



© ADENA

# Diagnostic de vulnérabilité

Démarche d'adaptation au changement  
climatique du site du conservatoire  
du littoral du **Bagnas**



# Auteur

---

Noémie NOJAROFF – ADENA

# Relecture

---

Xavier FORTUNY – ADENA, Julie BERTRAND – ADENA, Gilles LOLIO – Conservatoire du littoral, Réserves Naturelles de France

# Remerciements

---

Tous mes remerciements vont aux nombreuses personnes qui ont contribué à la réalisation de ce diagnostic prospectif.

Je souhaite remercier en premier lieu mes collègues de l'ADENA : Xavier FORTUNY (conservateur du Bagnas) et Julie BERTRAND (directrice de l'ADENA) pour leur confiance et leur accompagnement tout au long du projet, mais aussi Clara RONDEAU, Mathieu LOGNOS, et Laëtitia MARRAS, pour leur expertise, leur bonne humeur et le temps précieux qu'il m'ont accordé.

Je remercie les membres de la Commission Scientifique du Bagnas qui ont apporté leur expertise et leur connaissance du patrimoine naturel du site, ainsi que les chercheurs et experts qui ont apporté leur expertise sur certains paramètres climatiques. Merci aussi aux partenaires de l'ADENA (CdL, CEN, CAHM, SAM, SMBT) ayant participé aux réflexions sur la démarche d'adaptation du Bagnas. Le diagnostic s'est également enrichi des échanges avec les acteurs du territoire (éleveur, viticulteurs, direction des campings, chasseur) qui m'ont accordé du temps pour partager leur vision de leur activité dans un contexte de changement climatique.

Un grand merci à mes homologues des sites test et sites pilotes du projet, avec qui les échanges furent parfois rassurants et toujours très intéressants. Je remercie enfin toute l'équipe de coordination du LIFE à Réserves Naturelles de France, ainsi que l'ensemble des partenaires du consortium du LIFE Natur'Adapt.

# Citation de l'ouvrage

---

NOJAROFF N., 2022. Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique du site du Bagnas. LIFE Natur'Adapt – Rapport ADENA. 32 p., 2 Annexes.

# Table des matières

---

RÉSUMÉ.....	5
INTRODUCTION .....	6
LA DÉMARCHE NATUR'ADAPT.....	7
Philosophie de la démarche.....	7
La phase de test .....	7
LE SITE DU BAGNAS .....	8
Présentation du Bagnas .....	8
Le Bagnas et le changement climatique .....	10
LE CLIMAT PASSÉ, PRÉSENT, FUTUR.....	11
Méthodologie d'étude du climat .....	11
Caractérisation du climat local.....	13
L'évolution de la température atmosphérique et des paramètres associés .....	13
L'évolution des précipitations et des paramètres associés .....	15
L'évolution des paramètres marins et leurs conséquences.....	17
Résumé de la synthèse climatique.....	19
METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC .....	20
Sélection des composantes.....	20
Pressions et facteurs non climatiques .....	22
Analyse par questionnaire .....	24
Méthode d'évaluation de la vulnérabilité.....	25
POINT IMPORTANT : temporalités d'analyse.....	27
RESULTATS DE L'ANALYSE DE VULNERABILITE.....	28
Vulnérabilité et opportunité des composantes .....	28
Synthèse des résultats .....	31
Analyse des nouveaux arrivants.....	31
RÉCIT PROSPECTIF DU BAGNAS SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	33
Forme du récit prospectif.....	33
Récit prospectif .....	34
CONCLUSION .....	37
LISTE DES ACRONYMES .....	38
GLOSSAIRE.....	39
BIBLIOGRAPHIE.....	40

SITOGRAFIE.....	41
ANNEXES .....	42

# RÉSUMÉ

---

## **La démarche Natur'Adapt :**

Le projet LIFE Natur'Adapt vise à intégrer les enjeux du changement climatique (CC) dans la gestion des aires protégées (AP). Le site du Bagnas (en tant que site du Conservatoire du littoral) a été retenu avec 14 autres AP pour participer à la phase de test de la méthode développée. Le présent document contient le diagnostic du Bagnas face au CC, première partie de la mise en œuvre de la démarche d'adaptation Natur'Adapt (avant le plan d'adaptation). L'objectif de l'analyse est d'appréhender le CC sur le site et son impact possible sur le patrimoine naturel, la gestion, et les activités socio-économiques du Bagnas.

## **Le site du Bagnas :**

Situé sur le littoral héraultais, le Bagnas est une zone humide protégée, à la fois réserve naturelle nationale (depuis 1983), site du Conservatoire du littoral et Natura 2000. Le site de 743 ha est géré par l'ADENA, association de préservation et de sensibilisation à la nature, experte en zones humides littorales. Le site du Bagnas concentre une mosaïque de milieux naturels du littoral méditerranéen (dunes, sansouïres, lagunes, roselières, ...) qui abrite de nombreuses espèces patrimoniales.

## **Le climat local et ses évolutions :**

Le climat méditerranéen est caractérisé par des hivers doux, des étés chauds et ensoleillés, et des jours de pluie peu nombreux et irréguliers. Dans le futur, les températures vont continuer d'augmenter (+ 2°C en 2050 et jusqu'à +4°C en 2100, soit 19°C de moyenne annuelle). Les prévisions des précipitations annuelles sont incertaines, tout comme celles du débit du fleuve Hérault (source d'alimentation en eau douce importante du Bagnas). Toutefois, il devrait pleuvoir plus en hiver et un peu moins en été, avec des périodes sans pluie plus longues et des sols plus secs. Le niveau marin va continuer d'augmenter rapidement (jusqu'à +75 cm d'ici 2100), les intrusions salines souterraines et dans le fleuve Hérault vont possiblement s'accroître, et l'érosion littorale va s'intensifier. Enfin, les submersions marines, menaces directes pour le site, seront plus fréquentes.

**Point important :** L'hypothèse d'une submersion permanente du Bagnas d'ici 2030-2050 est posée (étude du BRGM en 2021), mais le processus y menant et l'état du site après ne sont pas connus aujourd'hui. La méthode Natur'Adapt est donc utilisée pour faire le diagnostic du site avant submersion permanente ; la réflexion sur l'état du site après, pour lequel il y a trop d'inconnues, est initiée dans le récit prospectif.

## **Méthodologie du diagnostic :**

Les impacts du CC sur le site du Bagnas ont été évalués à travers 31 composantes sélectionnées pour leur caractère déterminant dans la gestion actuelle ou leur représentativité du site : 19 éléments du patrimoine naturel (habitats, cortèges et espèces), 6 outils et moyens de gestion et 6 activités socio-économiques. Les pressions non climatiques impactant leur présence ou leur évolution ont aussi été identifiées. Les axes de réflexion et la grille d'évaluation proposés par la méthode Natur'Adapt ont ensuite permis d'évaluer la vulnérabilité ou l'opportunité au changement climatique de chaque composante.

## **L'impact probable du CC sur le Bagnas :**

L'analyse montre que les composantes du Bagnas ne présentent pas la même vulnérabilité au CC. La zone littorale est très vulnérable aux phénomènes climatiques marins (érosion, submersion, intrusions salines, ...). La forte vulnérabilité de la lagune permanente, la roselière et la gestion hydraulique rend la partie Nord du Bagnas et sa biodiversité également très vulnérables. Dans la partie Sud à l'inverse, certains habitats (sansouïre, lagune temporaire) pourraient bénéficier du CC à court terme. Après submersion marine permanente, le travail prospectif relève plus de suppositions sur un futur possible du site. La majorité des éléments qui composent le Bagnas actuel est grandement menacée par une telle hypothèse. En effet, la présence permanente d'eau salée est incompatible avec le maintien de beaucoup d'habitats, espèces, infrastructures, et autres composantes du Bagnas.

## **Perspectives :**

Les constats posés dans ce diagnostic appellent des actions pour adapter la gestion du site aux enjeux du CC. Ils montrent aussi l'importance d'acquérir plus de connaissances sur les sujets abordés ici, en particulier sur les phénomènes de submersion marine.

# INTRODUCTION

---

Le projet LIFE Natur'Adapt vise à **intégrer les enjeux du changement climatique dans la gestion des aires protégées** en France et en Europe. Prévu sur 5 ans (2018-2023), il est coordonné par Réserves Naturelles de France, et se construit autour de trois axes :

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

Les différents outils et méthodes ont été expérimentés sur six réserves partenaires du projet, et sont désormais revus et testés sur 15 autres sites, dont le Bagnas, avant d'être déployés aux échelles nationale et européenne. L'objectif à 10 ans est que 80% des gestionnaires de réserves naturelles aient adopté des modalités de gestion, de planification et de gouvernance adaptatives dans un contexte de changement climatique et que les autres principaux espaces naturels protégés s'engagent dans cette voie.

Le Bagnas a été retenu pour participer à la **phase de test du projet** en tant que site du Conservatoire du littoral (CdL). Cette étape concerne des espaces naturels aux différents statuts, et le Bagnas a la particularité de posséder plusieurs statuts de protection : réserve naturelle nationale, site Natura 2000 et site du CdL. L'objectif de cette étape est de mettre en œuvre la démarche, tester les outils et méthodes développés dans le cadre du projet et contribuer à leur amélioration en vue du déploiement.

Dans ce rapport sont présentés les détails de la démarche Natur'Adapt mise en œuvre, les principaux résultats du Diagnostic de Vulnérabilité et d'Opportunité (DVO) et le devenir probable du site à travers un récit prospectif. Un second document faisant suite à celui-ci présente les pistes d'adaptation possibles pour répondre aux divers enjeux présentés ici.

# LA DÉMARCHE NATUR'ADAPT

---

## Philosophie de la démarche

La démarche Natu'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.

## La phase de test

La phase de test est la troisième phase du projet LIFE Natur'Adapt, après les phases de co-conception des outils et méthodes et leur expérimentation par 6 sites pilotes. Les objectifs de la phase de test sont de mettre en œuvre la démarche, tester les outils et méthodes développés, contribuer à leur amélioration en vue du déploiement, et participer à la vie de la communauté Natur'Adapt.

Le Bagnas ayant été sélectionné pour la phase de test du projet Natur'Adapt, l'ADENA (son gestionnaire) met en œuvre **la démarche d'adaptation** sur son site. Cette démarche comporte plusieurs étapes :

- Immersion et cadrage local de la démarche
- Analyse du climat passé, présent et futur sur le territoire de l'aire protégée
- Analyse de la vulnérabilité ou opportunité des éléments du site face au CC
- Définition d'une stratégie d'adaptation et d'actions pouvant être menées pour répondre aux vulnérabilités et opportunités identifiées par le diagnostic

Les premières étapes donnent lieu à la rédaction du présent rapport intitulé **Diagnostic de Vulnérabilité et d'Opportunité (DVO)**. Un second document, le **Plan d'Adaptation (PAd)**, contient la stratégie d'adaptation du site ainsi que les actions proposées pour répondre aux enjeux identifiés dans le DVO.



# LE SITE DU BAGNAS

## Présentation du Bagnas

L'aire protégée du Bagnas se situe sur le littoral méditerranéen dans le département de l'Hérault, en Occitanie (ex-région Languedoc-Roussillon). Localisé entre les stations balnéaires du Cap d'Agde et de Marseillan Plage, le site du Bagnas est un écrin de nature et de quiétude, préservé au cœur d'un secteur touristique du littoral héraultais très aménagé et fortement fréquenté. Le site est **géré par l'ADENA**, association de préservation et de sensibilisation à la nature, experte en zones humides littorales, en lien avec la Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée (CAHM) et la Ville d'Agde.

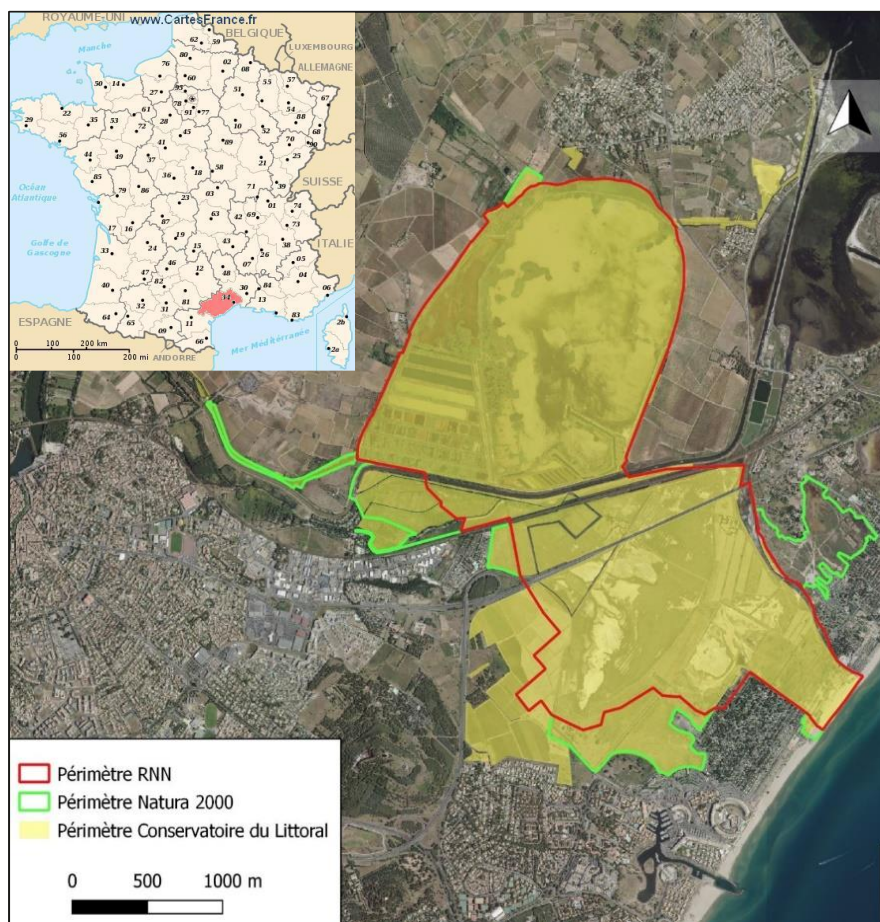


Figure 1 : Carte de localisation du site du Bagnas (Source : ADENA)

Le Bagnas concentre, sur 743 ha, une mosaïque de milieux naturels du littoral méditerranéen. Le site présente deux parties aux fonctionnalités écologiques et aux paysages bien différents. Au nord, le Grand Bagnas présente un étang d'eau saumâtre entouré de roselières, bordé à l'ouest par des coteaux viticoles. Au sud, le Petit Bagnas se compose de lagunes temporaires ponctuées de milieux salés (prairies et sansouïres), séparés de la mer par un cordon dunaire. Ces écosystèmes abritent des centaines d'espèces animales et végétales remarquables protégées au niveau national et international.





### Secteurs du site du Bagnas



0 500 1 000 m

Sources : ADENA ; IGN  
Date : 09/05/2022



Figure 2 : Carte de localisation des secteurs du site du Bagnas (Source : ADENA)



Figure 3 : Photographie du Grand Bagnas et chiffres clés de la biodiversité du site ; source : ADENA ; données actualisées en 2020)



Plusieurs statuts de protection permettent de préserver le site : en 1983, le classement en **Réserve Naturelle Nationale** a sauvé le Bagnas de la pression foncière qui le menaçait. Ce statut de protection forte règlemente son usage et en interdit notamment l'accès. En 1998, le **Conservatoire du littoral** a définitivement soustrait le site des logiques spéculatives d'aménagement en lui octroyant le statut de domanialité publique pour une préservation durable des équilibres écologiques. La politique de conservation de la biodiversité engagée par l'Etat est désormais stabilisée et le gestionnaire peut aujourd'hui mener sa mission en toute sérénité. Le site fait également partie du réseau de sites européens **Natura 2000** au titre de ses richesses écologiques depuis 2004 (zone de protection spéciale) et 2015 (zone spéciale de conservation).

La gestion du site passe par des interventions sur le patrimoine naturel, des actions d'amélioration de la connaissance et du suivi du patrimoine naturel, de la surveillance et police de l'environnement, du management/soutien.

Le gestionnaire du site a engagé ces dernières années un travail avec les partenaires et acteurs du territoire pour favoriser son ancrage local. Le classement en réserve naturelle, mal vécu par certains en raison de l'interdiction d'accès du site au public, devient peu à peu un atout dont chacun se saisit : le développement d'une offre de Nature complémentaire de l'offre touristique donne au territoire une véritable plus-value. Les activités socio-économiques sur le site sont principalement touristiques, agricoles, et cynégétiques.

## Le Bagnas et le changement climatique

En tant que **zone humide**, les enjeux identifiés sur le Bagnas, et en particulier les enjeux de biodiversité, dépendent largement de l'alimentation en eau. Or, le Bagnas est soumis à deux forçages climatiques particulièrement marqués en région méditerranéenne : l'aridification et les extrêmes hydrologiques. Ainsi, le Bagnas va devoir faire face à un partage de la ressource en eau douce dans un contexte de raréfaction.

Le Bagnas présente également de forts aléas inondation liés au débordement du fleuve Hérault et à la submersion marine. Une étude récente a notamment montré que la fragilité du cordon littoral du Bagnas augmenterait le risque d'inondation sur le site mais également au niveau des zones urbaines limitrophes.

