Moins d'oiseaux observables à l'œil nu en période de chaleur	FORTE	Planification des animations et sorties nature à destination du public (grand public, scolaires)	Pas de zones ombragées le long des cheminements (piétons ou cyclables) aux abords de la réserve naturelle	MOYENNE	MOYENNE	

	PARAMETRES climatiques hydrologiques	CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet				VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)		
		SENSIBILITE de l'objet	CAPACITE D'ADAPTATION		Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet	VULNERABILITE globale de l'objet	
			intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques				
influencés par le CC <small>(quel que soit le scénario RCP)</small> Résultats du récit climatique	Est-ce que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?  Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?	Appréciation*	Est-ce que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?  Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?  Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions	Appréciation*	par paramètre  cf. matrice ci-dessus	au Changement climatique  appréciation générale (par défaut appréciation la + forte)	
RECHERCHES SCIENTIFIQUES <small>(activité de recherche + outils de mesures)</small>	Niveau marin 24 cm ≤ T ≤ 43 cm	Matériel de mesures (stations, antennes) et données collectées peuvent être endommagées voir perdus en cas de submersion marine.  Affecte les études en cours - station météorologique sur les bossys perdus  Autre exemple : Transects matérialisés par des piquets dans le pré-salé (pour le suivi de l'œdipode des salines)  Source de nouvelles opportunités d'études scientifiques en lien avec le changement climatique tel que PAMPAS	FAIBLE	Relocalisation des outils de mesure		MOYENNE	FAIBLE	FAIBLE
	Physico-chimie eaux marines T°C Eau de mer pH	Rien ne laisse penser que les études actuelles soient affectées et remises en cause par l'évolution de paramètre.	NULLE				NULLE	
	Température air T°C moyenne Fréquence Vague chaleur	Sensibilité du matériel de mesure (composants électriques) lors d'épisodes de fortes chaleurs	MOYENNE	Résistance et protection du matériel de mesure	Outils technologiques disponibles sur le marché (gamme de produits professionnels) et leurs coûts financiers	MOYENNE	FAIBLE	
PASTORALISME	Niveau marin 24 cm ≤ T ≤ 43 cm	Directement OUI - risque de mortalité des animaux par noyade en cas de submersion  Indirectement OUI  Quantité d'eau : zones pâturées inondées en cas de submersion marine et/ou évolution de la teneur en sel des sols (salinisation), pouvant s'accompagner d'une évolution de la qualité fourragère lié à un changement de végétation (mizottes) et éventuellement la nécessité de réviser le taux de charge (UGB) des pâtures.  Qualité de l'eau : salinisation de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage en zone de marais littoraux - effet néfaste / toxique sur la santé des animaux et les performances zootechniques dès lors que la concentration en sel dans l'eau d'abreuvement dépasse un certain seuil (SECK, 1991)	FORTE	Instinct de survie qui amène les animaux à se réfugier sur un point haut  Seuil de tolérance des animaux à l'ingestion de minéraux (chlorure de sodium) en concentrations plus ou moins fortes dans l'organisme	Topographie du site non favorable  Pas de bassins versants - apports d'eau douce se fait donc uniquement par les précipitations (plus faible en période estivale = taux de salinité dans les lagunes plus important durant cette même période = altération de la qualité de l'eau d'abreuvement des animaux)  Abreuvement artificiel en période de déficit hydrique sur l'année (gestion, renouvellement en eau...)  Pour un troupeau présent à l'année sur la réserve : Action de mettre à l'abri (sur zones refuges identifiées) les animaux en cas d'alerte (rouge) dans le cadre du plan de prévention des risques de la réserve naturelle.  Transhumance du troupeau hors réserve naturelle en période hivernale	MOYENNE	MOYENNE	FORTE
	Physico-chimie eaux marines T°C Eau de mer pH	Non exposé	NULLE				NULLE	
	Température air T°C moyenne Fréquence Vague chaleur	Directement OUI - stress thermique des animaux en cas de fortes chaleurs - indice THI (Temperature Humidity Index)  Indirectement OUI - allongement des périodes de pousse = extension de la période de disponibilité en herbe pour le pâturage (ARRANZ, 2013)	FORTE	Zone de tolérance thermique des animaux (variable selon les races)  Race présente initialement sur la réserve naturelle : Scottish black face, race nordique.	Peu voir pas de zones ombragées pour permettre aux animaux de s'abriter en cas de fortes chaleurs  Date de tonte des ovins / opération externalisée (dépendance de la réserve naturelle selon la disponibilité de la personne compétente)	FAIBLE	FORTE	