Une **démarche d'adaptation** doit donc être impérativement engagée afin de préserver les enjeux identifiés sur le site, mais également les biens et les personnes des zones urbaines limitrophes.

Le projet Natur'Adapt constitue une occasion d'agir selon une démarche cohérente. Se projeter dans la gestion future du site est également une opportunité pour légitimer nos actions actuelles et projets auprès des acteurs locaux, et notamment des décideurs politiques et institutionnels.

### Lien avec le Plan de Gestion

Le Plan de Gestion 2020-2029 du Bagnas est un document récent et unique pour tous les statuts du site (RNN, site Natura 2000, du Conservatoire du littoral, zone humide et masse d'eau DCE). Le plan d'actions du plan de gestion prévoit, dans les actions d'amélioration des connaissances, la *Réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique* (EI12).



# LE CLIMAT PASSÉ, PRÉSENT, FUTUR

L'étude du climat passé, présent et futur est détaillée dans la *Synthèse climatique du site du Bagnas* (Nojaroff, 2022) en annexe 1. Les résultats présentés ci-dessous synthétisent ce travail.

## Méthodologie d'étude du climat

### Sélection des paramètres

De très nombreux paramètres climatiques existent et peuvent être étudiés pour comprendre le climat d'une région. Dans le cadre de la démarche Natur'Adapt, l'analyse climatique a pour objectif de comprendre l'exposition et la vulnérabilité du site au changement climatique. Ce sont donc les **paramètres déterminant l'existence et le fonctionnement du Bagnas** qui sont sélectionnés ici.

Un autre critère important concerne la **disponibilité et la nature des données**. En effet, l'analyse climatique nécessite l'accès à des informations suffisamment nombreuses, fiables, et anciennes pour l'étude du climat passé, ainsi que des données prises en compte dans les modélisations du climat futur.

Le Bagnas étant une **zone humide**, son fonctionnement hydraulique détermine une grande partie de ses caractéristiques écologiques. Les paramètres climatiques et autres variables ayant un impact sur le bilan hydrique du site sont donc pertinents. Le Bagnas est également un **espace naturel littoral**, séparé et protégé de la mer par un habitat dunaire et une plage. Il est ainsi essentiel d'étudier les paramètres marins pour comprendre leur influence sur le site et les impacts possibles dans le futur.

Les paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique du Bagnas sont les suivants :

- Température atmosphérique : moyenne annuelle, extrêmes froids, nombre de jours chauds
- Evapotranspiration
- Précipitations : moyennes annuelles et saisonnières, sécheresse climatique
- Sécheresse des sols
- Débit du fleuve Hérault et inondations
- Tempêtes marines
- Niveau marin
- Submersion marine
- Erosion côtière
- Intrusion saline

### Climat récent

La réserve possède une station météorologique qui relève uniquement la pluviométrie depuis 2014 et l'évaporation depuis 2018. La station utilisée pour étudier le climat récent est donc celle de **Marseillan-INRA** (Domaine de Vassal) située à 3,5 km du Bagnas. La fiche climatologique (Météo France) disponible pour cette station ne donne que des informations liées à la température et aux précipitations, et peu de données passées. Des informations issues de la fiche climatologique de **Sète** (à environ 18 km, également littorale) sont donc utilisées en complément. Les autres données utilisées pour étudier le climat passé proviennent principalement des services climatiques **Climat HD** (données Météo-France pour les stations Sète ou Montpellier-Mauguio, ou l'échelle du Languedoc-Roussillon) et **Infoclimat** (données Météo-France de la station de Sète). Des études et rapports sont utilisés en compléments et listés dans la bibliographie en fin de document.

Les **normales climatiques** correspondent aux moyennes des paramètres climatiques sur une période de 30 ans. Afin d'utiliser les données homogénéisées de Météo France, c'est encore la période 1981 – 2010 qui est la plus souvent utilisée pour le climat actuel. Pour le **climat du passé**, les périodes choisies varient en fonction des données disponibles (à partir de 1900, 1950, 1960 selon les paramètres et stations).

## Climat futur

Les données du climat futur sont principalement issues du **service climatique DRIAS** de Météo France. Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée.

### Scénarios d'émissions

Les scénarios d'émissions **RCP** (*Radiative Concentration Pathway*) correspondent à différents schémas d'évolution des émissions de Gaz à Effet de Serre proposés par le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Un RCP est utilisé comme paramètre d'entrée des modèles de climat. Sa valeur peut être associée à des hypothèses d'évolution socio-économique, mais également à des politiques d'adaptation et d'atténuation. Trois scénarios sont disponibles dans DRIAS : RCP 2.6 (émissions maîtrisées), RCP 4.5 (émissions modérées), et RCP 8.5 (émissions non réduites).

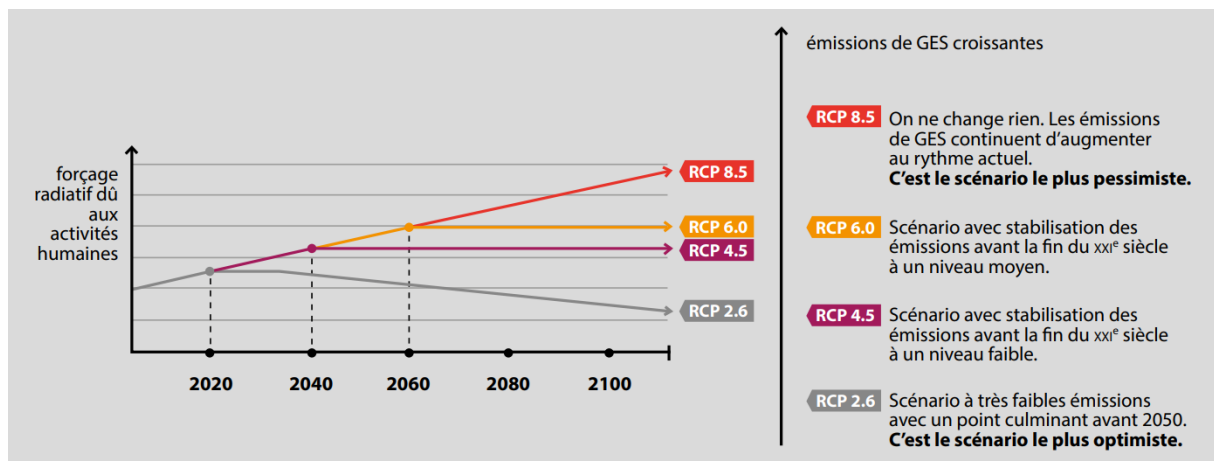


Figure 2 : Représentation de l'évolution des différents scénarios d'émissions de GES (Source : experts du GIEC - ONERC, [https://www.ecologiquesolidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC\\_Fiche\\_scenarios\\_evolution\\_GES\\_GIEC.pdf](https://www.ecologiquesolidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Fiche_scenarios_evolution_GES_GIEC.pdf))

Deux scénarios sont comparés dans cette analyse : le **RCP 4.5** (« plutôt optimiste ») et le **RCP 8.5** (« pessimiste »). Le choix de 2 scénarios permet de montrer une fourchette des évolutions possibles, et de tenir compte des incertitudes liées au climat futur. Dans le récapitulatif de chaque sous-partie, les résultats présentés sont ceux des deux scénarios, parfois identiques, parfois distingués. La comparaison explicite des deux scénarios est détaillée dans les paragraphes de chaque paramètre.

### Pas de temps

Plusieurs horizons temporels peuvent être envisagés. Dans cette analyse, les **horizons 2050 et 2100** ont été choisis. Ce sont les plus utilisés dans les modèles climatiques, et les mêmes que pour l'étude prospective sur le risque de submersion marine et le projet Roselières (Palvadeau *et al.*, 2021). Dans certains services climatiques ou études prospectives, les indicateurs sont donnés pour des pas de temps plus larges (comme 2040-2070 et 2070-2100). Ceux-ci sont ici considérés équivalents aux horizons 2050 et 2100 pour faciliter l'analyse des résultats.



## Modèles climatiques

Plusieurs modèles climatiques existent et diffèrent selon la méthode utilisée et le pays. Afin d'obtenir une fourchette de valeurs et tenir compte des incertitudes liées à la modélisation du climat futur, 3 modèles ont été retenus :

- Le modèle climatique français **CNRM CM5 / Aladin63**, correction Adamont, jugé pessimiste ;
- Le modèle climatique français **IPSL CM5A / WRF381P**, correction Adamont, jugé optimiste ;
- La **médiane** de l'ensemble des modèles disponibles (**DRIAS 2020**) proposée par DRIAS

La médiane des modèles disponibles est souvent située entre les deux modèles français, mais parfois plus pessimiste, avec des prévisions de réchauffement plus fort ou de pluie moins abondante.

## Caractérisation du climat local

Le **climat méditerranéen** est caractérisé par des hivers doux et des étés chauds, un ensoleillement important et des vents violents fréquents. Les jours de pluie sont peu nombreux et répartis irrégulièrement sur l'année, principalement en automne et en hiver. Le site du Bagnas se situe sur la côte héraultaise, au climat méditerranéen **littoral**, plus sec qu'à l'intérieur des terres.

## L'évolution de la température atmosphérique et des paramètres associés

### Température moyenne annuelle

Actuellement, le climat littoral méditerranéen du Bagnas se traduit par une température moyenne d'environ **15,1°C** (de 8,2°C en hiver à 22,4°C en moyenne en été). Depuis 1900, les **températures** moyennes annuelles en Occitanie **ont augmenté** d'environ 2,1 °C (contre +1,7 °C en moyenne en France). En Languedoc-Roussillon, la hausse des températures moyennes est mesurée à **+0.3°C par décennie** sur la période 1959-2009 (soit +1,5°C en 50 ans). Ce réchauffement est plus marqué en été et s'est **accentué depuis les années 1980** (désormais supérieur à 0,4°C par décennie). (Météo-France, Climat HD ; RECO, 2021 ; ORACLE, 2021)

Dans le futur, quel que soit le modèle et le scénario étudiés, les modélisations montrent une poursuite de **l'augmentation des températures**. Ainsi, la température moyenne annuelle au Bagnas **dépassera les 17°C** dès l'horizon 2050 (qu'on suive le RCP 4.5 ou 8.5), et pourrait **atteindre 19°C** d'ici la fin du XXIe siècle (selon le RCP 8.5). Le réchauffement futur devrait être plus marqué en été et en automne qu'en hiver et au printemps (RECO, 2021).

### Extrêmes froids de température

Entre 1950 et 2020, le **nombre de jours de gel a significativement diminué** en Occitanie, de 1 à 3 jours par décennie. Depuis la fin des années 1950, les températures annuelles minimales absolues sont moins extrêmes (RECO, 2021). Au Bagnas, le mois le plus froid de l'année est généralement janvier.

Dans le futur, la température quotidienne ne descendra plus que **très rarement en dessous de 0 °C** (DRIAS ; RECO, 2021). En effet, les modélisations ne prévoient plus que 1 à 4 jours de gel par an en moyenne dès le milieu de siècle (2040-2070), voir plus du tout en 2100 pour le RCP 8.5. De plus, quel que soit le modèle et le scénario, **les températures les plus basses seront en moyenne moins froides** dans le futur qu'actuellement.



## Nombre de jours chauds

Dans le climat actuel (normale climatique 1981 – 2010), on compte en moyenne 88 jours par an où la température maximale dépasse 25°C. Ce nombre de journées chaudes est en **constante augmentation** depuis 1960 (+ 40 jours en 50 ans) (Climat HD). En revanche, les journées très chaudes (T maximale > 35°C) sont jusqu'ici peu fréquentes du fait de la proximité de la mer.

Dans le futur, à moyen terme, **le nombre de jours chauds va continuer d'augmenter**, plus vite que jusqu'à maintenant. Dès l'horizon 2050, la température maximale quotidienne dépassera 25°C pendant environ **un mois de plus** qu'actuellement (quel que soit le scénario). On atteindra ainsi environ 117 jours chauds par an, soit quasiment **un tiers de l'année**. A plus long terme, selon le scénario et les modèles, la situation pourrait stagner ou continuer de se dégrader. Dans un cas pessimiste, il y aurait alors une cinquantaine de jours chauds supplémentaires : 140 jours chauds par an, soit plus de 4,5 mois). L'augmentation des températures se traduit également par **l'augmentation du nombre de journées très chaudes (Tmax > 35 °C)**. Quasiment inexistantes sur la période de référence 1976 – 2005, elles pourraient concerner 15 à 20 jours par an en moyenne dans le futur. Pour rappel, ces calculs basés sur des moyennes impliquent l'existence d'années où ce nombre sera surpassé.

## Evapotranspiration

**Peu de données** sont disponibles concernant l'évapotranspiration (ETP) par la végétation. Sur la période 2001 – 2010, la moyenne annuelle était de 1211 mm à Montpellier-Fréjorgues, et 1344 mm dans l'Hérault (34). L'ETP moyenne annuelle semble **augmenter** sur les dernières décennies, en lien avec l'augmentation des températures. (Infoclim 34 ; Infoclimat)

A pluviométrie égale, l'augmentation des températures entrainera une augmentation de l'évapotranspiration, et donc des besoins plus importants en irrigation des cultures et en alimentation en eau des espaces naturels. **Aucune modélisation** de l'ETP future ne permet de chiffrer cette tendance.

### RECAP' : Températures en forte hausse

+ 2°C (moyenne annuelle à 17°C) en 2050, voire + 4°C (moyenne annuelle > 19°C) en 2100.

Moins de 5 (voire 2) jours de gel par an en moyenne en 2050 ; souvent plus aucun en 2100.

Remontée des températures les plus froides de l'année.

+ 1 mois où la température quotidienne dépasse 25 °C en 2050.

+ 15/20 jours où les 35°C sont atteints à l'horizon 2100.

Augmentation possible de l'évapotranspiration dans le futur.



## L'évolution des précipitations et des paramètres associés

### Précipitations annuelles

Le cumul annuel moyen des précipitations est d'environ 555 mm à la station météorologique de Marseillan pour la normale climatique 1986 – 2010. Bien que l'on observe une diminution des cumuls de précipitations depuis 1960 en Languedoc-Roussillon, la **variabilité interannuelle** est très importante, et l'ADEME indique une **absence de tendance significative** dans l'Hérault entre 1961 et 2013. (Climat HD ; ADEME, 2016 ; RECO, 2021)

Le **nombre de jours de pluie** varie également fortement sur les dernières décennies, sans qu'une tendance ne soit observée. Les **précipitations efficaces** (cumul entre 10 et 40 mm) en revanche, sont **en baisse** sur les 60 dernières années. (ADEME, 2016)

Dans le futur, quel que soit le scénario et l'horizon étudiés, les projections des précipitations annuelles sont **incertaines**, et **aucune tendance significative** n'en ressort (DRIAS). Le premier Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques (CROCC) mentionne tout de même une **baisse** du cumul des précipitations à venir à **l'échelle régionale** (de 5% d'ici 2050 et de 11 à 14% d'ici 2100) (RECO, 2021).

### Précipitations saisonnières

Récemment comme par le passé, les précipitations sont les **plus importantes en automne**, et les **plus faibles en été** : environ 228 mm en automne et 53 mm en été à Marseillan pour 1986 – 2010. Depuis 1959, on constate une **légère baisse** des précipitations **de l'hiver à l'été**, et une relative **stabilité en automne** (tendances pas toutes significatives !). Chaque saison est caractérisée par une **grande variabilité** interannuelle. (Climat HD ; Infoclimat ; RECO, 2021).

Dans le futur, les modélisations prévoient une **augmentation** (de 10 à 30%) **des précipitations en hiver d'ici 2100** (mais la trajectoire à moyen terme reste incertaine). En été, une **faible baisse des précipitations** est projetée, à moyen ou long terme en fonction des modèles. Pour le printemps et l'automne, les modélisations des précipitations donnent des **résultats très différents selon le modèle et le scénario étudiés**. L'incertitude est trop élevée pour connaître la tendance future à ces saisons. (DRIAS, RECO, 2021)

### Sécheresse climatique

Les **sécheresses climatiques** correspondent à des périodes sans précipitations sur plusieurs jours consécutifs. Les projections dans le passé de DRIAS (à défaut de mesures réelles sur plusieurs décennies) donnent des durées de **35 à 42 jours** en moyenne sur la période 1976 – 2005. Au Bagnas, les relevés de pluviométrie réalisés de 2015 à 2021 montrent que les plus longues sécheresses climatiques durent chaque année **entre 30 et 60 jours** environ. La grande majorité des sécheresses les plus longues surviennent **l'été**. Une **augmentation de la durée des sécheresses climatiques** (nombre annuel maximum de jours consécutifs

## Mesures au Bagnas

Un suivi des précipitations est réalisé sur le site du Bagnas depuis mai 2014. Ces données très récentes (7 dernières années) ne permettent pas de caractériser le climat, mais donnent une précision locale et récente aux tendances et valeurs énoncées ci-contre.

Par exemple, le cumul annuel moyen des précipitations sur 2015-2021 est de **418,3 mm** (plus faible que la moyenne sur 30 ans à Marseillan). Les minimum et maximum sont également plus bas : 249,5 mm en 2017 et 703,3 mm en 2018.



sans pluie) est constatée en Occitanie (RECO, 2021). En revanche, **aucune tendance** particulière n'est constatée dans l'évolution du **nombre de jours secs** annuel (total, non consécutifs) (ADEME, 2016).