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet		CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet		VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)			
	influencés par le CC <i>(quel que soit le scénario RCP)</i> Résultats du récit climatique	Appréciation*	CAPACITE D'ADAPTATION	PRESSIONS non climatiques	Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet <i>par paramètre</i> cf. matrice ci-dessus	VULNERABILITE globale de l'objet <i>au Changement climatique</i> appréciation générale <i>(par défaut appréciation la + forte)</i>	
			<i>intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)</i>	<i>Existe-t-il des pressions non climatiques (naturelles / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?</i>				
	Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ?  Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte) Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?		Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ?  Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturelles / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ?  Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque  Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ? Si NEGATIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions Si POSITIVE : appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions				
INFRASTRUCTURES ACCES SITE <i>(piste cyclable, chemins)</i>	Niveau marin 24 cm ≤ $\Delta$ ≤ 43 cm  <i>Inondation + dégradation</i> - Chemins et pistes cyclables en zone submersible selon le PPR de la commune des Portes-en-Ré - Erosion des bordures (dévers) de la piste cyclable et chemins (suite à la tempête Xynthia)	FORTE	Présence de digues de protection	Scénario du nouveau PAPI exclut ses infrastructures du périmètre protégé par un endiguement entretenu et réhaussé (Xynthia + 20 cm)  Enjeu important pour le tourisme pour la piste cyclable (nombre de passages comptabilisés par un écocompteur)	FAIBLE	FORTE	FORTE	
	Physico-chimie eaux marines $\Delta$ T°C Eau de mer $\Delta$ pH  Exposé en cas d'inondations des infrastructures suite à une submersion marine mais rien ne laisse à penser que ces paramètres puissent affecter l'intégrité de ces infrastructures.	NULLE			NULLE	NULLE		
	Température air $\Delta$ T°C moyenne $\Delta$ Fréquence Vague chaleur  Déformation du revêtement bitumeux (mélange de granulats enrobés de bitume, d'origine naturel - résidu d'anciens gisements naturels de pétrole ou issu de la distillation du pétrole) sous l'effet de la rétraction des argiles  Ramollissement en certains points du revêtement bitumeux de la piste cyclable sous l'effet de la chaleur  Entretien par la collectivité  Capacité de résistance du type de bitume employé - T°C maximale avant de se déformer / T°C minimale avant de se fissurer	MOYENNE		"Contraintes" de calendrier des travaux d'entretien liée à la proximité de ces infrastructures en bordure de réserve naturelle.  L'ampleur du trafic sur la piste  Pistes cyclables fermées aux véhicules à moteur, à l'exception de quelques véhicules de services et riverains	MOYENNE	FAIBLE		
INFRASTRUCTURES RESERVE <i>(signalétique, cabanes de stockages, clôtures ...)</i>	Niveau marin 24 cm ≤ $\Delta$ ≤ 43 cm  Cabanes en zone submersible  Espars/Bouées/Panneaux fragilisés	FORTE	Digues sur la réserve naturelle  PPR sur la réserve naturelle - stratégie de stockage du matériel gestionnaire	Digues exclues du scénario proposé dans le nouveau PAPI de l'île de Ré  MAJ et application des mesures de précautions inscrites dans le PPR	FAIBLE	FORTE	FORTE	
	Physico-chimie eaux marines $\Delta$ T°C Eau de mer $\Delta$ pH  Exposé, notamment la signalétique en mer mais rien ne laisse penser que ce paramètre puisse affecter l'intégrité de ces infrastructures.	NULLE			NULLE	NULLE		
	Température air $\Delta$ T°C moyenne $\Delta$ Fréquence Vague chaleur  Exposition de la signalétique de la réserve naturelle au rayonnement UV  Projection future : légère baisse aux latitudes entre 30 et 60° Nord (MCKENZIE et al., 2011)	FAIBLE	Signalétique + ou - résistante aux UV		FORTE	NULLE		

PARAMETRES climatiques hydrologiques	SENSIBILITE de l'objet		CAPACITE D'ADAPTATION globale de l'objet		Appréciation*	VULNERABILITE * = Risque d'impacts (+/-)		
	influencés par le CC <i>(quel que soit le scénario RCP)</i> Résultats du récit climatique	Appréciation*	CAPACITE D'ADAPTATION			Appréciation*	VULNERABILITE de l'objet <i>par paramètre</i> <i>cf. matrice ci-dessus</i>	VULNERABILITE globale de l'objet <i>au Changement climatique</i> <i>appréciation générale</i> <i>(par défaut appréciation la + forte)</i>
			intrinsèque (patrimoine naturel) / extrinsèque (autres)	PRESSIONS non climatiques				
	Est-ce-que la variation du paramètre climatique ou hydrologique (lié au changement climatique) peut affecter l'objet ? <i>Si NON = sensibilité Nulle = Vulnérabilité Nulle</i> <i>Si OUI, comment ? pour apprécier le niveau de sensibilité (faible / moyenne / forte)</i> <i>Si NE SAIS PAS = Vulnérabilité ?</i>		Est-ce-que, de lui-même, l'objet a la capacité à faire face à la variation du paramètre climatique ou hydrologique (sans intervention humaine pour le patrimoine écologique) ? <i>Si NON = capacité d'adaptation globale Nulle</i> <i>Si OUI, préciser laquelle ou lesquelles</i> <i>Si NE SAIS PAS = capacité d'adaptation globale ?</i>	Existe-t-il des pressions non climatiques (naturels / anthropiques) qui peuvent affecter (+ ou -) la capacité d'adaptation intrinsèque de l'objet ? <i>Si NON, appréciation CA globale = capacité d'adaptation intrinsèque</i> <i>Si OUI, lesquelles et sont-elles globalement positives (-) ou négatives (+) ?</i> <i>Si NEGATIVE: appréciation CA globale = CA intrinsèque - pressions</i> <i>Si POSITIVE: appréciation CA globale = CA intrinsèque + pressions</i>				
MAISON du FIER <i>(bureaux, musée, stockage données ...)</i>	Niveau marin 24 cm ≤ $\uparrow$ ≤ 43 cm <i>Infrastructure en zone submersible à caractère inconstructible au titre du plan de prévention des risques naturels de la commune des Portes-en-Ré (approuvé en date du 15 février 2018).</i> <i>A proximité du trait de côte</i> <i>Pas inondée lors de la tempête Xynthia</i>	MOYENNE	<i>[Surélévation des prises électriques à un mètre de hauteur]</i>	<i>Réhaussement de la digue de protection prévue dans le cadre du nouveau PAPI Ile de Ré - sur la base du scénario Xynthia +20 cm du niveau marin au large (prenant en considération l'élévation du niveau marin dans le contexte du changement climatique)</i>	MOYENNE	FAIBLE	FAIBLE	
	Physico-chimie eaux marines $\uparrow$ T°C Eau de mer $\searrow$ pH	NULLE		<i>Pas exposée et rien ne laisse à penser que ce soit un paramètre qui puisse affecter directement ou indirectement l'intégrité de la Maison du Fier</i>	NULLE	NULLE		
	Température air $\uparrow$ T°C moyenne $\uparrow$ Fréquence Vague chaleur	MOYENNE	<i>Procédure incendie en vigueur - extincteur disponible dans le bâtiment</i> <i>Intérieur du bâtiment protégé avec une peinture ignifuge</i> <i>Ventilation naturelle du bâtiment</i>	<i>Bâtiment entouré de zones humides, facilitant la circonscription de tout départ d'incendie dans la zone</i> <i>Topographie de la zone facilitant la détection de tout départ d'incendie dans le secteur</i> <i>[Prise en compte dans le cahier des charges de la muséographie des contraintes liées à la non isolation du bâtiment : choix de supports et de matériaux (électroniques) capable "d'endurer" d'importants écarts de températures et d'humidité...]</i>	MOYENNE	FAIBLE		
DIGUES et OUVRAGES HYDRAULIQUES	Niveau marin 24 cm ≤ $\uparrow$ ≤ 43 cm	FORTE	<i>Dépend de la stratégie locale en matière de gestion du trait de côte dans le cadre du PAPI 2 de l'Ile de Ré qui prévoit un renforcement (entretien et/ou réhaussement) d'une partie du linéaire de digues existant sur l'Ile.</i>	<i>Scénario actuel du PAPI ne prévoit aucun renforcement, entretien et/ou réhaussement des digues de la réserve naturelle.</i> <i>Niveau de mobilisation des acteurs locaux pour défendre la zone de près de 140 hectares, non incluse dans le cadre du nouveau PAPI.</i> <i>Présence de terriers de lapin dans le remblai côté polder</i>	FAIBLE	FORTE	FORTE	
	Physico-chimie eaux marines $\uparrow$ T°C Eau de mer $\searrow$ pH	NULLE		<i>Exposé car en contact avec les eaux marines mais rien ne laisse penser que l'évolution de la physico-chimie des eaux marines pourrait affecter ces infrastructures.</i>	NULLE	NULLE		
	Température air $\uparrow$ T°C moyenne $\uparrow$ Fréquence Vague chaleur	MOYENNE	<i>Une partie du linéaire de la digue est carapaçonné en béton, limitant ainsi les infiltrations d'eau au cœur de l'infrastructure.</i> <i>Les digues n'ont pas été conçues avec un géotextile, susceptible d'étanchéifier davantage l'infrastructure.</i>	<i>Présence de terriers de lapin dans le remblai côté polder</i> <i>Carapaçonnage en état dégradé, qui s'explique par une absence d'entretien et suite à l'impact de la tempête Xynthia.</i> <i>Végétalisation du front de digue qui fait face au Fier d'Ars (amortissement clapots et vagues)</i> <i>Présence d'une équipe sur site, capable de détecter et d'alerter toute dégradation de l'infrastructure.</i>	FAIBLE	MOYENNE		