Quel que soit le scénario et le modèle étudiés, les projections futures prévoient un **allongement des sécheresses climatiques**. Le **nombre de jours secs** (total annuel, différent de la durée des sécheresses) pourrait **augmenter** d'environ 25 % en RCP 4.5 et doubler en RCP 8.5 dans le climat futur (RECO, 2021). Si les précipitations annuelles restent globalement stables (incertain pour le moment), les pluies pourraient donc devenir plus intenses sur un nombre de jours pluvieux plus restreint.

## Sécheresse des sols

En Occitanie, la surface moyenne touchée par des sécheresses du sol a **triplé depuis les années 1960** (Météo-France). Elle atteint environ 20% en Languedoc-Roussillon (contre 5% dans les années 1960) (Climat HD).

A l'échelle régionale, une **poursuite de l'augmentation des surfaces touchées** par la sécheresse des sols est attendue (Météo-France). Cela se traduira par un **allongement moyen de la période de sol sec** (qui dure actuellement un peu plus de 2 mois) de l'ordre de 2 à 4 mois tandis que la période humide se réduira dans les mêmes proportions (Climat HD).

## Débit du fleuve Hérault et inondations

Le fleuve Hérault s'écoule non loin du Bagnas, auquel il est relié via deux canaux : le Canal du midi et le canal de Pont Martin. Les **crues exceptionnelles** du fleuve entraînant des débordements du réseau hydrographique local peuvent donc impacter le Grand Bagnas, comme c'est arrivé par le passé (Cesmat *et al.*, 2019). Le **débit mensuel moyen du fleuve Hérault** au niveau du Bagnas est de **41,1 m<sup>3</sup>/s** (minimal en août avec 6,71 m<sup>3</sup>/s, et maximal en novembre avec 63,2 m<sup>3</sup>/s). Il a **fortement baissé** durant la seconde moitié du XXe siècle (Banque HYDRO). Le RECO observe également une **diminution des débits globaux** et du **nombre annuel de jours de crues** (RECO, 2021).

En raison d'une baisse projetée des précipitations (notamment estivales), la présomption d'une **diminution des débits annuels et d'étiage** dans le futur est forte (EPTB Fleuve Hérault, 2018 ; RECO, 2021). Toutefois, les modélisations de précipitations futures restent incertaines et les tendances non significatives. Par ailleurs, de nombreux autres paramètres (notamment liés à l'Homme) entrant en compte dans le phénomène d'inondation fluviale, il est **difficile de prévoir** l'évolution de ce paramètre. De plus, les ouvrages hydrauliques permettant la gestion du Grand Bagnas sont aussi des moyens de gérer ces aléas sur la majorité du site en adaptant son fonctionnement hydraulique.

### RECAP' : Précipitations incertaines mais + de sécheresse

Précipitations annuelles futures incertaines et tendances non significatives.

Hausse des précipitations en hiver d'ici 2100 ; faible baisse prévue en été ; incertitude en automne et au printemps.

Forte hausse (25 à 50%) du nombre de jours sans pluie et allongement des sécheresses climatiques → sécheresse des sols plus étendue et plus longue dans le futur.

Possible baisse du débit de l'Hérault surtout à l'étiage (incertain) ; inondations difficiles à prévoir.





# L'évolution des paramètres marins et leurs conséquences

## Tempêtes marines

Les tempêtes marines sont recensées sur le littoral héraultais depuis plusieurs siècles, mais les informations anciennes ne sont pas exhaustives. On ne peut donc pas étudier de manière fiable leur fréquence ou leur intensité, ni l'évolution de ces paramètres. Plus récemment, des réseaux de surveillance des tempêtes ont été mis en place. On sait ainsi que la majorité des tempêtes se produisent **en période hivernale** (octobre à février) et que les plus fréquentes et intenses au large de Sète sont les **tempêtes de Sud-Est**. De 1979 à 2010, 38 tempêtes majeures ont été recensées à Sète. La variabilité interannuelle est très grande, et **aucune tendance significative** ne ressort pour la fréquence des tempêtes en France ou en Languedoc-Roussillon. (Balouin *et al.*, 2011 ; littoral-occitanie.fr ; Climat HD)

Les projections sont contradictoires et **l'incertitude très forte** concernant la fréquence et l'intensité des tempêtes dans le futur. Aucune tendance ne peut donc être dégagée.

## Niveau de la mer

Le niveau des océans monte depuis plusieurs millénaires (+0,5 mm/an) mais **cette élévation s'accélère fortement** depuis l'ère industrielle. Au cours du XXe siècle, le niveau moyen global de la mer a augmenté d'environ 15 cm. Actuellement, il continue d'augmenter, **à une vitesse deux fois plus rapide** (+3,2 mm/an entre 1993 et 2014 mais +4,3 mm/an entre 2008 et 2018 à l'échelle mondiale) (IPCC, 2019). En Méditerranée, et en particulier à l'échelle de l'Occitanie, on observe une **élévation de 2 à 3 mm/an depuis 1942**. Plus récemment, les mesures par satellite montrent une hausse du niveau marin de l'ordre de **2,7 mm/an** au large de Sète sur la période 1993-2017 (RECO, 2021).

Dans le futur, **le niveau marin va continuer d'augmenter**, quelles que soient les politiques climatiques. Les scénarios et modèles étudiés donnent donc une idée de l'ampleur possible de cette hausse. A l'horizon 2050, le niveau marin global aura augmenté de **plus de 20 cm** (jusqu'à 40 cm en scénario extrême). A long terme (fin du siècle), la différence avec le niveau actuel sera comprise **entre 55 et 75 cm** selon les RCP 4.5 et 8.5, jusqu'à 1,20 m pour les scénarios extrêmes (Horton *et al.*, 2014 ; Jouzel *et al.*, 2015 ; Kopp *et al.*, 2014 ; IPCC, 2019).

Par ailleurs, l'augmentation du niveau de la mer aura pour conséquence directe la **remontée du front salé** plus en amont de l'embouchure de **l'Hérault**, ainsi que du biseau salé dans les sols.

## Submersion marine

Le phénomène de submersion marine dépend de nombreux paramètres, qu'ils soient marins (surcote, hauteur des vagues, ...) ou littoraux (type de côte, anthropisation, ...). Il est arrivé que des submersions marines directes surviennent **en arrière-dunes**, dans la partie littorale du Bagnas (source orale). D'autres espaces plus reculés du Petit Bagnas font également face à des entrées d'eau salée via le réseau hydrographique (étang de Thau, ruisseaux, canaux). En revanche, **l'étang du Grand Bagnas** est plus en retrait du littoral et séparé de celui-ci par plusieurs obstacles (digues et remblais liés aux infrastructures de transport). Ainsi, **il n'est jusqu'ici pas touché** directement par le phénomène de submersion marine.

Les submersions marines sont **difficiles à prévoir** car elles résultent de la conjonction de plusieurs facteurs. Cependant plusieurs rapports et études s'accordent sur une même projection d'évolution :

- Augmentation de la **fréquence des évènements extrêmes** liés au niveau de la mer (IPCC, 2019)



- Augmentation d'un facteur 10 à 100 de la **fréquence de submersion** en 2100 (GIEC, 2014),
- Multiplication par 4 des **superficies concernées par la submersion récurrente** en Occitanie (Serrand, 2013 ; RECO, 2021)

En particulier au Bagnas, l'étude récente du BRGM sur le risque de submersion des **roselières littorales d'Occitanie** face au CC (Palvadeau *et al.*, 2021) montre que la roselière du Grand Bagnas sera touchée de manière **permanente** par les submersions marines **dès l'horizon 2030 – 2050**. Le projet **VIGI-THAU** du SMBT (2019) modélise lui une **inondation de tout le Petit Bagnas** lors des tempêtes et en cas de brèche dans le cordon dunaire littoral.

**Le risque de submersion marine du site va donc augmenter avec le changement climatique.**

## Erosion littorale

Plusieurs facteurs influencent le phénomène d'érosion littorale : les courants, les tempêtes, les submersions, l'élévation du niveau marin, ... Plusieurs sources indiquent une **dynamique d'érosion et de recul du trait de côte** au niveau du Bagnas (CEREMA, 2018 ; DREAL, 2018 ; RECO, 2021).

Plusieurs études à différentes échelles prévoient une **poursuite de l'érosion littorale** dans le futur (Artelia, 2011 ; CEREMA, 2018 ; RECO, 2021), accentué par la forte **vulnérabilité** de la côte aux autres phénomènes marins (tempêtes, submersions, ...) (Serrand, 2013). Le recul du trait de côte pourrait ainsi être élevé dans le futur, mais reste **difficile à quantifier** du fait des nombreux paramètres qui l'influencent (Jouzel, 2015).

## Intrusion saline

Les mesures de ce phénomène sont trop récentes pour avoir une idée de son importance dans le passé (Jouzel, 2015). L'augmentation du niveau marin, la baisse de recharge des aquifères et la baisse de débit des cours d'eau ont pour conséquence des niveaux de nappes bas, ce qui favorise les intrusions salines (RECO, 2021). Au niveau du Bagnas, les aquifères côtiers présentent une **forte sensibilité** vis-à-vis de ce risque de salinisation avéré (Dörfliger *et al.*, 2011).

L'augmentation du niveau de la mer, le recul du trait de côte, et les éventuels prélèvements d'eau douce dans les nappes **peuvent accentuer ou accélérer le phénomène** d'intrusion saline. On observerait alors une migration de l'interface eau douce – eau salée dans le sous-sol et une intrusion de l'eau de mer vers les aquifères côtiers. En parallèle, la modification des régimes de précipitations et d'évapotranspiration peuvent modifier la recharge des aquifères, **sans que l'on puisse actuellement modéliser ou prévoir** ce phénomène sur le site (Jouzel, 2015). Ces informations concernent les intrusions inertielles, différentes des intrusions évènementielles liées directement aux tempêtes ou aux crues.

### RECAP' : Phénomènes marins en hausse

Incertitude très forte concernant la fréquence et l'intensité des tempêtes futures.

Hausse rapide du niveau marin : > +20 cm en 2050 ; +55 à 75 cm (voire > 1 m) d'ici 2100.

Submersions marines plus fréquentes, touchant plus de surface → risque élevé au Bagnas.

Poursuite voire aggravation de l'érosion littorale, difficile à quantifier.

Possible accentuation du phénomène d'intrusion saline dans les aquifères + remontée du front salé dans l'Hérault.



## Résumé de la synthèse climatique

Sur le territoire du Bagnas, il faut s'attendre dans le futur à des **températures en forte hausse, plus de sécheresse** malgré des **précipitations pour le moment incertaines**, et des **phénomènes marins plus fréquents et/ou intenses**. Un tableau récapitulatif des tendances et projections climatiques par indicateur est disponible à la fin de l'annexe 1 (Synthèse climatique du site du Bagnas).



# METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC

---

## Sélection des composantes

L'ensemble des éléments composant le site du Bagnas ne peut pas être raisonnablement étudié dans le cadre de cette démarche. En effet, elle n'est pas un projet de recherche complet sur les impacts du changement climatique, mais **un cheminement vers une gestion adaptative en contexte de changement climatique** ; l'initiation d'un processus de réflexion continu chez le gestionnaire pour une vision prospective et une prise en compte de ces enjeux.

Ainsi, la démarche Natur'adapt propose de sélectionner un nombre restreint d'éléments du site appartenant à 3 catégories : **patrimoine naturel, outils et moyens de gestion** et **activités socio-économiques**. Les composantes du patrimoine naturel et des moyens de gestion forment une liste d'éléments d'intérêt issue d'une réflexion sur les enjeux et la gestion du site. Les activités socio-économiques sur et autour du site peuvent être en lien avec le patrimoine ou la gestion (comme la fauche par exemple) et/ou représenter des pressions pour le site naturel.

Les composantes des trois catégories sont par la suite analysées au regard du climat et ses évolutions afin **d'évaluer leur vulnérabilité** (ou opportunité) face au changement climatique, ce qui permet de nourrir le récit prospectif du site.

## Critères de sélection

### *Patrimoine naturel*

Afin d'obtenir une liste de composantes représentatives du site, ses enjeux et sa gestion, le choix a été fait de sélectionner des habitats et des espèces.

**Les habitats** sont les supports de la biodiversité ; les modifications du climat les influencent en premier lieu. Les habitats retenus sont soit prioritaires dans le plan de gestion 2020-2029 (comme les lagunes ou le milieu dunaire), soit représentatifs du site. Par exemple les prés salés et friches post-culturelles représentent une surface très importante sur la réserve et participent notamment à son identité paysagère. Ils ne peuvent donc pas être négligés.

**Les espèces** sont également prises en compte, individuellement ou regroupées en cortèges aux exigences et conditions similaires. De la même manière que pour les habitats, les critères de sélection sont le caractère déterminant dans la gestion du site ou représentatif du Bagnas. Les oiseaux étant nombreux sur le site et réunissant pour beaucoup les deux critères, plusieurs espèces et cortèges avifaunistiques ont été retenus.

Des **espèces régulées** font également partie de la liste de composantes du patrimoine naturel. En effet, les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes (EVEE) font l'objet de suivis et d'actions de lutte chaque année car certaines modifient profondément et menacent les habitats et autres espèces du site, déterminant ainsi une part importante de la gestion. La Canne de Provence n'est plus officiellement considérée comme une EVEE, mais les problématiques qui y sont liées restent les mêmes que les EVEE, elle est ici incluse dans cette désignation. La justification est similaire pour le sanglier, espèce dont la régulation détermine une part importante de la gestion actuelle du site.

### Outils et moyens de gestion

Les outils et moyens de gestion sont l'ensemble des actions et moyens permettant la gestion de l'espace naturel. La sélection porte sur ce qui détermine la nature du site (comme la gestion hydraulique), ce qui occupe une grande partie du temps du gestionnaire (comme les suivis scientifiques), et ce qui est indispensable à la gestion du site (comme les infrastructures fonctionnelles).

### Activités socio-économiques

Les activités socio-économiques sélectionnées sont celles ayant lieu sur le site du Bagnas ou exerçant une influence ou une pression directe sur le site et sa gestion.

## Composantes sélectionnées

Composantes		Détails
<b>Patrimoine naturel</b>		
Habitats	Lagune permanente fonctionnelle	Etang d'eau saumâtre (lagune oligo- à méso-haline) connecté à la mer, ici via l'étang de Thau (connexion existante mais toujours fermée dans la gestion actuelle)
	Lagune temporaire fonctionnelle	Masse d'eau présentant d'importantes fluctuations annuelles du niveau d'eau, induites par les variations climatiques. La salinité présente une variation saisonnière.
	Roselière	Phragmitaie : groupement monospécifique de roseaux ( <i>Phragmites australis</i> )
	Sansouïres	Habitat arbustif bas se développant sur des sols salés subissant des périodes d'inondations annuelles +/- longues. Dominé par les Amaranthacées (salicornes, obione, soude ligneuse, ...).
	Prés salés	Habitats ouverts de zone halophile, dominés par les joncs, la puccinellie, ou le chiendent par exemple.
	Friches post-culturelles	Anciennes vignes ou parcelles anciennement exploitées (culture, pâturage)
	Milieu dunaire et plage	Plage de sable, laisse de mer, dune embryonnaire méditerranéenne, dune blanche méditerranéenne, dune intermédiaire et dune grise
	Mares d'eau douce	Mares semi-permanentes d'eau douce
Cortèges	Macrophytes	Végétaux aquatiques photosynthétiques dont tout le cycle de vie, y compris la reproduction, se déroule dans l'eau : <i>Stuckenia pectinata</i> , <i>Potamogeton crispus</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i>
	Oiseaux d'eau hivernant	Nous utilisons la catégorie "Oiseaux d'eau" selon Wetlands International (2010) qui est la définition utilisée par la Convention de Ramsar sur les Zones Humides. Cela regroupe les espèces d'oiseaux écologiquement dépendantes des zones humides.
	Oiseaux paludicoles en reproduction	Lusciniolle à moustaches, Rousserolle turdoïde, Rousserolle effarvatte, Panure à moustaches, Bruant des roseaux
	Ardéidés coloniaux arboricoles nicheurs	Aigrette garzette, Héron cendré, Héron garde-bœufs
Espèces	Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i> , espèce nicheuse dans les roselières du Bagnas
	Cistude d'Europe	<i>Emys orbicularis</i> , tortue d'eau douce de grande valeur patrimoniale introduite sur le Bagnas
	Sanglier d'Europe	<i>Sus scrofa</i> , espèce régulée
	Canne de Provence	<i>Arundo donax</i> , espèce envahissante plus considérée comme exotique (non référencée sur la liste des EVEC d'Occitanie), présente essentiellement en zone dunaire et arrière-dunaire
	Olivier de Bohême	<i>Elaeagnus angustifolia</i> , EVEC, arbuste à arbre présent en zone dunaire et arrière-dunaire