# BIBLIOGRAPHIE

---

- ADAM P., 2002.** Saltmarshes in a time of change. *Environmental Conservation*, 29 (1), pp. 39-61.
- AMINOT A. et KEROUËL R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ifremer, 336 p.
- ANGST B., PHILIPPE M., URIEN M., HERRY J., BALLE-BEGANTON J., PASCO R., CAISE M. et BAILLY D., 2014.** Synthèse des connaissances sur les herbiers de zostères en appui à leur gestion dans le golf du Morbihan. Rapport AMURE et SIAGM, 138 p.
- ARRANZ J.M., 2013.** Témoignages d'adaptations aux évolutions climatiques. Changements observés dans les prairies permanentes de l'extrême sud-ouest de la France et perspectives pour les systèmes d'élevages herbivores. *Fourrages*, 214, pp. 139-144.
- ARTELIA, 2019.** Programme d'actions de prévention des inondations (PAPI) pour l'île de Ré. Résumé non technique. 21 p.
- AUBOUIN, A., 2014.** Distribution et stratégie de survie hivernale de la Barge à queue noire *Limosa lapponica* : exploitation de la ressource alimentaire par les mâles et femelles sur les vasières et plages de l'île de Ré. Rapport de stage M2 IEGB, UMR LIENSs, 66 p.
- AUBY I., BOST C.A., BUDZINSKI A., DESTERNES A., DALLOYAU S., BELLES A., PLUS M., TRUT G., PÈRE C., COUZI L., FEIGNE C. et STEINMETZ J., 2011.** Régression des herbiers de zostères dans le bassin d'arcachon : état des lieux et recherche des causes. IFREMER, pp. 36 - 58.
- AUZOUX-BORDENAVE S., WESSEL N., BADOU A., MARTIN S., M'ZOUZI S., AVIGNON S., ROUSSEL S., HUCHELLE S. et DUBOIS P., 2020.** Ocean acidification impacts growth and shell mineralization in juvenile abalone (*Haliotis tuberculata*). *Marine biology*, 167, <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3623-0>
- BARATAUD J., 2005.** Orthoptères et milieux littoraux, influence de la gestion des habitats herbacés et enjeux pour la biodiversité. Réserve Naturelle de Moëze – Oléron, 45 p.
- BARGAIN A., 2012.** Etude de la structure et de la dynamique des herbiers de *Zostera noltii* par télédétection multi et hyperspectrale. Géographie. Université de Nantes, 251 p.
- BEAUBERT R., 2015.** Macrophytes patrimoniales des Lagunes de l'île de Ré. LPO, 147 p.
- BELLARD C., BERTELSMEIER C., LEADLEY P., THUILLER W. et COURCHAMP F., 2012.** Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, pp. 365 – 377.
- BINDOFF N.L., CHEUNG W.W.L., KAIRO J.G., ARISTEGUI J., GUINDER V.A., HALLBERG R., HILMI N., JIAO N., KARIM M.S., LEVIN L., O'DONOGHUE S., PURCA CUICAPUSA S.R., RINKEVITCH B., SUGA T., TAGLIABUE A. et WILLIAMSON P., 2019.** Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 142 p.

**BJORK M., SHORT F., MCLEOD E. et BEER S., 2008.** Managing sea grasses for resilience to climate change. UICN, 60 p.

**BONHOMMEAU S., CHASSOT E., PLANQUE B., RIVOT E., KNAP A.H. et LE PAPE O., 2008.** Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series*, 373, pp. 71 - 80.

**BOURGEOIS T., 2017.** Effets des perturbations anthropiques sur la biogéochimie dans l'océan côtier à l'échelle globale. Océanographie. Université Paris-Saclay, 192 p.

**BREILH J.F., BERTIN X., CHAUMILLON E., GILOY N. et SAUZEAU T., 2014.** How frequent is storm-induced flooding in the central part of the Bay of Biscay? *Global and Planetary Change*, 122, pp. 161-175.

**BRIAND C., FATIN D., CICCOTI E. et LAMBERT P., 2005.** A stage -structured model to predict the effect of temperature and salinity on glass eel *Anguilla anguilla* pigmentation development. *Journal of Fish Biology*, 67, pp. 993 - 1009.

**BRIGNON J-M., MALHERBE L. et SOLEILLE S., 2005.** Les substances dangereuses prioritaires de la DCE. Fiches technico-économiques. INERIS, pp. 243 – 254.

**CARRE A., PEGUIN M. et POULIN B., 2012.** Liste rouge des écosystèmes de l'UICN. Exercice d'application sur quelques écosystèmes de Zones humides de France métropolitaine. UICN comité français – Tour du Valat, pp. 33 – 44.

**CACHOT J., 2018.** Effets combinés de la température et de la pollution sur le développement embryonnaire des mollusques bivalves. 1 p. ACCLIMATERRA, LE TREUT H. (dir.). Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires - Webcomplément.

**CARPENTIER A., LAMOUREUX J., GUILLAUDEAU J., CURD A., NEBOUT T., PITON J., et PUZIN C., 2010.** Etude ichtyologique sur la réserve naturelle de Lilleau des Niges (Île de Ré, 17) : inventaire et fonctionnement de la communauté à travers une approche saisonnière. MNHN, 99 p.

**CARR J.A., D'ODORICO P., MCGLATHERY K.J. et WIBERG P.L., 2012.** Modelling the effects of climate change on eelgrass stability and resilience ; future scenario and leading indicators of collapse. *Marine Ecology Progress Series*, 448, pp. 289 - 301.

**CASTELLE B., ABADIE S., BERTIN X., CHAUMILLON E., LE COZANNET G., LONG N., ROCLE N. et SOTTOLICHIO A., 2018.** Modifications physiques du littoral. IN : Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine pour agir dans les territoires. ACCLIMATERRA, pp. 305 – 329.

**CELLAMARE M., LEITAO M., COSTE M., DUTARTRE A., et HAURY J., 2010.** Tropical phytoplankton taxa in Aquitaine lakes. *Hydrobiologia*, 639, pp. 129 – 145.