Bourreau des arbres	<i>Periploca graeca</i> , EVEC, liane rampante et grimpante présente en zone dunaire et arrière-dunaire
Jussie	<i>Ludwigia peploides</i> , EVEC aquatique
<b>Outils et moyens de gestion</b>	
Suivis et recherche scientifiques	Inventaires naturalistes et études scientifiques réalisés par le gestionnaire, seul ou en partenariat (programmes de recherche, études mutualisées avec d'autres gestionnaires, expertises externes,...)
Gestion hydraulique	Contrôle des niveaux d'eau, entretien des ouvrages hydrauliques
Gestion des EVEC	Lutte directe (ex : chantier d'arrachage) et suivi
Régulation	Régulation du sanglier en grande majorité
Infrastructures	Domaines du Grand Clavelet (dont bureaux du gestionnaire et accueil du public) et du Petit Clavelet, signalisation, ponts, aire d'observation, ...
Moyens humains et surveillance	Moyens humains permettant le bon fonctionnement et la gestion du site, activité de surveillance du site (notamment en période estivale)
<b>Activités socio-économiques</b>	
Sensibilisation	Au sein de l'association gestionnaire du site, les éducateurs nature du pôle Sensibilisation assurent les missions d'animation et d'éducation à l'environnement auprès du grand public et des scolaires, sur et hors du site. Les <b>animations proposées sur la réserve</b> constituent le seul moyen pour le grand public d'y entrer, l'accès étant autrement interdit. Certaines parcelles du CdL, hors réserve, sont toutefois accessibles au public.
Promenades équestres	Le tourisme est présent sur la réserve au travers des <b>promenades équestres</b> qui la traversent. Une convention avec le Conservatoire du littoral conditionne cette activité. Des chemins accessibles à pied ou en vélo sont également présents, notamment le long du canal du Midi et sur les terrains du CdL hors réserve. Le bas de plage (partie de la réserve) est également ouvert au public.
Campings	Par ailleurs, la partie Sud et littorale du site du Bagnas est entourée directement par <b>deux campings</b> sur les communes d'Agde et Marseillan. Ces activités de tourisme sont étudiées ici car elles peuvent exercer des pressions sur le site et sa gestion (par exemple sur la thématique EEE).
Viticulture	Sur le site de Maraval (terrains du Conservatoire, à l'Ouest du Bagnas), 6 viticulteurs exploitent 33 ha de vignes plantées entre 2001 et 2003. Cette <b>activité viticole</b> fait l'objet de conventions avec le CdL et l'ADENA. Certains agriculteurs concernés exploitent également d'autres terrains (n'appartenant pas au Conservatoire du littoral) situés sur d'autres secteurs en périphérie du Bagnas.
Fauche et paturage équin	Par ailleurs, deux éleveurs de chevaux ont également une activité agricole sur le site. La <b>fauche et le paturage équin</b> font l'objet de conventions et sont limités à certaines parcelles définies des prés du site.
Activités cynégétiques	La <b>chasse</b> est interdite sur la réserve naturelle, mais autorisée sur certains terrains du Conservatoire hors réserve. Ainsi, les sociétés de chasse d'Agde et de Marseillan constituent deux acteurs dont l'activité impacte le Bagnas et sa périphérie.

## Pressions et facteurs non climatiques

Les pressions et facteurs non climatiques regroupent toutes les activités anthropiques ou autres facteurs naturels qui ont un effet direct ou indirect sur les composantes analysées et qui peuvent influencer leur devenir selon leur propre évolution. Les pressions prises en compte dans l'analyse sont décrites ci-dessous.

### *Fréquentation touristique*

La fréquentation touristique est très importante sur le territoire autour du Bagnas, particulièrement à la saison estivale. De nombreuses activités socio-économiques dépendent de cette fréquentation des touristes français comme étrangers, mais elle peut également représenter une pression pour l'espace



naturel, sa gestion et son patrimoine (piétinement, dérangement, pollution, ...). Le littoral héraultais concentre la majorité du tourisme du département. Le soleil et le climat méditerranéen sont le principal motif de séjour (André *et al.*, 2018). L'offre touristique augmente régulièrement, tout comme l'offre résidentielle. Les tendances d'évolution du climat vont également dans le sens d'une attractivité toujours forte du littoral méditerranéen. On peut donc anticiper **une hausse** de la fréquentation touristique dans le futur. Toutefois, des événements comme les crises sanitaires ou économiques peuvent survenir et sont imprévisibles, rendant cette évolution **très incertaine**, particulièrement à long terme.

### *Urbanisation*

L'urbanisation est une pression indiscutable sur de nombreuses composantes, activités comme patrimoine naturel. Dans l'Hérault, la population a doublé en 50 ans, et la surface urbanisée a triplé dans le même temps. 17 000 hectares ont été urbanisés en 30 ans. Cette pression, qui avait mené à la création de la réserve il y a presque 40 ans, continue de s'exercer autour du Bagnas avec de nouvelles habitations en construction en limite d'aire protégée. Cette pression est donc actuellement **fortement croissante**. Toutefois, les politiques d'aménagement nationales ou locales tendent à prendre en compte et limiter l'artificialisation des terres, petit à petit. La pression pourrait donc être moins grande dans le futur (mais toujours présente), à condition que les choix politiques associés conservent cette tendance. De plus, la **propriété foncière du Conservatoire du littoral** empêche l'urbanisation sur le site du Bagnas et sur certains terrains autour.

### *Pratiques agricoles*

Depuis plusieurs décennies, en lien avec la réglementation et les attentes sociétales, l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement diminue : interdiction de certains produits phytosanitaires, réduction de leur usage, changements dans les pratiques de travail du sol... Les activités agricoles exercent ainsi une **pression moins forte** sur les espaces naturels, bien que les risques, notamment de **pollution**, soient toujours présents. Ainsi des analyses récentes réalisées dans les eaux et les sédiments du Bagnas ont montré des concentrations relativement importantes en produits phytosanitaires (ADENA, 2020). Au vu des évolutions sociétales et des discussions autour de l'agriculture biologiques par exemple, une **amélioration** des pratiques **dans le futur** peut être envisagée.

D'autres facteurs liés à l'agriculture peuvent influencer la vulnérabilité de certaines composantes. Par exemple, l'évolution du prix de vente des productions impacte fortement l'activité viticole. De même, la disponibilité de prés et les conditions des conventions agricoles avec le Conservatoire du littoral sont déterminants pour l'adaptation des activités de fauche et pâturage équin sur le site.

### *Moyens techniques et humains*

Plusieurs composantes, en particulier les outils et moyen de gestion, peuvent être vulnérables au climat mais sont surtout dépendants des moyens techniques et humains permettant leur mise en œuvre. Ces moyens dépendent principalement des choix du gestionnaire et autres instances décisionnaires. Leur évolution est donc **inconnue**.

### *Pollutions (industrielles, urbaines, agricoles)*

La pollution de la lagune se fait par les apports en eau polluée. Cette pollution peut être d'origine agricole (produits phytosanitaires), industrielle, urbaine, ... Comme vu précédemment, la pollution agricole a tendance à diminuer. En revanche, l'évolution des pollutions urbaines et industrielles est difficile à prévoir. On peut supposer une amélioration des pratiques en lien avec la réglementation, mais l'urbanisation croissante au plus près du site augmente le risque de pollution. Le facteur **pollution de l'eau** évoluera donc de manière **très incertaine** dans le futur. Par ailleurs, la pollution du site se fait également par l'apports de



**déchets**, fortement lié à la fréquentation touristique et à l'urbanisation en limite de site. Cet aspect de la pollution du site risque donc d'augmenter dans le futur.

### Disponibilité de la ressource en eau

Le Bagnas est situé entre deux espaces très urbanisés, à forte fréquentation touristique estivale. La question du partage de la ressource en eau va devenir centrale dans le futur, puisque de nombreuses activités en dépendent (agriculture, alimentation en eau potable des habitations, ...) ainsi que la gestion hydraulique du Bagnas. Au Bagnas, un règlement d'eau va être mis en place pour établir les prélèvements assignés à la gestion du site. La question du partage de la ressource en eau douce est donc déjà actuelle, et deviendra probablement une **pression importante** pour le site dans le futur.

### Autres

La **situation sanitaire** a été citée plusieurs fois par les acteurs socio-économiques interrogés (cf. entretiens présentés page suivante) comme facteur non climatique déterminant pour leur activité. Cet élément n'a pas été présenté ici, car il n'affecte que les composantes de type activité et qu'il est totalement imprévisible, n'affectant donc pas les résultats de l'analyse de vulnérabilité. Il en aurait été de même avec des propositions telles que la **situation économique** ou politique du territoire.

Beaucoup de composantes, activités socio-économiques ou moyens de gestion, sont **elles-mêmes des facteurs** non climatiques pouvant exercer une pression sur d'autres composantes (notamment du patrimoine naturel). Ainsi, l'analyse de leur vulnérabilité informe sur leur évolution possible, qui peut alors être prise en compte dans l'analyse d'autres éléments. C'est par exemple le cas de la gestion hydraulique (moyen de gestion) qui impacte grandement certains habitats, cortèges et espèces sélectionnés. De même, le pâturage équin est un moyen de gestion (mais aussi une part de l'activité des éleveurs) qui exerce une pression sur certains habitats naturels.

### Récapitulatif

Pressions	Evolution récente	Evolution future possible
Fréquentation touristique	↗	↗
Urbanisation	↗	↗ autour du Bagnas
Pratiques agricoles	↘	↘
Moyens techniques et humains	↗	??
Pollution	↗	?? (eau) ↗ (déchets)
Partage de l'eau douce	↗	↗

## Analyse par questionnaire

La méthodologie Natur'Adapt propose d'évaluer la vulnérabilité des composantes et pressions de l'aire protégée pour imaginer son évolution dans le futur en lien avec le changement climatique. Analyser la vulnérabilité ou les opportunités consiste à apprécier la **sensibilité**, l'**exposition** et la **capacité d'adaptation** de chaque élément considéré, ainsi que les **facteurs d'influence** et leur évolution. Pour faciliter la démarche, la méthodologie Natur'Adapt propose un cheminement via un ensemble de questionnements.

La **sensibilité** est la propension intrinsèque d'un système humain ou naturel à être affecté favorablement ou défavorablement par des variations climatiques (et leurs conséquences physiques).

- ➔ Quels sont les paramètres climatiques qui affectent l'élément considéré, positivement ou négativement ? A quel point peut-il être affecté ?





L'**exposition** correspond à la nature, au degré, et à la fréquence des variations climatiques (et leurs conséquences physiques) susceptibles d'être subies par les systèmes humains ou naturels.

- ➔ Comment vont évoluer ces paramètres dans le futur ? Cette évolution est-elle favorable ou défavorable à l'élément considéré ?

La **capacité d'adaptation** est la qualité intrinsèque qui permet à un système humain ou naturel de réduire les effets négatifs et/ou tirer partie des effets positifs du CC.

- ➔ La composante considérée est-elle capable de s'adapter aux variations climatiques et à leurs effets ? A quel point ?

Pour toutes les composantes, les informations sur la sensibilité, l'exposition et la capacité d'adaptation au CC sont complétées par les **facteurs non climatiques** pouvant représenter des pressions ou diminuer la vulnérabilité au changement climatique.

- ➔ Quelles sont les activités anthropiques et autres facteurs non climatiques pouvant limiter ou favoriser la vulnérabilité de l'élément, et quelles peuvent être leurs évolutions futures ?

Les réponses à ces questions proviennent de sources différentes, selon le type de composante analysé :

#### *Patrimoine naturel*

Pour analyser la vulnérabilité du patrimoine naturel au changement climatique, des **recherches bibliographiques** ont été menées sur chaque composante, et croisées avec les **connaissances** de l'équipe gestionnaire (naturaliste). La Commission scientifique du Bagnas et des partenaires comme le SMBT ou le CdL, consultés dans le cadre de la démarche, ont également apporté des éléments utiles à l'analyse.

#### *Outils et moyens de gestion*

L'analyse de la vulnérabilité des outils et moyens de gestion a été réalisée en grande partie à **dire d'experts**, à savoir le pôle *Gestion du Bagnas* de l'équipe gestionnaire (Conservateur et Chargée de mission).

#### *Activités socio-économiques*

Afin d'analyser l'évolution et la vulnérabilité des activités socio-économiques en lien avec le site du Bagnas, il a été décidé de réaliser des **entretiens** avec les acteurs concernés. Une trame d'entretien semi-directif a été rédigée dans ce but (cf. Annexe 2), et les acteurs concernés ont été contactés par mail puis téléphone. 8 entretiens d'environ 35 à 55 minutes ont été réalisés, dont 7 dans les bureaux de la réserve et 1 en visio. Pour des questions de temps disponible et de priorisation des activités en lien avec la gestion du site, seules les activités citées précédemment ont été analysées, et seuls 3 viticulteurs sur 6 ont été interrogés. Les compte-rendus de ces entretiens ont été analysés, et ont participé à l'évaluation de la vulnérabilité des activités socio-économiques sur le Bagnas, en complément de **recherches bibliographiques**.

Le cheminement par questions autour de ces caractéristiques permet de comprendre l'influence du changement climatique sur les composantes, d'identifier l'existence ou non de leviers pour l'adaptation et d'apprécier le degré de vulnérabilité/opportunité face au CC.

## Méthode d'évaluation de la vulnérabilité

Une fois les informations récoltées, leur croisement dans le tableau suivant (proposé dans la méthode Natur'Adapt) permet de donner une idée du **degré de vulnérabilité ou d'opportunité au CC** pour chaque composante. Le choix de l'appréciation reste **subjectif** et est le reflet du point de vue du gestionnaire.



		<b>Capacité d'adaptation</b>			
<b>Sensibilité</b>	<b>Exposition au CC</b>	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Forte	Défavorable	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne
Moyenne		Vulnérabilité très forte	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible
Faible		Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible	Vulnérabilité faible
Forte ou Moyenne ou Faible	Neutre	Indifférent			
Faible	Favorable	Opportunité faible	Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte
Moyenne		Opportunité faible	Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte
Forte		Opportunité moyenne	Opportunité forte	Opportunité très forte	Opportunité très forte

### ATTENTION ! Ne pas confondre :

- La vulnérabilité ou l'opportunité attribuée à chaque composante, qui découle de ses caractéristiques propres, et reflète **sa position** face au CC.
  - Ex : le sanglier présente une opportunité forte face au CC au Bagnas car les conditions climatiques vont faciliter sa recherche alimentaire.
- L'intérêt ou l'inconvénient que peut représenter ce résultat **pour le gestionnaire**.
  - Ex : le fait que le sanglier présente une opportunité forte au CC est une nouvelle plutôt mauvaise pour le gestionnaire qui va devoir adapter sa gestion.



## POINT IMPORTANT : temporalités d'analyse

Plusieurs études concluent qu'**une submersion permanente du Bagnas va survenir dans le futur** (à plus ou moins long terme). En particulier, l'étude menée par le BRGM dans le cadre du projet Roselières littorales d'Occitanie (Palvadeau *et al.*, 2021) prédit une submersion permanente de la roselière du Grand Bagnas dès l'horizon 2030-2050. Les secteurs concernés étant les plus éloignés du littoral et donc les moins vulnérables au risque de submersion, cette étude implique une submersion de l'ensemble du site su Bagnas.

Toutefois, il est important de noter que l'échelle régionale de l'étude n'a pas permis l'utilisation de méthodes précises. Ainsi, la méthode employée ne prend pas en compte les volumes d'eau pouvant franchir les obstacles sur le trajet de la submersion, ni les ouvrages hydrauliques. La méthode repose sur des modèles numériques de terrain (analyse altimétrique) et une propagation homogène de la submersion. L'absence de modélisation du phénomène réel et l'incertitude qui y est liée amènent le gestionnaire à **émettre une réserve sur les prévisions de cette étude**. Ce sujet sera donc à étudier plus en détails pour affiner notre compréhension du futur du site. Pour le moment, au vu des informations disponibles et du caractère exploratoire de la démarche, le choix est fait d'utiliser les résultats de cette étude pour réfléchir à un futur possible du site en cas de submersion permanente de tout le Bagnas.

Les conséquences d'un tel phénomène seraient bien plus importantes (pour le patrimoine naturel comme pour le gestionnaire) que l'évolution progressive des autres paramètres climatiques évoqués précédemment (températures, sécheresses climatiques, ...). D'où l'idée de traiter l'analyse selon **deux temporalités : avant et après submersion permanente** du site.

Dans les faits, le passage de l'une à l'autre se fera progressivement par une période de **transition**, mais les connaissances actuelles ne nous permettent pas d'avoir une idée précise de cette progression, ni de l'état du site à long terme. Ainsi, **l'analyse proposée ci-dessous se concentre sur la période avant submersion marine permanente** du Bagnas, ce qui n'empêche pas la survenue de submersions temporaires dans la partie littorale du site. Le travail prospectif et exploratoire sur le futur possible du Bagnas après submersion permanente est présenté dans le récit prospectif (dernier chapitre).

La combinaison d'une **analyse détaillée à court terme** et d'une **réflexion prospective et exploratoire à plus long terme** a semblé suffisante et pertinente (dans les délais du projet) pour servir de base à l'écriture du Plan d'Adaptation du Bagnas. En effet, les connaissances vont évoluer après sa rédaction, et le contenu du DVO et du PAd seront à compléter dans le futur.

### RECAP' : Point important

Plusieurs études concluent qu'une submersion du Bagnas va survenir dans le futur. Une étude récente du BRGM (Palvadeau *et al.*, 2021) prévoit même une submersion permanente de l'ensemble du site d'ici 2030-2050. La méthode employée dans cette étude conduit le gestionnaire à émettre une réserve sur ce résultat, qui sera à préciser. Les chamboulements majeurs qu'il implique pour le site l'amène toutefois à utiliser ce résultat en séparant l'analyse en 2 périodes :

- Avant submersion permanente (à court terme) : analyse détaillée de la vulnérabilité du site selon la méthode Natur'Adapt, résumée dans la première partie du récit prospectif ;
- Après submersion permanente (à long terme) : pas d'analyse détaillée, mais une réflexion exploratoire rédigée dans la seconde partie du récit prospectif.

# RESULTATS DE L'ANALYSE DE VULNERABILITE

## Vulnérabilité et opportunité des composantes

Composantes	Appréciation	Commentaires	
<b>Patrimoine naturel</b>			
<b>Habitats</b>	Lagune permanente fonctionnelle	Vulnérabilité forte	Habitat déterminé par le bilan hydrique, donc très sensible aux évolutions des facteurs d'apport/export d'eau. La salinité et le niveau d'eau peuvent évoluer jusqu'à certains seuils sans changer l'habitat. Pollution et comblement peuvent menacer l'habitat, mais le facteur principal reste la gestion hydraulique du site par le gestionnaire (elle-même très fortement vulnérable).
	Lagune temporaire fonctionnelle	Opportunité très forte	Habitat déterminé par l'alternance de mises en eau et d'assecs, donc très sensible aux variations des facteurs d'apport/export d'eau. Leur évolution future tend à accentuer cette alternance (impact positif du CC sur son fonctionnement hydraulique) d'où l'opportunité. Submersions marines et intrusions salines modifient la salinité sans menacer l'habitat.
	Roselière	Vulnérabilité forte	Habitat déterminé par la présence d'eau douce ou très faiblement salée, mais les modifications de l'hydropériode changent la mosaïque qui le compose sans le menacer. Habitat surtout sensible à la salinité donc dépendant des apports d'eau douce, malgré une bonne tolérance à des situations extrêmes. Fortement déterminé par la gestion hydraulique du site (elle-même très fortement vulnérable).
	Sansouïres	Opportunité forte	Habitat nécessitant la présence d'eau (en hiver) et de sel, principalement situé dans une zone au fonctionnement hydraulique quasi-naturel. L'évolution des paramètres climatiques lui est plutôt favorable (intrusions salines, précipitations hivernales, submersions, ...). Nombreux faciès possibles selon les conditions.
	Prés salés	Vulnérabilité moyenne	Habitat déterminé par la présence de certaines quantités d'eau et de sel : différents faciès possibles, mais transition vers d'autres habitats si trop ou pas assez de l'un ou l'autre. Vulnérable à la hausse de salinité (précipitations trop incertaines pour juger des conséquences). Paturage et fauche (choix de gestion) empêchent son évolution vers des fourrés (activités elles-mêmes très vulnérables).
	Friches post-culturales	Vulnérabilité moyenne	Comme les Prés salés. Changements de composition, structure, recouvrement possibles tout en restant des friches post-culturales.
	Milieu dunaire et plage	Vulnérabilité forte	Forte sensibilité aux phénomènes marins et leurs conséquences, mais aussi à la fréquentation et à la gestion du trait de côte. Choix de gestion et possibilité de recul du cordon dunaire seront déterminant pour l'adaptation.
	Mares d'eau douce	Vulnérabilité très forte	Extrêmement sensibles et dépendantes aux facteurs déterminant le bilan hydrique et la salinité, d'autant plus que surface et profondeur sont faibles. Une submersion marine serait fatale. Capacité d'adaptation nulle.
<b>Cortèges</b>	Macrophytes	Vulnérabilité forte	Cycle de vie entièrement dans l'eau, donc présence complètement déterminée par l'hydropériode. Tolérance aux variations de salinité, température, trophie (maintien de cortèges de macrophytes mais évolution de la structure et de la composition des cortèges). Fortement déterminé par la gestion hydraulique du site (elle-même très fortement vulnérable). Les macrophytes à enjeu (comme <i>Althenia filiformis</i> et

			Riella helicophyla) présents dans les lagunes temporaires sont fortement vulnérables à la salinisation de ces milieux.
	Oiseaux d'eau hivernant	Vulnérabilité moyenne	Besoin d'une profondeur d'eau minimale et de la présence de macrophytes pour se nourrir. Changement du comportement (lieux d'hivernage, période de présence, rythme de reproduction) possible selon les niveaux d'eau. Quiétude et refuge nécessaires. Importance de la gestion hydraulique du site (elle-même très fortement vulnérable).
	Oiseaux paludicoles en reproduction	Vulnérabilité très forte	Cortège très spécialisé, aux territoires restreints, déterminé par la structure de l'habitat (roselière) et la hauteur d'eau (deux éléments très vulnérables). Importance aussi de la quiétude et de la ressource alimentaire.
	Ardéidés coloniaux arboricoles nicheurs	Indifférent	Besoin d'une hauteur d'eau minimale en roselière, mais aussi de la présence de ligneux (roselière atterrie), donc évolution à la fois favorable et défavorable du climat. Large dispersion et adaptation du comportement possibles.
Espèces	Héron pourpré ( <i>Ardea purpurea</i> )	Vulnérabilité forte	Extrêmement exigeant et dépendant des roselières inondées, donc augmentation des sécheresses et intrusions salines défavorable. Gestion hydraulique et roselière sont elles-mêmes très vulnérables. Besoin aussi de quiétude et de ressources alimentaires. Large dispersion et adaptation du comportement possibles.
	Cistude d'Europe ( <i>Emys orbicularis</i> )	Vulnérabilité très forte	Importance du maintien du milieu, de la pollution, la mortalité routière ou les EEE Faune, mais surtout très sensible aux assecs et à la salinité (faible seuil de tolérance). Aucune adaptation possible face à leur augmentation.
	Sanglier d'Europe ( <i>Sus scrofa</i> )	Opportunité forte	Espèce généraliste, globalement peu d'incidence des conditions climatiques. Sensible à la salinité de l'eau pour s'abreuver, mais recherche alimentaire favorisée par les assecs et températures élevées. Facteurs principaux : occupation des sols (Bagnas refuge face à l'urbanisation alentour) et pression de chasse.
	Canne de Provence ( <i>Arundo donax</i> )	Pas assez d'information	Toutes ces EVEC seront pénalisées par l'augmentation de la salinité (sol et eau) et par la sécheresse. En revanche, l'incertitude est forte concernant leur degré de sensibilité au CC (notamment en comparaison de celui des autres espèces végétales présentes). En effet leur caractère envahissant leur permet souvent de tirer partie des perturbations en étant plus compétitives. Il est également difficile d'évaluer leur capacité d'adaptation, et notamment de report sur d'autres secteurs moins touchés par le sel et la sécheresse.
	Olivier de Bohême ( <i>Elaeagnus angustifolia</i> )	Pas assez d'information	
	Bourreau des arbres ( <i>Periploca graeca</i> )	Pas assez d'information	Toutefois, dans un second temps (transition vers une submersion permanente), la fréquence de submersion et la salinité trop élevée devraient être fatales aux EVEC présentes dans les milieux dunaires et arrière-dunaires (Canne de Provence, Olivier de Bohême et Bourreau des arbres). Les milieux actuellement colonisés pourraient alors tendre vers de la steppe salée, ce qui représenterait une opportunité (temporaire) pour le gestionnaire.
	Jussie rampantes ( <i>Ludwigia peploides</i> )	Pas assez d'information	
	<b>Outils et moyens de gestion</b>		
Suivis et recherche scientifiques	Indifférent		Certains suivis dépendent des conditions climatiques, d'autres pas. C'est souvent plus l'objet du suivi qui y est sensible que l'activité elle-même. Importance des moyens humains et techniques pour s'adapter aux conditions.
Gestion hydraulique	Vulnérabilité très forte		Pas le même impact d'une même gestion selon les facteurs du bilan hydrique ou la salinité. Evolution des précipitations, débits, intrusions salines, etc avec le CC plutôt défavorable à une gestion hydraulique

		simple. Le gestionnaire maîtrise la gestion hydraulique, donc adaptations possibles, mais peut être contraint selon les objectifs de gestion, la disponibilité de la ressource en eau douce, ou les moyens techniques et humains à disposition.
Gestion des EVEC	Indifférent	Les températures élevées peuvent rendre leur gestion pénible. L'assèchement des milieux peut faciliter la gestion. La vulnérabilité ou l'opportunité des EVEC face au CC n'est pas déterminée, mais influence la charge de travail nécessaire à leur gestion. Surtout dépendant des moyens humains (gestionnaire, bénévoles, chantiers) et techniques.
Régulation	Vulnérabilité moyenne	Faible sensibilité de l'activité aux conditions, sessions adaptables, mais besoins en croissance (CC opportunité forte pour le sanglier). Grandement déterminé par les activités cynégétiques autour (vulnérables), les moyens techniques, et obligations réglementaires.
Infrastructures	Vulnérabilité très forte	Impact des paramètres marins (érosion, submersion, tempêtes) sur le matériel, les accès, le bâti. Remplacement ou déplacement possibles pour certains éléments mais pas tout, surtout avec les contraintes de coûts et réglementation. Impact direct sur les missions du gestionnaire.
Moyens humains et surveillance	Vulnérabilité forte	Sensibilité aux fortes chaleurs sans beaucoup de solutions d'adaptation. Besoins en hausse (notamment en surveillance l'été) en lien avec la fréquentation touristique et la réglementation.
<b>Activités socio-économiques</b>		
Sensibilisation	Vulnérabilité faible	Sensible aux fortes chaleurs, un peu à la sécheresse (moins de moustiques mais moins de sujet d'animation si lagune à sec). Forte capacité d'adaptation, dans la forme (horaires, période, parcours d'animation, abris, ...) et le fond (sensibilisation au CC, adaptation du contenu au paysage).
Promenades équestres	Vulnérabilité moyenne	Sensibilité des chevaux et clients aux fortes chaleurs. Submersion marine et précipitations peuvent empêcher le passage temporairement. Horaires et durées des balades adaptables, mais pas tant le parcours. Activité déterminée par la fréquentation touristique et les conventions avec le CdL (passage sur les terrains du CdL).
Campings	Vulnérabilité très forte	Risque élevé à court terme par l'érosion, la submersion, et la montée du niveau de la mer. Adaptation dépendant de la gestion côtière (échelle des collectivités) ou alors recul. Selon les solutions envisagées, impact potentiel positif ou négatif sur le site (adjacent).
Viticulture	Vulnérabilité moyenne	Sensibilité des vignes aux températures extrêmes (moins de gel prévu mais plus de sécheresses et fortes chaleurs) et à la saisonnalité. Forte sensibilité à la salinité du sol, mais tous les terrains ne sont pas concernés. Cépages résistants en développement, mais pas encore de double résistance maladies et sécheresse. Via les conventions, le CdL propriétaire peut accompagner et contraindre pour initier des changements de pratiques.
Fauche et paturage équin	Vulnérabilité très forte	Les conditions climatiques déterminent la quantité et la qualité du fourrage, et le bien-être des chevaux (notamment fortes chaleurs et inondation des prés). Conventions modifiables mais adaptation pas possible pour toutes les contraintes. Activité directement dépendante de l'existence de l'activité équestre (vulnérable).
Activités cynégétiques	Vulnérabilité forte	Beaucoup d'espèces chassées sensibles aux précipitations et à la saisonnalité des phénomènes climatiques. Moins d'eau disponible pour boire à cause des sécheresses ou du sel, mais beaucoup sont abreuvés par les chasseurs. Abreuver et agrainer ne sont pas des adaptations durables. Modification des calendriers de chasse complexe et pas une solution complète. Pratiques agricoles, cynégétiques, urbanisation, nombre de chasseurs déterminent aussi l'évolution de l'activité.

## Synthèse des résultats

Pour le patrimoine naturel, les résultats de l'analyse de vulnérabilité peuvent être synthétisés par le schéma suivant.

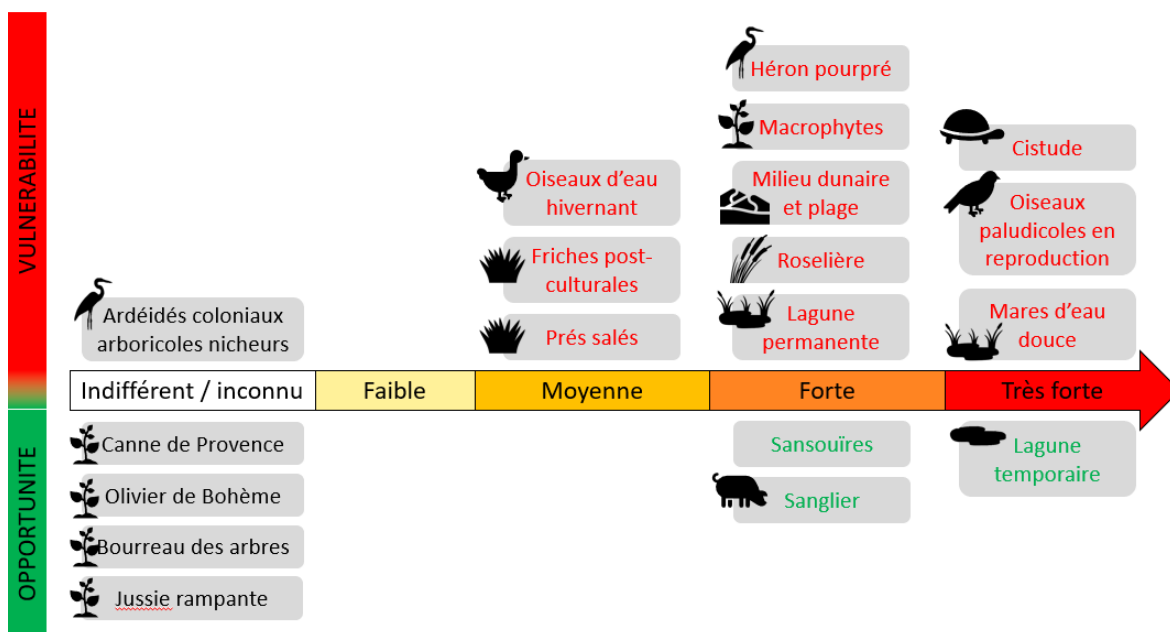


Figure 3 : Schéma des résultats de l'analyse de vulnérabilité au changement climatique des composantes du patrimoine naturel

Concernant les outils et moyens de gestion du site, aucune opportunité face au CC n'est observée, et les plus vulnérables sont la **gestion hydraulique**, les **infrastructures** et les **moyens humains**.

Parmi les activités les plus vulnérables au CC on trouve la **fauche et le pâturage équin**, qui servent aussi de moyen de gestion de la végétation dans certains habitats.

## Analyse des nouveaux arrivants

Les nouveaux arrivants sont les espèces ou habitats actuellement absents du site et qui pourraient émerger dans le futur. On s'intéresse ici aux potentiels nouveaux arrivants liés au changement climatique. Globalement en France, les espèces migrent vers le Nord et en altitude afin de s'adapter à la hausse des températures et ses conséquences. Or le Bagnas est situé sur le littoral méditerranéen, au niveau de la mer qui le borde au Sud-Est, et entouré de zones urbanisées. Il faut donc réfléchir différemment, ou à plus grande échelle, afin de comprendre les modifications et arrivées possibles. Les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs, mais permettent d'amorcer une réflexion sur ce sujet dans la continuité du diagnostic réalisé.

### Arrivées récentes

Durant la dernière décennie, voire les dernières années, plusieurs espèces ont été observées sur le site et dans la région alors qu'elles ne l'étaient pas auparavant. C'est par exemple le cas de la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*), très sensible au gel. Présente en Espagne il y a quelques dizaines d'années, son aire de répartition s'étend maintenant jusqu'en Camargue, en passant par le Bagnas. De même, l'observation de Cormoran pygmée (*Microcarbo pygmaeus*) sur le Bagnas en 2013 était très exceptionnelle (la 7<sup>e</sup> en France), alors qu'il est désormais occasionnel de l'apercevoir dans la région. De plus, plusieurs espèces d'oiseaux autrefois de passage sont désormais nicheuses sur le site. Par exemple, l'Ibis falcinelle (*Plegadis*



*falcinellus*) autrefois présent plutôt au Sud-Est de l'Europe, niche régulièrement en France et notamment au Bagnas depuis 5 à 10 ans. C'est aussi le cas du Fuligule milouin (*Aythya ferina*). La Huppe fasciée (*Upupa epops*), elle, niche ici depuis longtemps mais hiverne aussi désormais.

Les insectes, et notamment les lépidoptères sont également capables de se déplacer assez facilement pour s'adapter aux conditions climatiques. Toutefois, comme pour beaucoup d'autres groupes taxonomiques, il n'existe pas de suivi exhaustif et régulier permettant d'avoir une trace de l'arrivée de nouvelles espèces sur le Bagnas.

### Arrivées futures

Les incertitudes sont bien sûr très importantes concernant les espèces qui pourraient arriver sur le site dans le futur. L'anticipation des changements d'aire de répartition en lien avec le CC est très incertaine mais aussi chronophage s'il fallait s'intéresser à toutes les espèces.