**CHARLTON M., BOWES M., HUTCHINS M., ORR H. et BACHILLER - JARENO N., 2018.** Climate change and eutrophication risk thresholds in English rivers. Environment Agency, 55 p.

**CNBN, 2016.** Guide de reconnaissance des groupements végétaux de zones humides et aquatiques en Pays de Loire. <http://www.cbnbrest.fr/guidezh-pdl/>

**COLLECTIF, 2017.** Guide d'élaboration des plans de gestion des espaces naturels. *Cahiers techniques* n°88, AFB, <http://ct88.espaces-naturels.fr/>.

DAVERAT F., BEAULATON L., POOLE R., LAMBERT P., WICKSTRÖM H., ANDERSSON J., APRAHAMIAN M., HIZMEN B., ELIE P., ÖZDILEK Y. et GUMUS A, 2012. One century of eel growth: changes and implications. *Ecology of Freshwater Fish*, 31, pp. 325-336.

DAWSON W.R., BENNETT A.F. et JACK W., 1976. Metabolism and thermoregulation in hatchling ring billed gulls. *The Condor*, 78, pp. 49 - 60.

DE CASAMAJOR M- N. et MORANDEAU G., 2013. Espèces inhabituelles capturées dans le sud du golf de Gascogne. IFREMER, 55 p.

DEEGAN L.A., JOHNSON D.D, WARREN R.S., PETERSON B.J., FLEEGER J.W., FAGHERAZZI S. et WOLLHEIM W.M., 2012. Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss. *Nature*, 490, pp. 388 - 392.

DEGANI G., LEVANON M.D. et GALLAGHER M.L., 1988. Relationship between growth, food conversion, body size, body composition and temperature in the European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture research*, 19, pp. 139 - 143.

DONEY S.C., FABRY V.J., FEELY R.A. et KLEYPAS J.A., 2009. Ocean acidification : the other CO<sub>2</sub> problem. *Annual review of Marine Science*, 1, pp. 165 – 192.

DUPONT S. et PORTNER H., 2013. Get ready for ocean acidification. *Nature*, 498, <https://doi.org/10.1038/498429a>

DUVALLET G., 2006. Parasites, vecteurs de pathogènes et changements climatiques. *Hydroécologie appliquée*, 15, pp. 87 - 96.

EHLERS A., WORM B. et REUTSCH B.H., 2008. Importance of genetic diversity in eelgrass *Zostera marina* for its resilience to global warming. *Marine Ecology Progress Series*, 355, pp. 1-7.

ESPEL D., NOEL J.D., BOUTRON O., BUFFAN-DUBAU E., CHERAIN Y., COULET E., GRILLAS P, PROBST A., SILVESTRE J. et ELGER A., 2019. Dynamics of the seagrass *Zostera noltei* in a swallow Mediterranean lagoon exposed to chemical contamination and other stressors. *Estuarine, coastal and shelf science*, 222, pp. 1 - 12.

FAGHEREZZI S., KIRWAN M.C., MUDD S.M., GUNTENSPERGEN G.R., TEMMERMAN S., D'ALPAOS A., VAN DE KOPPEL J., RYBCZYK J.M., REYES E., CRAFT C. et CLOUGH J., 2012. Numerical models of salt marshes evolution : ecological, geomorphic and climate factors. *Reviews of Geophysics*, 50, 28 p.

FONTANA P., KLEUKERS R.M.J.C., 2002. The Orthoptera of the Adriatic coast of Italy. *Biogeographia*, 19 p.

FOSTER W.J., GARVIE C.L., WEISS A.M., MUSCENTE A.D., ABERHAN M., COUNTS J.W. et MARTINDALE R.C., 2020. Resilience of marine invertebrates communities during the early Cenozoic hyperthermals. *Scientific Reports*, 10, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58986-5>

FRIED G. et PANETTA F.D., 2016. Comparing an exotic shrub's impact with that of a native life form analogue: *Baccharis halimifolia* L. vs *Tamarix gallica* L. in Mediterranean saltmarsh communities. *Journal of Vegetation Science*, p. 2.

FUHRMANN M., RICHARD G., QUERE C., PETTON B. et PERNET F., 2019. Low pH reduced survival of the oyster *Crassostrea gigas* exposed to the Ostreid herpesvirus 1 by altering the metabolic response of the host. *Aquaculture*, 503, pp. 167 – 174.

GAGER L., 2015. Les cahiers naturalistes de l'observatoire marin. 4, pp. 35 – 37.

GARNIER E., BOUCARD J. et SURVILLE F., 2010. La crise de *Xynthia* à l'aune de l'histoire : enseignements et enjeux contemporains d'une histoire des submersions. Groupe de recherche Submersions – Rapport pour le gouvernement, 112 p.

GAZEAU F., PARKER L.M., COMEAU S., GATTUSO J-P., O'CONNOR W.A., MARTIN S., PÖRTNER H.-O. et ROSS P.M., 2013. Impacts of ocean acidification on marine shelled molluscs. *Marine Biology*, 160, pp. 2207–2245.

GERNIGON J., DESMOTS D. et LEMESLE J-C., 2014. Découverte de trois espèces de macrophytes aquatiques d'intérêt patrimonial sur l'île de Ré : état des connaissances et perspectives. LPO, 14 p.

GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Rapport de synthèse. 103 p.

GODET L. et LUCZAK C., 2012. Changement climatique et limicoles en hiver. Forum des Marais Atlantiques. Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières, Estuarium, pp. 687 - 704.

HALE R., CALOSI P., McNEILL L., MIESZKOWSKA N., et WIDDICOMBE S., 2011. Predicted levels of future ocean acidification and temperature rise could alter community structure and biodiversity in marine benthic communities. *OKOIS*, 120, pp. 661 - 674.

HANSSON L. et MARTIN S., 2015. L'acidification des océans, l'autre problème de CO<sub>2</sub>. *Le courrier de la Nature*, 293, pp. 34 - 41.

HAVAS M. et ROSSELAND B.O., 1995. Response of zooplankton, benthos and fish to acidification : an overview. *Water, Air, Soil pollution*, 85, pp. 51 - 62.

IPCC, 2019. Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)], 36 p.

JEHL J.R et SHEILA A.M., 1987. The roles of thermal environment and predation in habitat choice in California Gull. *The Condor*, 89, pp. 850 - 862.

JIGUET F., JULLIARD R., THOMAS CD., DEHORTER O., NEWSON SE., et COUVET D., 2006. Thermal range predicts bird population resilience to extreme high temperatures. *Ecology letters*, 9, pp. 1321 - 1330.

JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHES J., HIDAL M. et WAVRESKY P., 2010. Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne] consulté le 30 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/23155> ; DOI : 10.4000/cybergeo.23155

JOUZEL J., LORIUS C. et RAYNAUD D., 1994. Climat du futur : le témoignage du passé. *Natures – Sciences – Sociétés*, 2, pp. 298 – 308.

KEELING R.F., KORTZINGER A. et GRUBER N., 2010. Ocean desoxygenation in a warming world. *Annual review of Marine Science*, 2, pp. 199 – 229.

KIRWAN M.L., TEMMERMAN S., SKEEHAN E., GUNTENSPERGEN G. et FAGHERAZZI S., 2016. Overestimation of marsh vulnerability to sea level rise. *Nature climate change*, 6, pp. 253 - 260.

KUROYANAGI A., KAWAHATA H., SUZUKI A., FUJITA K. et IRIE T., 2009. Impacts of ocean acidification on large benthic foraminifers : results from laboratory experiments. *Marine Micropaleontology*, 73, pp. 190 - 195.

Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais, 2019. Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2018. Départements de Charente-Maritime et de Vendée (sud). IFREMER, p.28.

**Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais, 2018.** Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2017. Départements de Charente-Maritime et de Vendée (sud). IFREMER, p.32. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00466/57743/>

**LACOUÉ-LABARTHE T., 2018.** L'acidification des océans, la "sœur maléfique" du réchauffement. 1 p. ACCLIMATERRA, LE TREUT H. (dir.). Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires - Webcomplément.

**LAFFOLEY D., BAXTER J.M., TURLEY C. et LAGOS N.A., 2017.** Introduction à l'acidification de l'océan : ce que c'est, ce que nous savons et ce qui peut arriver. UICN, Gland, Suisse, 30 p.

**LAMBERT E., DESMOTS D., LE BAIL J., MOURONVAL J-B. et FELZINES J-C., 2013.** Tolypella salina R. Cor. on the French Atlantic coast: biology and ecology. *Acta Botanica Gallica*, 160 (2), pp. 107-119.

**LAUDELOUT A. et PAQUET J.Y., 2014.** Les changements climatiques et les oiseaux : synthèse et impacts sur l'avifaune wallonne. *Aves*, 51, pp. 193 - 215.

**LEGRAND M., BRIAND C. et LAFAILLE P., 2018.** Modification de la phénologie des espèces amphihalines face au changement climatique. *I.S. River*, 3 p.

**LEROUX J., 2013.** Chenaux tidaux et dynamique des prés-salés en régime méga-tidal : approche multi-temporelle du siècle à l'événement de marée. *Géomorphologie*. Université Rennes 1 - Université Européenne de Bretagne, 279 p.

**LEVIN L.A., 2018.** Manifestation, Drivers and Emergence of Open Ocean Desoxygenation. *Annual review of Marine Science*, 10, pp. 229 – 260.

**LIU Y-M., SUTTON J.N, RIES J.B. et EAGLE R.A., 2020.** Regulation of calcification site pH is a polyphyletic but not always governing response to Ocean Acidification. *Science Advances*, 6, DOI: 10.1126/sciadv.aax1314

**LLORET J., MARIN A. et MARIN - GUIRAO L., 2008.** Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change? *Estuarine, coastal and shelf science*, 78, pp. 403 - 412.

**LUBER G. et MCGEEHIN M., 2008.** Climate change and extreme heat events. *American journal of preventive medicine*, 35, pp. 429 – 435.