On peut toutefois imaginer, dans la continuité des observations récentes, un changement de comportement chez certaines espèces d'oiseaux. Ainsi, le Traquet motteux (*Oenanthe oenanthe*) est un exemple de migrateur qui pourrait finir par hiverner dans la région. Les passereaux étant très mobiles, ils peuvent avoir une réponse rapide aux changements climatiques. Au vu des tendances actuelles (étalement dans le temps de leur présence), des canards comme le chipeau (*Mareca strepera*) ou le souchet (*Spatula clypeata*) pourraient également devenir nicheurs sur le Bagnas bien qu'ils ne le soient aujourd'hui que sur la façade atlantique. Les grues cendrées (*Grus grus*), qui hivernent habituellement dans la péninsule ibérique, traversent moins les Pyrénées et commencent à passer l'hiver en France. Déjà parfois présentes dans le Sud Ouest ou en Camargue, les grues pourraient bientôt hiverner au Bagnas. Enfin, avec l'augmentation des températures, des oiseaux du Nord du Maghreb comme la Buse féroce (*Buteo rufinus*) ou la Buse pattue (*Buteo lagopus*) pourraient trouver dans la région des conditions favorables.

Concernant les autres taxons faunistiques, de nouvelles espèces pourraient arriver au Bagnas, sans que l'on soit capable aujourd'hui de les identifier. Il semble ainsi important de rester vigilant sur l'arrivée de nouvelles espèces exotiques envahissantes (EEE), faune comme flore. La difficulté réside dans le fait qu'à court terme les conditions abiotiques changent mais le milieu reste similaire, alors qu'à long terme les milieux composant le Bagnas vont très probablement changer aussi, ce qui rend la prospective plus complexe.



# RÉCIT PROSPECTIF DU BAGNAS SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## Forme du récit prospectif

A la suite du diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité, un travail de prospective doit être mené. Il s'agit de prendre le temps de dresser les perspectives d'évolutions des milieux naturels, espèces et pratiques socio-économiques du site. En bref : **imaginer le futur du Bagnas**. Avoir en tête cette vision prospective de l'aire protégée est essentiel avant de passer à l'élaboration du plan d'adaptation.

## Temporellement

Plusieurs études concluent qu'**une submersion permanente du Bagnas va survenir dans le futur** (à plus ou moins long terme selon les paramètres et études). En particulier, l'étude menée par le BRGM dans le cadre du projet Roselières d'Occitanie (Palvadeau *et al.*, 2021) prédit une submersion permanente de la roselière du Grand Bagnas (et donc de tout le site) **dès l'horizon 2030-2050**. La méthode employée dans cette étude ne modélise pas le phénomène mais analyse seulement l'altimétrie du terrain. Cela conduit le gestionnaire à émettre une **réserve sur ce résultat incertain**, qui sera à préciser par la suite. Les conséquences d'un tel phénomène seraient bien plus importantes (pour le patrimoine naturel comme pour le gestionnaire) que l'évolution progressive des autres paramètres climatiques évoqués précédemment (températures, sécheresses climatiques, ...), d'où l'idée de traiter l'analyse selon **deux temporalités : avant et après submersion permanente** du site. Dans les faits, le passage de l'une à l'autre se fera progressivement par une période de transition, mais les connaissances actuelles ne nous permettent pas d'avoir une idée précise de cette progression, ni de l'état du site à long terme. Ainsi, le récit proposé ci-dessous est **une vision prospective exploratoire d'un futur possible du Bagnas**.

## Spatialement

Au vu des résultats d'analyse exposés précédemment, le choix est fait de présenter la vision prospective du site à court terme en trois grandes parties correspondant à des zones géographiques définies (cf. Figure 2):

- Le **littoral**, comprenant le milieu dunaire et la plage, les mares d'eau douce et les grandes concentrations de certaines EVEC, les campings de part et d'autre du site, ainsi qu'une partie du parcours des balades équestres.
- Le **Petit Bagnas**, le Payrollet, Maraval et la « zone intermédiaire », composés de la lagune temporaire (comprenant une partie des macrophytes) associée aux sansouïres ; aussi caractérisés par des grandes surfaces de prés salés et friches post-culturelles, et par la présence de viticulture ;
- Le **Grand Bagnas**, sa lagune permanente (contenant l'autre partie des macrophytes) et les roselières associées, qui hébergent de nombreux cortèges et espèces parmi ceux sélectionnés pour l'analyse (à la vulnérabilité nulle à très forte).

Les composantes régulation du sanglier, sensibilisation des publics, et infrastructures concernent l'ensemble du site.

## Récit prospectif

### Avant submersion permanente

#### *Littoral*

L'**érosion du littoral**, couplée et accentuée par les tempêtes, la montée du niveau marin et les submersions marines, pourrait **amincir de plus en plus la plage** et **rogner le cordon dunaire** (diminution de la hauteur des dunes, creusement de sillons, ...). Sans gestion côtière particulière (i.e. sans engraissement de la plage, pose de ganivelles, enrochements, etc.), le **cordons dunaire et la plage devraient également reculer**, empiétant sur les milieux d'arrière-dunes (principalement des friches). Ce recul serait toutefois limité par les potentiels obstacles en dur à l'arrière et par le stock de sable disponible. Dans tous les cas, le complexe dunaire verra sa structure et sa physionomie fortement modifiés. La **dune blanche** est l'habitat le plus **vulnérable** à l'érosion (Comité français de l'UICN, 2020) ; la biodiversité qu'elle héberge devrait ainsi diminuer notablement face à ces perturbations. Plus radicales que l'intrusion saline progressive liée à la montée du niveau marin, les **submersions marines**, même temporaires, **détruiront les mares d'eau douce** et les espèces ne supportant pas l'eau salée (dont les EVEC). **La fonctionnalité écologique des milieux dunaires sera donc très fortement réduite**, et leur fonction de **barrière physique** (aux coups de mer notamment) est également en péril.

Les campings périphériques subiront également ces phénomènes, et devront probablement à terme reculer leurs premières rangées. Cela ne réduira pas forcément pour autant les pressions exercées par leur présence en bordure de site. En dehors des périodes de tempêtes propices aux événements climatiques mentionnés, le passage des balades équestres sur la plage ne devrait pas être remis en cause, à moins que d'autres facteurs (fortes chaleurs, etc.) ne viennent mettre cette activité en péril. La vulnérabilité des moyens humains se fera particulièrement sentir sur cette zone, où la fréquentation (interdite) particulièrement importante en été nécessite une surveillance accrue, dans des conditions de plus en plus pénibles (notamment à cause des fortes chaleurs).

#### *Petit Bagnas*

Au petit Bagnas, les intrusions marines plus importantes et la remontée du biseau salé vont faire augmenter la salinité de l'eau comme du sol, en particulier dans les zones les plus basses topographiquement. L'évolution des précipitations (plus importantes en hiver et encore plus faibles en été), devrait à court terme accentuer l'alternance eau-assez qui caractérise la lagune temporaire. La **mosaïque lagune temporaire – sansouïre** devrait ainsi profiter du changement climatique à court terme et se saliniser, voire **étendre sa surface** sur d'autres habitats en recul, comme les **formations prairiales** (friches post-culturelles et prés salés). Ces dernières (moyennement vulnérables au CC), pourraient évoluer vers divers habitats (fourrés, sansouïres, ...) en fonction des événements climatiques et de la gestion de la végétation appliquée. Ce changement dans la répartition des habitats terrestres et aquatiques devrait profiter aux **macrophytes**, pour qui l'extension des lagunes temporaires est une opportunité. Ce cortège pourrait cependant évoluer vers une **composition plus marinisée** à Zostères, et certaines espèces à enjeu pourraient en pâtir.

A Maraval, l'activité viticole est jugée vulnérable, mais devrait se maintenir à moyen terme, tout en évoluant dans ses pratiques (recherche de cépages résistants à la sécheresse, limitation des intrants, ...).

#### *Grand Bagnas*

Le Grand Bagnas est caractérisé par sa **lagune permanente**, fortement vulnérable au CC, et la très grande majorité du patrimoine naturel qu'elle abrite dépend directement ou indirectement de l'eau de la lagune, sa qualité, sa quantité et son hydropériode. Bien que les prévisions climatiques soient incertaines

concernant les précipitations, on peut s'attendre à une **diminution du ruissellement** dans le bassin versant aboutissant au Bagnas. Concernant le fleuve Hérault, qui assure actuellement 30% de l'approvisionnement de la lagune, une **diminution débits estivaux du fleuve** est prévue, possiblement associée à une restriction sur la prise d'eau. Un **scénario de gestion hydraulique** est actuellement à l'étude mais les marges de manœuvre pourraient être limitées par la **diminution des volumes d'eau douce disponibles**. Quoi qu'il en soit on peut s'attendre à des **changements de la mise en eau** de la lagune permanente, avec peut-être un marnage plus important.

Le scénario de gestion hydraulique évoqué étudié, pour plusieurs raisons, la possibilité d'un **apport d'eau depuis l'étang de Thau**. Cela changerait fortement les paramètres déterminant les niveaux d'eau dans la lagune. De plus, l'eau de Thau est salée. Combiné à l'**avancée du biseau salé**, ce choix de gestion augmenterait donc le **risque de salinisation** de la lagune permanente (actuellement saumâtre) si les apports ne sont pas maîtrisés. Cela aurait un impact majeur sur les habitats et espèces présents, et pourrait entraîner une **modification de la biocénose**. L'**herbier** actuel pourrait par exemple évoluer vers une composition plus liée aux eaux salées, voire temporaires en marge de la lagune. La salinisation sera également défavorable à la **roselière**, et de fait à la majorité des cortèges qu'elle abrite. Les **cortèges avifaunistiques**, très dépendants des apports en eau, de la présence de roselières et/ou d'herbiers, pourraient évoluer : certaines espèces vulnérables au CC ne trouveront peut-être plus un potentiel d'accueil suffisant au Bagnas, quand d'autres arriveront pour la première fois sur le site, ou s'y plairont sur de nouvelles périodes. La **Cistude d'Europe**, qui fréquente les milieux d'eau douce en périphérie de la lagune, est très vulnérable au CC (en particulier la salinisation) et pourrait donc voir sa population décroître.

Les **choix de gestion**, notamment hydraulique, seront ainsi déterminants pour l'avenir du Grand Bagnas et son patrimoine biologique, mais pourraient être insuffisants ou trop contraints à long terme pour maintenir la biodiversité actuelle.

### Ensemble du site

La vulnérabilité au CC de l'activité de **sensibilisation** du public est faible. Cette dernière devrait donc perdurer dans le futur, s'adaptant comme possible pour garder des conditions d'animations supportables. Un autre sujet touchant l'ensemble du Bagnas est la présence des **sangliers et leur régulation**. L'espèce trouvant une opportunité forte dans les évolutions liées au CC, sa population risque d'augmenter dans le futur. Cela rend la régulation d'autant plus nécessaire mais aussi couteuse en temps, moyens humains et techniques. Enfin, les différents phénomènes climatiques et leurs conséquences abiment d'autant plus les **infrastructures** (bâti, chemins, ouvrages hydrauliques, ponts, portails, ganivelles, ...) qu'ils sont fréquents et extrêmes. La forte vulnérabilité des infrastructures au CC entrainera ainsi pour le gestionnaire plus de coûts et de difficultés dans ses missions, par exemple avec un besoin d'entretien ou de remplacement/réfection plus fréquent.

## Après submersion permanente

A plus long terme et selon l'étude du BRGM (Palvadeau *et al.*, 2021), le Bagnas aura subi une submersion marine permanente. La **plage** et les points les plus bas du **cordons dunaire** seront alors sous l'eau. L'arrière-dune et la majorité du **Petit Bagnas** seront également submergés par l'eau de mer. Tous les milieux habituellement terrestres ou régulièrement exondés seront donc modifiés : la **lagune temporaire** deviendra permanente ; les **friches** et **prés salés** seront inondés. L'ensemble de la faune trop peu mobile et de la **flore** non aquatique (dont les EVEC, et ainsi que la flore aquatique d'eau douce ou saumâtre) ne survivront pas dans l'eau salée. La **faune terrestre** mobile (dont le sanglier) cherchera des habitats de report, plus ou moins proches du site selon les potentiels d'accueil et les capacités de déplacement.

En revanche, les nouveaux habitats créés pourraient attirer des espèces jusqu'ici absentes ou présentes sur uniquement sur certaines parties du site. Le milieu de lagunes permanentes salées sera par exemple propice à des espèces aquatiques comme des **poissons**, divers **invertébrés**, des **algues**, etc. Certains cortèges déjà présents pourraient voir leur composition évoluer face à ces changements de conditions : les **macrophytes** de lagunes marinisées (zostères, cymodocées, macroalgues) deviendraient prépondérants, et les **laridés** pourraient être bien nombreux dans le cortège des **oiseaux**. Les activités du littoral ne pourront plus exister à cet endroit, tout comme la **fauche et le pâturage** équin du petit Bagnas. Les **vignes** ne seront probablement pas inondées, mais la salinité du sol et des nappes sera probablement très importante, ce que tous les cépages ne supportent pas. Certaines **infrastructures** seront immergées, d'autres menacées ou moins accessibles.

Dans le scénario de submersion permanente, le Bagnas deviendrait une **annexe hydraulique de l'étang de Thau**. On peut alors imaginer la biocénose du Bagnas évoluer vers une biocénose proche de celle de l'étang de Thau. Au Grand Bagnas, la **lagune permanente** saumâtre deviendra ainsi salée, dégradant beaucoup des habitats associés, comme les **roselières**. Ces dernières devraient évoluer vers des fourrés halophiles de haut niveau à soude et salicorne. Toutes les espèces dépendant directement de ces habitats disparaîtront donc de ces milieux (**Héron pourpré, oiseaux paludicoles, macrophytes** d'eau saumâtre, etc.). Le réseau hydraulique sera également inondé, privant par exemple la **Cistude d'Europe** et la **Jussie** (EVEE) des zones d'eau douce dont elles ont besoin. Dans le cas où les ouvrages hydrauliques seraient submergés, plus aucune **gestion de l'eau** ne serait possible. Dans tous les cas, le fonctionnement hydraulique du site sera très différent d'aujourd'hui.

Les **suiivs scientifiques** seront toujours possibles, mais les sujets d'étude ne seront plus les mêmes, et les conditions seront bien différentes. Ces dernières impacteront aussi la **surveillance** du site (moins importante une fois la plage disparue) et les actions de **sensibilisation**. Le maintien de ces activités et moyens de gestion suppose également que les **locaux** du gestionnaire au Domaine du Grand Clavelet seront toujours existants et accessibles, ce qui n'est pas garanti dans le scénario décrit ici.



## CONCLUSION

---

La démarche Natur'Adapt a permis de recueillir de nombreuses informations sur le climat et son évolution sur le territoire du Bagnas. Les questionnements sur la vulnérabilité des éléments du site et leur évolution ont été l'occasion de recueillir des perceptions et dires d'experts sur ces sujets. L'ensemble des résultats a permis au gestionnaire de se questionner, d'imaginer le futur du site, et de partager ces éléments avec les acteurs du territoire.

L'analyse produite ne prétend pas à l'exhaustivité ni à la rigueur d'une étude scientifique, mais elle dresse une première synthèse des connaissances disponibles (en un temps limité) et des perspectives d'évolution du site, ses habitats, ses espèces et les activités qui s'y exercent. Un des objectifs de la démarche Natur'Adapt est que cette réflexion ne reste pas figée mais soit progressivement complétée au fur et à mesure des études et observations réalisées. Les hypothèses émises mériteraient en effet d'être complétées et étayées par de la littérature scientifique mais donnent déjà un aperçu pertinent du devenir du territoire. Ces informations vont servir de base à l'écriture du plan d'adaptation du site du Bagnas, disponible dans un second document.

# LISTE DES ACRONYMES

---

AP	Aire Protégée
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAHM	Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée
CC	Changement climatique
CdL	Conservatoire du littoral
CEN	Conservatoire d'Espaces Naturels
DVO	Diagnostic de Vulnérabilité et d'Opportunité
EVEE	Espèce Végétale Exotique Envahissante
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (= GIEC en anglais)
PAd	Plan d'Adaptation
PG	Plan de Gestion
RCP	Radiative Concentration Pathway
RNF	Réserves Naturelles de France
RNN	Réserve Naturelle Nationale
SAM	Sète Agglopôle Méditerranée
SMBT	Syndicat Mixte du Bassin de Thau
ZH	Zone Humide

# GLOSSAIRE

---

**Capacité d'adaptation au changement climatique** : qualité qui permet à un système humain ou naturel de réduire les effets négatifs et/ou de tirer parti des effets positifs du changement climatique.

**Climat** : ensemble des caractéristiques de l'atmosphère (température, pluviométrie, pression atmosphérique, humidité, ensoleillement, vents...) et de leurs variations, à une échelle spatiale donnée et sur une période suffisamment longue (au moins 30 ans).

**Démarche d'adaptation** : démarche qui permet à un système humain ou naturel de réduire les effets négatifs et/ou de tirer parti des effets positifs du changement climatique. Elle vise à anticiper les conditions climatiques futures pour prendre aujourd'hui des décisions et des actions compatibles avec la situation, demain.

**Exposition au changement climatique** : nature, degré et fréquence des variations climatiques (et leurs conséquences physiques) susceptibles d'être subies par les systèmes humains ou naturels.

**Modèle climatique** : modélisation mathématique qui simule les interactions entre l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales pour obtenir les évolutions possibles du climat terrestre.

**Paramètre climatique** : grandeur observée ou calculée permettant de caractériser le climat et son évolution sur un espace géographique. Par exemple : les températures moyennes, les vagues de chaleur, le régime des précipitations, les épisodes de sécheresse, l'élévation du niveau marin, ...