**MENENDEZ R., 2007.** How are insects responding to global warming? *Tijdschrift voor Entomologie*, 150, pp. 355 – 365.

**MCKECHNIE A., HOCKEY PAR., et WOLF B., 2012.** Feeling the heat: Australian landbirds and climate change. *Emu - Austral Ornithology*, 112, [https://doi.org/10.1071/MUv112n2\\_ED](https://doi.org/10.1071/MUv112n2_ED)

**MCKECHNIE A., et WOLF B., 2009.** Climate change increases the likelihood of catastrophic avian mortality events during extreme heat waves. *Biology letters*, 6, pp. 253 - 256.

**MCKENZIE R.L., AUCAMP P.J., BAIS A.F., BJORN L.O., ILYAS M. et MADRONICH S., 2011.** Ozone depletion and climate change: impacts on UV radiation. *Photochemical and photobiological Sciences*, 10, pp. 182 - 198.

**MCMICHAEL A.J., WOODRUFF R.E. et HALES S., 2006.** Climate change and human health: present and future risks. *The lancet*, 367, pp. 859 - 869.

MOS B. KOSTEN S., MEERHOFF M., BAYTARBEE R.W., JEPPESEN E., MAZZEO N., HAVENS K., LACEROT G., ZHENGREN L., DE MEESTER L., PAERL H. et SCHEFFER M., 2011. Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland waters*, 1, pp. 101 - 105.

OCCHIPINTI – AMBROGI A., 2007. Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine pollution bulletin*, 55, pp. 342 – 352.

OGDEN N.H. et LINDSAY R., 2016. Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. *Trends in Parasitology*, 32, pp. 646 - 656.

ONERC, 2018. Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. Rapport au premier ministre et au parlement. La documentation française, 200 p.

ONERC, 2013. Découvrir les nouveaux scénarios RCP et SSP utilisés par le GIEC. MEDDE, 12 p.

OTT J., 2010. Dragonflies and climatic changes - recent trends in Germany and Europe. In: OTT J. (Ed) (2010) Monitoring Climatic Change With Dragonflies. *BioRisk*, 5, pp. 253–286.

OSPAR, 2008. Liste OSPAR des espèces et habitats menacés et/ou en déclin. [https://inpn.mnhn.fr/docs/ref\\_habitats/TYPO\\_OSPAR\\_ESP\\_HAB\\_PDF.pdf](https://inpn.mnhn.fr/docs/ref_habitats/TYPO_OSPAR_ESP_HAB_PDF.pdf)

PICKERING M.D., HORSBURGH K.J., BLUNDELL J.R., HIRSCHI J.J., NICHOLLS R.J., VERLAAN M. et WELLS N.C., 2017. The impact of future sea level rise on the global tides. *Continental shelf research*, 142, pp. 50 - 68.

PLANTON S., DEQUE M., CHAUVIN F. et TERRAY L., 2008. Expected impacts of climate change on extreme climate events. *Comptes rendus Geosciences*, 240, pp. 562 – 574.

PLANTON S., 2002. Le changement climatique et la probabilité des tempêtes sur l'Atlantique Nord. *Annales des Mines*, pp. 15 – 19.

PLUS M., DESLOUS - PAOLIJ.M., AUBY J. et DAGAULT F., 2001. Factors influencing primary production of seagrass beds (*Zostera noltii*) in the Thau lagoon (French Mediterranean coast). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 259, pp. 63 - 84.

PONSERO A., LE MAO P., HACQUEBART P., JAFFRE M. et GODET L., 2012. Quantifier les besoins énergétiques des limicoles. Forum des Marais Atlantiques. Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zone côtière, *Estuarium*, pp. 311-320.

PONSERO A., TRIPLET P., AULERT C., JOYEUX E., MEUNIER F. et PERIN R., 2008. Rythme hivernal d'alimentation du Courlis cendré (*Numenius arquata*) dans cinq grandes baies et estuaires français. *Alauda*, 76 (2), pp. 89 - 100.

PORTEUS CS., HUBBARD PC., UREN WEBSTER TM., VAN AERLE R., CANARIO AVM., SANTOS EM., WILSON RW., 2018. Near-future CO<sub>2</sub> levels impair the olfactory system of a marine fish. *Nature climate change*, 8, pp. 737 - 743.

POULIN R. et MOURITSEN K.N., 2006. Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems. *Journal of Hemithology*, 80, pp. 183 - 191.

POUVREAU S., 2019. Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de l'huître creuse en France : le Réseau Velyger. Rapport annuel 2018. IFREMER, pp. 16 – 30.

QUERO JC., DU BUIT MH., VAYNE JJ., 1998. Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta*, 21, pp. 345 - 351.

QUERO JJ., SPITZ J. et VAYNE JJ., 2007. Faune française de l'atlantique - poissons carangidés. *Annales de la société des sciences naturelles*, 9, pp. 709 – 722.

RAMSTEIN G., 2017. Une brève histoire du climat de la Terre. *Reflets de la Physique*, pp. 6 – 14.

REPOLHO T., DUARTE B., DIONISIO G., PAULA J.R., LOPES A.R., POSA I.C., GRILO T.F., CACADOR I., CALADO R. et ROSA R., 2017. Seagrass ecophysiological performance under ocean warming and acidification. *Scientific reports*, 7, <https://doi.org/10.1038/srep41443>

RIHOUEY D. et DAILLOUX D., 2017. OBSERVATOIRE DU LITTORAL DE L'ILE DE RERAPPORT FINAL DE SYNTHÈSE DES RESULTATS 2013-2016. CASAGEC Ingénierie - Communauté de Communes de l'Île de Ré, 41 p.