**Scénario climatique** : hypothèses sur l'évolution de la démographie mondiale et des modes de vie à travers la planète pour simuler les émissions futures de gaz à effet de serre. Les scénarios utilisés sont les scénarios RCP établis par le GIEC.

**Sensibilité au changement climatique** : propension intrinsèque d'un système humain ou naturel à être affecté favorablement ou défavorablement par des variations climatiques (et leurs conséquences physiques).

**Service climatique** : production et contextualisation d'informations et de savoirs de la recherche sur le climat qui permettent notamment d'évaluer et qualifier le climat passé, présent ou futur, et d'accompagner la prise de décision à tous les niveaux de la société, dans ses actions d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

**Vulnérabilité au changement climatique** : propension d'un système humain ou naturel à subir des dommages, en fonction de son exposition, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation globale aux variations climatiques (et leurs conséquences physiques).

# BIBLIOGRAPHIE

---

- ADEME (2016). Quels changements climatiques dans le département de l'Hérault ? – 40 ans de suivi des températures et précipitations. 32 p.
- ADENA (2019). Plan de gestion 2020 – 2029 : Réserve Naturelle Nationale du Bagnas, Site Natura 2000 « Etang du Bagnas », Site du Conservatoire du littoral, Zone Humide du Bagnas
- ADENA (2020). Qualité des eaux du Bagnas – Etat actuel. 74 p
- ANDRE L., POITEVIN C., RIGAL B., TYACK L. (2018). Le littoral héraultais face au changement climatique. Cahier des DSA d'architecture-urbanisme 2017-2018.
- ARTELIA (2011). Actualisation de l'aléa érosion sur le littoral du Languedoc-Roussillon. Rapport N1713060–OCTOBRE 2011, 78 p.
- BALOUIN Y., DE LA TORRE Y., TIRARD E. (2011). Les tempêtes marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon – Caractérisation et faisabilité d'un réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts. Rapport final BRGM RP-59516-FR.
- CESMAT L., ROUMEAU, S., PONS, F., TRMAL, C. (2019). Le littoral de Thau : retour sur près de 4 siècle d'évolution façonnée par l'homme, les courants et les tempêtes marines. Revue d'Histoire et d'Archéologie de Sète et de sa Région, p. 1-27.
- COMITE FRANÇAIS DE L'UICN (2020). La Liste Rouge des Écosystèmes en France - Chapitre Littoraux méditerranéens de France métropolitaine, Vol 1 : dunes côtières et rivages sableux, Paris, France, 28 pages.
- DÖRFLIGER N., SCHOMBURGK S., BOUZIT M., PETIT V., CABALLERO Y., DURST P., DOUEZ O., CHATELIER M., CROISSET N., SURDYK N. (2011). Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. Rapport intermédiaire. BRGM RP-60829-FR.
- DREAL (2018). Stratégie régionale de gestion intégrée du trait de côte – Littoral Occitanie 2018 – 2050.
- EPTB Fleuve Hérault (2018). Plan de Gestion de la Ressource en Eau.
- GIEC (2014). Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- HORTON B., RAHMSTORF, S., ENGELHART, S., KEMP, A. (2014). Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300. *Quaternary Science Reviews*, 84 (1-6).
- IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and the 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.)]. In press.
- JOUZEL J. (dir.) (2015). Le climat de la France au XXIe siècle – Volume 5 – Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises. DGEC.



KOPP R., HORTON R., LITTLE C., MITROVICA J., OPPENHEIMER M., RASMUSSEN D. J., STRAUSS B., TEBALDI C. (2014). Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. *Earth's future*, 2 – 8 (383-406). <https://doi.org/10.1002/2014EF000239>

ORACLE (2021). Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Occitanie, édition 2021. 105 p.

PALVADEAU E., FLEURY P., VALENTINI N. (2021). Projet « Roselières » - Vers une stratégie de conservation à long terme des roselières littorales d'Occitanie – Rapport Axe 3 Volet hydrogéologique et volet submersion – Rapport final BRGM/RP-70715-FR. 245 p., 57 ill., 2 ann.

SERRAND M. (2013). MISEEVA. Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité de la zone côtière du Languedoc-Roussillon face à la submersion marine : évaluation d'indicateurs de vulnérabilité socio-économiques et environnementaux. Rapport final. BRGM/RP-60980-FR. 160 p., 32 fig., 5 tab., 11 ann.

RECO (2021). Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques, édition 2021. 270 p.

WETLANDS INTERNATIONAL (2010). Guide méthodologique pour le suivi des oiseaux d'eau : Protocole de terrain pour le comptage des oiseaux d'eau. Rapport préparé par Wetlands International - Mars 2010

## SITOGRAPHIE

---

Cerema (2018) : [Indicateur national de l'érosion côtière \(métropole et outre-mer\) \(arcgis.com\)](https://arcgis.com)

Climat HD : [CLIMAT HD par Météo-France - Le Climat dans votre région \(meteofrance.com\)](https://meteofrance.com)

DRIAS : [Découverte \(drias-climat.fr\)](https://drias-climat.fr)

Infoclimat : [Normales et records climatologiques 1981-2010 à Montpellier - Fréjorgues - Infoclimat](https://infoclimat.fr)

Littoral-occitanie : [www.littoral-occitanie.fr](https://www.littoral-occitanie.fr)



© ADENA

# ANNEXES



## Diagnostic de vulnérabilité du site du conservatoire du littoral du Bagnas



# ANNEXES

---

- Annexe 1** Synthèse climatique du site du Bagnas – Projet LIFE Natur'Adapt
- Annexe 2** Trame d'entretien semi-directif

RAPPORT



# Synthèse climatique du site du Bagnas

Projet LIFE Natur'Adapt



## Rédaction et mise en page

---

Noémie NOJAROFF – ADENA

## Relecture

---

Xavier Fortuny – ADENA

## Citation de l'ouvrage

---

NOJAROFF, N. 2022. Synthèse climatique du site du Bagnas. Projet LIFE Natur'Adapt. 29 p.

# Table des matières

---

INTRODUCTION .....	46
METHODOLOGIE .....	46
Sélection des paramètres.....	46
Climat passé et actuel : données et sources .....	47
Projections et climat futur : méthodologie .....	47
L'EVOLUTION DES PARAMETRES .....	49
Température atmosphérique et paramètres associés.....	49
Température moyenne annuelle .....	49
Extrêmes froids de température.....	50
Nombre de jours chauds .....	51
Evapotranspiration.....	53
Précipitations et paramètres associés.....	54
Précipitations annuelles .....	54
Précipitations saisonnières .....	56
Sécheresse climatique.....	59
Sécheresse des sols .....	59
Débit du Fleuve Hérault et inondations .....	60
Paramètres marins et leurs conséquences .....	62
Tempêtes marines.....	62
Niveau de la mer .....	63
Submersion marine.....	64
Erosion littorale.....	65
Intrusion saline.....	66
Conclusion et récapitulatif .....	67
RESSENTI DES LOCAUX .....	68
BIBLIOGRAPHIE.....	69
SITOGRAFIE.....	70

# INTRODUCTION

---

Le Bagnas est un site naturel du Conservatoire du littoral, du réseau Natura 2000, une Réserve naturelle nationale et une zone humide. Géré par l'ADENA, il est situé entre les stations balnéaires d'Agde et de Marseillan sur le littoral héraultais, en Occitanie.

Le site du Bagnas (en tant que site du Conservatoire du littoral) a été retenu pour participer à la phase de test du projet LIFE Natur'Adapt. Dans ce cadre, le gestionnaire met en œuvre une démarche d'adaptation de la gestion du site au changement climatique. L'analyse du climat passé, présent et futur constitue la première phase de cette démarche, et permettra d'alimenter le diagnostic de vulnérabilité au changement climatique qui sera réalisé par la suite. Un plan d'adaptation sera ensuite proposé. Le présent document fournit une synthèse non exhaustive des informations récoltées sur le climat passé, présent et futur du territoire du Bagnas.

Le **climat méditerranéen** est caractérisé par des hivers doux et des étés chauds, un ensoleillement important et des vents violents fréquents. Les jours de pluie sont peu nombreux et répartis irrégulièrement sur l'année, principalement en automne et en hiver. Le site du Bagnas se situe sur la côte héraultaise, au climat méditerranéen **littoral**, plus sec qu'à l'intérieur des terres.

## METHODOLOGIE

---

### Sélection des paramètres

De très nombreux paramètres climatiques existent et peuvent être étudiés pour comprendre le climat d'une région. Dans le cadre de la démarche Natur'Adapt, l'analyse climatique a pour objectif de comprendre l'exposition et la vulnérabilité du site au changement climatique. Ce sont donc les **paramètres déterminant l'existence et le fonctionnement du Bagnas** qui sont sélectionnés ici.

Un autre critère important concerne **la disponibilité et la nature des données**. En effet, l'analyse climatique nécessite l'accès à des informations suffisamment nombreuses, fiables, et anciennes pour l'étude du climat passé, ainsi que des données prises en compte dans les modélisations du climat futur.

Le Bagnas étant une **zone humide**, son fonctionnement hydraulique détermine une grande partie de ses caractéristiques écologiques. Les paramètres climatiques et autres variables ayant un impact sur le bilan hydrique du site sont donc pertinents. C'est pour cela que sont sélectionnés la température atmosphérique, l'évapotranspiration, les précipitations, et le débit du fleuve Hérault. La sécheresse des sols est un indicateur indirect du bilan hydrique et un paramètre important pour les activités socio-économiques liées au Bagnas.

Le Bagnas est également un **espace naturel littoral**, séparé et protégé de la mer par un habitat dunaire et une plage. Il est ainsi essentiel d'étudier les paramètres marins pour comprendre leur influence sur le site et les impacts possibles dans le futur. En particulier, le niveau marin détermine la mise en eau des lagunes temporaires du Petit Bagnas, en plus d'impacter directement ou indirectement les autres variables marines.

Les paramètres et variables retenus pour l'analyse climatique du Bagnas sont les suivants :

- Température atmosphérique : moyenne annuelle, extrêmes froids, nombre de jours chauds
- Evapotranspiration
- Précipitations : moyennes annuelles et saisonnières, sécheresse climatique

- Sécheresse des sols
- Débit du fleuve Hérault et inondations
- Tempêtes marines
- Niveau marin
- Submersion marine
- Erosion côtière
- Intrusion saline

## Climat passé et actuel : données et sources

La réserve possède une station météorologique qui relève uniquement la pluviométrie depuis 2014 et l'évaporation depuis 2018. La station utilisée dans ce document pour étudier le climat récent est celle de **Marseillan-INRA** (Domaine de Vassal) située à 3,5 km du Bagnas. La fiche climatologique (Météo France) disponible pour cette station ne donne que des informations liées à la température et aux précipitations, et peu de données passées. Des informations issues de la **fiche climatologique de Sète** (à environ 18 km, également littorale) sont donc utilisées en complément. Les autres données utilisées pour étudier le climat passé proviennent principalement des services climatiques **Climat HD** (données Météo-France pour les stations Sète ou Montpellier-Mauguio, ou l'échelle du Languedoc-Roussillon) et **Infoclimat** (données Météo-France de la station de Sète). Des études et rapports sont utilisés en compléments et listés dans la bibliographie en fin de document.

Les **normales climatiques** correspondent aux moyennes des paramètres climatiques sur une période de 30 ans. Afin d'utiliser les données homogénéisées de Météo France, c'est encore la période 1981 – 2010 qui est la plus souvent utilisée pour le climat actuel. Pour le **climat du passé**, les périodes choisies varient en fonction des données disponibles (à partir de 1900, 1950, 1960 selon les paramètres et stations).

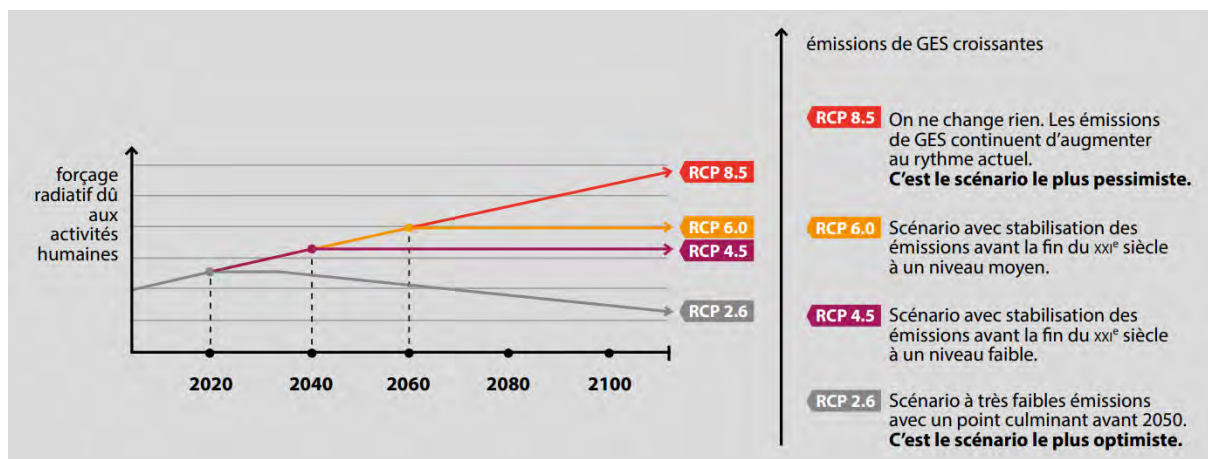
## Projections et climat futur : méthodologie

Les projections du climat futur sont principalement issues du **service climatique DRIAS** de Météo France. Lorsqu'une autre source est utilisée, elle est indiquée à la suite de l'information concernée.

## Scénarios d'émissions

Les scénarios d'émissions **RCP** correspondent à différents schémas d'évolution des émissions de Gaz à Effet de Serre, proposés par le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Un RCP (Radiative Concentration Pathway) est utilisé comme paramètre d'entrée des modèles de climat. Sa valeur peut être associée à des hypothèses d'évolution socio-économique, mais également à des politiques d'adaptation et d'atténuation. Trois scénarios sont disponibles dans DRIAS : RCP 2.6 (émissions maîtrisées), RCP 4.5 (émissions modérées), et RCP 8.5 (émissions non réduites).





Deux scénarios sont comparés dans le présent document : le **RCP 4.5** (« plutôt optimiste ») et le **RCP 8.5** (« pessimiste »). Le choix de 2 scénarios permet de montrer une fourchette des évolutions possibles, et de tenir compte des incertitudes liées au climat futur.

## Pas de temps

Plusieurs horizons temporels peuvent être envisagés. Dans cette analyse, les **horizons 2050 et 2100** ont été choisis. Ce sont les plus utilisés dans les modèles climatiques, et les mêmes que pour l'étude prospective sur le risque de submersion marine et le projet Roselières (études récentes disponibles concernant le Bagnas). Dans certains services climatiques ou études prospectives, les indicateurs sont donnés pour des pas de temps plus larges (comme 2040-2070 et 2070-2100). Ceux-ci sont ici considérés équivalents aux horizons 2050 et 2100 pour une étude facilitée des résultats.

## Modèles climatiques

Plusieurs modèles climatiques existent et diffèrent selon la méthode utilisée et le pays. Afin d'obtenir une fourchette de valeurs et tenir compte des incertitudes liées à la modélisation du climat futur, 3 modèles ont été retenus :

- Le modèle climatique français **CNRM CM5 / Aladin63**, correction Adamont, jugé pessimiste ;
- Le modèle climatique français **IPSL CM5A / WRF381P**, correction Adamont, jugé optimiste ;
- La **médiane** de l'ensemble des modèles disponibles (**DRIAS 2020**) proposée par DRIAS (souvent entre ou proche d'un des modèles ci-dessus, mais parfois plus extrême).

# L'EVOLUTION DES PARAMETRES

---

Pour chaque paramètre, son évolution passée et récente est décrite, puis les résultats des projections dans le futur sont présentés.

## Température atmosphérique et paramètres associés

---

### Température moyenne annuelle

#### Climat récent

##### *Présent*

D'après les données Météo-France, la température moyenne annuelle à la station Marseillan-INRA est de **15,1 °C** (normale climatique 1981 – 2010), tout comme à Montpellier. La température moyenne en hiver est de 8,2 °C, contre 22,4 °C en été. Cette normale n'est pas la plus récente (les données de 1990-2019 donnant une température moyenne de 15,5 °C à Montpellier), mais la suivante n'est pas encore officialisée par Météo-France.

##### *Passé*

La température moyenne annuelle à Montpellier était de **14,4 °C** sur la période 1961 – 1990 (*ORACLE, 2021*), soit 0,7 °C de moins que la normale 1981-2010.

##### *Evolution*

Depuis 1900, les températures moyennes annuelles en Occitanie ont augmenté d'environ 2,1 °C (l'augmentation est de 1,7 °C en moyenne en France) (*Climat HD ; RECO, 2021*).

On constate une hausse des températures moyennes en Languedoc-Roussillon de 0.3 °C par décennie sur la période 1959-2009. Ce réchauffement s'est **accentué depuis les années 1980** et est désormais **supérieur à 0,4 °C par décennie**. Le réchauffement depuis la période 1951-1970 présente des modulations saisonnières avec un maximum en automne (+1,7 °C) et en été (+1,6 °C) et un minimum en hiver (+1,3 °C) et au printemps (+1 °C). Les 3 années les plus chaudes depuis 1959 sont 2014, 2018 et 2020, et chacune des 3 dernières décennies a été plus chaude que toutes les précédentes depuis 1900. (*Climat HD ; RECO, 2021 ; ORACLE, 2021*).