ROBIN F., BERGUE E. et LELONG V., 2017. Contribution à la connaissance de l'écologie d'*Epacromius tergestinus tergestinus* (Charpentier, 1825), le criquet des salines, sur les prés salés de la Réserve naturelle de Moëze-Oléron. In : GOUIX N. et MARC D., 2017. Les Invertébrés dans la conservation et la gestion des espaces naturels. Actes du colloque de Toulouse du 13 au 16 mai 2015, pp. 97 - 103.

SADLER K., 1979. Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology*, 15, pp. 499 - 507.

SALO T., 2014. From genes to communities : stress tolerance in eelgrass (*Zostera marina*). Abo Akademi University, 62 p.

SALZMAN A.G., 1982. The selective importance of heat stress in gull nest location. *Ecological society of America*, 63, pp. 742 - 751.

SECK O.K., 1991. Effet de la qualité de l'abreuvement sur l'alimentation et les performances zootechniques des ruminants en régions arides et semi-arides. Maisons-Alfort : CIRAD-IEMVT, 10 p.

SHORT F.T. et NECKLES H.A., 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 63, pp. 169 - 196.

SOLETCHNIK P., LE MOINE O. et POLSENAERE P., 2017. Evolution de l'environnement hydroclimatique du bassin de Marennes Oléron dans le contexte du changement global. IFREMER – LERPC, 50 p.

SUI Y. ZHOU K., LAI Q., YAO Z. et GAO P., 2019. Effects of seawater acidification on early development of Clam *Cyclina sinensis*. *Journal of Ocean University of China*, 18, pp. 913 - 918.

TERRONES A., MORENO J., AGULLO J.C., VILLA J.L., VICENTE A., ALONSO M.A. et JUAN A., 2016. Influence of salinity and storage on germination of *Tamarix taxa* with contrasted ecological requirements. *Journal of Arid Environments*, 135, pp. 17 - 21.

VALLE M., CHUST G., DEL CAMPO A., WISZ M.S., OLSENS M., GARMENDIA J.M. et BURJA M., 2014. Projecting future distribution of the seagrass *Zostera noltii* under global warming and sea level rise. *Biological conservation*, 179, pp. 74 - 85.

VAN COLEN C., ONG E.Z., BRIFFA M., WHETHEY D.S., ABATIH E., MOENS T. et WOODIN S.A., 2020. Clam feeding plasticity reduces herbivore vulnerability to ocean warming and acidification. *Nature Climate Change*, 10, pp. 162–166.

VAN COLEN C., JANSSON A., SAUNIER A., LACOUÉ-LABARTHE T. et VINCX M., 2018. Biogeographic vulnerability to ocean acidification and warming in a marine bivalve. *Marine Pollution Bulletin*, 126, pp. 308-311.

**VAN DER WEGEN M., JAFFE B., FOXGROVER A. et ROELVINK D., 2017.** Mudflat morphodynamics and the impact of sea level rise in South San Francisco Bay. *Estuaries and Coasts*, 40, pp. 37 - 49.

**VERGER, 2002.** Les conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur les côtes basses à marée.

Futurasciences [En ligne] :

<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/oceanographie-consequences-elevation-niveau-mer-cotes-basses-maree-133/>

**WARD S.L., GREEN J.A.M. et PELLING H.E., 2012.** Tides, sea level rise and tidal power extraction on the European shelf. *Ocean dynamics*, 62, pp. 1153 - 1167.

**WITTMANN A.C. et PORTNER A.O., 2013.** Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification. *Nature Climate Change*, 3, pp. 995 - 1001.

**WISDORFF D., BEUCHER F., SALVAYRE L., THOUMEUX F. et DOUERLN J.P., 1999.** Climatologie saisonnière de la Charente-Maritime par classes de direction de vent. *La Météorologie*, 25, 9 p.



[naturadapt.com](http://naturadapt.com)

**Le projet LIFE Natur'Adapt** vise à intégrer les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens. Coordonné par Réserves Naturelles de France, il s'appuie sur un processus d'apprentissage collectif sur 5 ans (2018-2023), autour de trois axes :

- L'élaboration d'outils et de méthodes opérationnels à destination des gestionnaires d'espaces naturels, notamment pour élaborer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et un plan d'adaptation ;
- Le développement et l'animation d'une communauté transdisciplinaire autour des espaces naturels et du changement climatique ;
- L'activation de tous les leviers (institutionnels, financiers, sensibilisation...) nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation.

Les différents outils et méthodes sont expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis seront revus et testés sur 15 autres sites avant d'être déployés aux échelles nationale et européenne.

## Coordinateur du projet



Contact : [naturadapt-rnf@espaces-naturels.fr](mailto:naturadapt-rnf@espaces-naturels.fr) / 03.80.48.91.00

## Partenaires engagés dans le projet



## Financeurs du projet



*The Natur'Adapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union*

Photo de couverture : ©David PACAUD