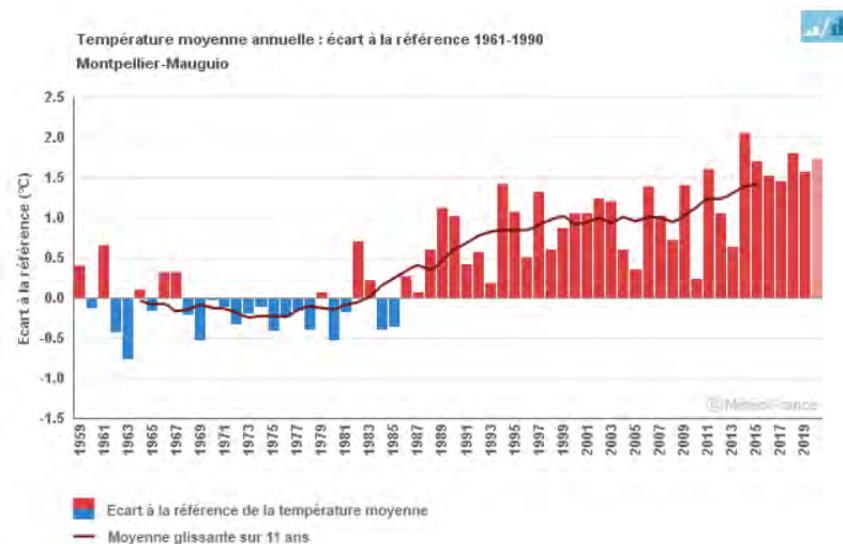


Figure 6 - Graphe de l'écart de température moyenne annuelle à la référence 1961 - 1990 à Montpellier-Mauguio entre 1959 et 2019 (Source : Climat HD)

## Climat futur

**Quel que soit le modèle et le scénario futur étudiés, l'augmentation des températures se poursuit.** Les projections indiquées dans le tableau ci-dessous correspondent à celles du modèle CNRM CM5 / Aladin63, par rapport à une période de référence 1976 – 2005, où la moyenne des températures annuelle modélisée est de 15,5°C.

*Pour le paramètre température moyenne annuelle, les 3 modèles étudiés donnent des simulations très proches, quel que soit le scénario et l'horizon.*

Tableau 1 : Modélisations de la température moyenne annuelle future sur le Bagnas

Horizon	2040 - 2070		2070 - 2100	
Scénario	Augmentation (°C)	Température moyenne (°C)	Augmentation (°C)	Température moyenne (°C)
RCP 4.5	+2	17,1	+2,4	17,5
RCP 8.5	+2,4	17,5	+4,1	19,2

D'après le scénario plutôt optimiste (RCP 4.5), la température moyenne annuelle sur le Bagnas sera, dès l'horizon 2050, supérieure à 17 °C et équivalente à celle mesurée actuellement au Maroc. Dans le scénario pessimiste (RCP 8.5), la température que le premier scénario modélise pour l'horizon 2100 serait atteinte 30 ans plus tôt.

Le réchauffement futur devrait être plus marqué en été et automne qu'en hiver et au printemps (RECO, 2021).

## Extrêmes froids de température

### Climat récent

Entre 1950 et 2020, **le nombre de jours de gel a significativement diminué** en Occitanie, de 1 à 3 jours par décennie. Depuis la fin des années 1950, les températures annuelles minimales absolues sont moins extrêmes (RECO, 2021).

## Climat futur

Les modèles climatiques choisis donnent des résultats très similaires pour le futur **nombre de jours de gel annuel moyen**. A l'horizon 2040 – 2070, il n'y aura ainsi en moyenne plus que 2 à 4 jours de gel par an selon le RCP 4.5 ; 1 ou 2 jours selon le RCP 8.5. D'ici la fin du siècle, il restera en moyenne 1 ou 2 jours de gel dans le premier scénario, mais plus aucun selon le second. **Dans le futur, la température quotidienne ne descendra plus que très rarement en dessous de 0 °C.** (DRIAS ; RECO, 2021)

En moyenne, le mois le plus froid de l'année au Bagnas est le mois de janvier. En regardant le 10<sup>e</sup> centile des températures minimales quotidiennes du mois de janvier sur une période, on peut avoir une idée des **extrêmes froids de température** sur l'année. Cet indicateur est différent des températures minimales atteintes, mais il a l'avantage d'être modélisable et disponible sur le service climatique DRIAS.

Le tableau suivant montre les résultats des projections pour le modèle DRIAS-2020 (médiane des modèles proposée par DRIAS). Ces résultats qui sont équivalents à ceux des deux autres modèles étudiés. On observe que cet indicateur (10<sup>e</sup> centile des températures minimales) est en hausse dans les projections futures. Ainsi, quel que soit le scénario, **les températures les plus froides seront en moyenne moins froides dans le futur qu'actuellement.**

Tableau 2 : 10e centile des Tmin quotidiennes en janvier sur 3 périodes et selon les scénarios RCP 4.5 et 8.5 d'après le modèle DRIAS -2020 (médiane des modèles)

Sénario	Horizon	Référence 1976 - 2005	2040 - 2070	2070 - 2100
RCP 4.5		0,49	1,93	2,60
RCP 8.5			2,40	4,14

## Nombre de jours chauds

### Climat récent

#### Présent

D'après les données Météo-France, on compte en moyenne 20 jours où la température maximale dépasse les 30 °C, et **88,3 jours** où elle dépasse les 25 °C à la station Marseillan-INRA (normale climatique 1981 – 2010). Les journées très chaudes (Tmax > 35 °C) sont peu fréquentes du fait de la proximité de la mer.

#### Evolutions passées

Le nombre de journées chaudes (Tmax > 25 °C) est en constante **augmentation** sur la période 1959 – 2019. On compte déjà environ 40 jours chauds de plus en 50 ans. (Climat HD)

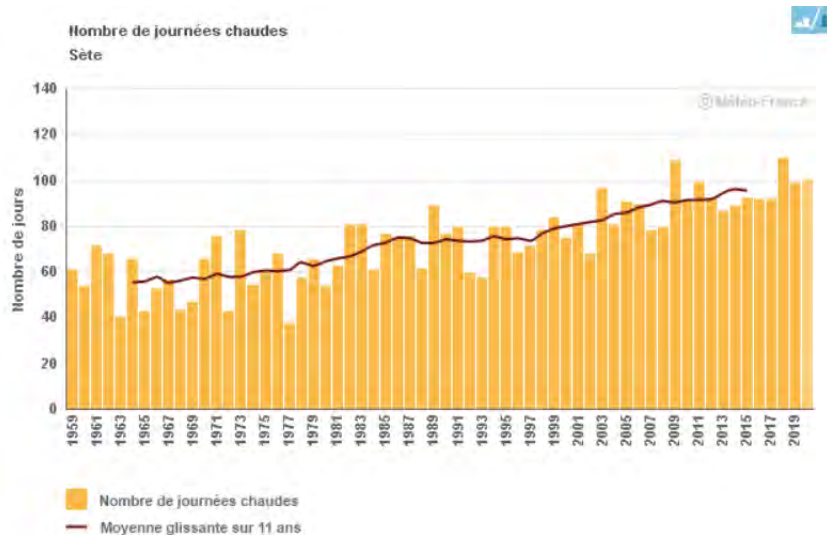


Figure 7 - Graphe du nombre de journées chaudes (Tmax >= 25°C) à Sète entre 1959 et 2019 (Source : Climat HD)

## Climat futur

Conjointement à l'augmentation des températures moyennes, le nombre de jours chauds va **continuer d'augmenter**, plus vite qu'auparavant. Les projections indiquées dans le tableau ci-dessous correspondent à celles du modèle CNRM CM5 / Aladin63, par rapport à une période de référence 1976 – 2005, où la moyenne annuelle du nombre de jours chauds (Tmax > 25 °C) modélisée est de 84 jours.

Tableau 3 : Modélisations du futur nombre de jours chauds sur le Bagnas

Horizon	2040 - 2070		2070 - 2100	
	Augmentation (jours)	Nombre moyen (jours)	Augmentation (jours)	Nombre moyen (jours)
RCP 4.5	+28	116	+31	119
RCP 8.5	+30	118	+53	141

Pour ce paramètre, les projections ne donnent pas exactement les mêmes résultats selon les modèles : l'écart varie de 6 à 15 jours selon le scénario et l'horizon de temps. Le modèle CNRM (résultats ci-dessous) est plus pessimiste que le modèle IPSL, et relativement proche de la médiane-DRIAS-2020.

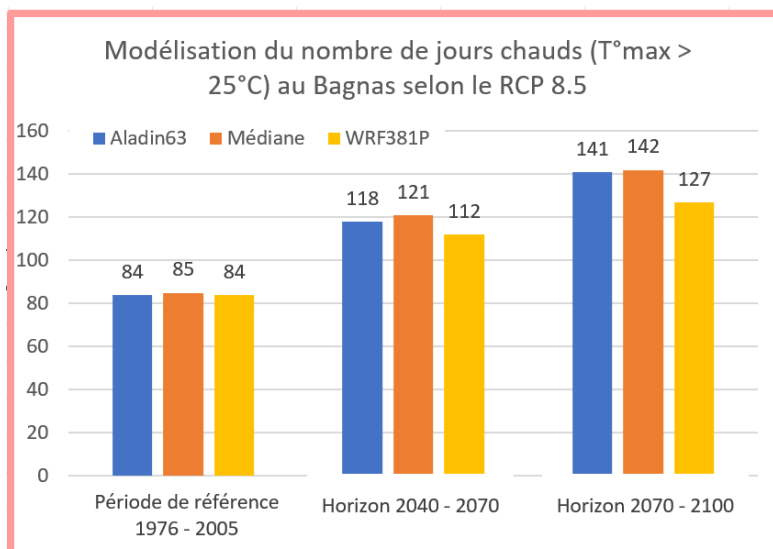


Figure 8 : Modélisation du futur nombre de jours chauds au Bagnas selon le RCP 8.5

**Quel que soit le scénario, le nombre de journées où la température maximale dépassera les 25 °C devrait augmenter d'environ 1 mois d'ici à 2050, pour atteindre un peu moins de 4 mois par an.**

De même, les journées où la température maximale dépassera les 30 °C devraient être **3 à 4 fois plus fréquentes** en fin de siècle dans le scénario RCP 8.5 (facteur 2 en cas de RCP 4.5) (RECO, 2021).

L'augmentation des températures se traduit également par **l'augmentation du nombre de journées très chaudes (Tmax > 35 °C)**. D'une moyenne de 0 jours par an pour la période de référence (1976 – 2005), on pourrait atteindre environ 15 à 20 jours en moyenne par an où la température dépasse les 35 °C. Ces calculs basés sur des moyennes impliquent l'existence d'années où ce nombre sera surpassé.

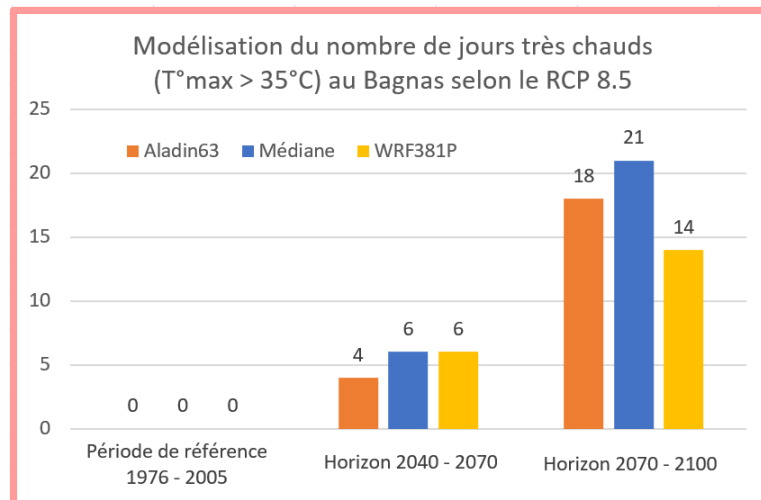


Figure 9 : Modélisation du futur nombre moyen de jours très chauds au Bagnas selon le RCP 8.5

## Evapotranspiration

### Climat récent

Un **suivi de l'évaporation** est réalisé sur le site du Bagnas au domaine du Grand Clavelet depuis le 19 janvier 2018. Une variation importante des taux d'évaporation est observée suivant les saisons avec des minimums en décembre-janvier (entre 10 et 25 mm/mois) et des maximums en juillet (plus de 230 mm/mois). Ce suivi météorologique est actuellement trop récent pour donner des informations climatiques, mais sa poursuite dans les décennies à venir pourra apporter une information locale à des études futures.

L'évaporation est une variable locale pour laquelle on ne trouve pas de données publiques. En revanche, **l'évapotranspiration (ETP)**, qui influence aussi le bilan hydrique, est un paramètre plus étudié, notamment pour son importance dans l'agriculture. Il est donc possible d'obtenir des données pour cette variable.

D'après Infoclimat (données Météo-France), la moyenne annuelle d'ETP à **Montpellier-Fréjorgues** était de **1210,6 mm sur la période 2001 – 2010**. Sur la même période, la moyenne en juillet est de 202,6 mm. Les données Infoclimat ne sont pas disponibles sur d'autres périodes, ni pour des stations météo plus proches du Bagnas comme Sète ou Marseillan.

Par ailleurs, les données de l'Association Climatologique de l'Hérault (Infoclim 34), donnent une moyenne annuelle de **1363,6 mm entre 2002 et 2020** (1344 mm sur 2002 – 2010 et 1383,6 mm sur 2011 – 2020) pour le département de **l'Hérault**. La moyenne en juillet est de 215,6 mm sur 2001 – 2021.

Ces informations donnent une idée de l'ETP locale, mais ne sont pas comparables et ne permettent pas de mettre en évidence une évolution. Toutefois, l'évapotranspiration étant fortement dépendante de la température, et celle-ci étant en augmentation, on peut **supposer une augmentation de l'ETP moyenne** sur les dernières décennies.

## Climat futur

Dans le futur également, l'augmentation des températures est prévue et entrainera une augmentation de l'évapotranspiration, et donc des besoins plus importants en irrigation des cultures et en alimentation en eau des espaces naturels. **Aucune modélisation** de l'ETP future ne permet de chiffrer cette tendance.

# Précipitations et paramètres associés

---

## Précipitations annuelles

### Climat récent

#### Présent

Le Bagnas fait partie de la zone climatique la plus sèche du département de l'Hérault (ADEME, 2016). Le Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques indique que « le cumul annuel des précipitations moyen sur la période 1981-2010 est de moins de 600 mm sur le littoral languedocien » (RECO, 2021). D'après les données Météo-France, le cumul moyen annuel de précipitations à la station Marseillan-INRA est de **555,2 mm** (normale climatique 1986-2010). La **variabilité interannuelle** est assez importante, avec un minimum de 305 mm en 1998 et un maximum de 1013 mm en 1996. A Sète, le cumul moyen annuel atteint **560,7 mm** (1981-2010).

*Les données sétoises sont étudiées car très similaires à celles de Marseillan et disponibles sur une plus grande période (pas uniquement sur la normale la plus récente).*

Un **suivi des précipitations** est réalisé sur le site du Bagnas **au domaine du Grand Clavelet** depuis mai 2014. Une note interne synthétise les résultats d'analyse pour la période 2015 à 2021 (années complètes). Ces données très récentes ne permettent pas de caractériser le climat, mais donnent une précision locale et récente aux tendances et valeurs énoncées ci-dessus. Par exemple, le cumul annuel moyen des précipitations sur la période de suivi est de **418,3 mm** ; plus faible donc que les moyennes sur 30 ans aux stations de Marseillan ou Sète. Les minimum et maximum sont également plus bas : 249,5 mm en 2017 et 703,3 mm en 2018.

#### Passé

Sur la période 1961-1990, le cumul moyen annuel des précipitations était de **626,7 mm** à Sète (Météo-France). Globalement de 1931 à nos jours, les données Infoclimat donnent les cumuls suivants :

Période	Cumul moyen annuel (mm) à Sète
1931 - 1960	570,9
1941 - 1970	629,3
1951 - 1980	647,2
1961 - 1990	626,7 (données homogénéisées Météo-France)
1971 - 2000	604,7
1981 - 2010	560,7 (données homogénéisées Météo-France)
1991 - 2020	457,2

## Evolutions

Sur la période 1959-2009, les précipitations moyennes annuelles en Languedoc-Roussillon sont en **diminution**. Elles sont caractérisées par une **grande variabilité interannuelle**. (*Climat HD*) On retrouve cette tendance (baisse progressive des précipitations) à Sète sur la deuxième moitié du XXe siècle dans les données Infoclimat (voir le tableau précédent). Toutefois, l'ADEME indique une **absence de tendance significative** dans l'évolution des précipitations annuelles dans l'Hérault entre 1961 et 2013 (*ADEME, 2016*). Le RECO précise également qu'aucune tendance significative n'existe concernant le cumul annuel des précipitations en Occitanie sur 1960 – 2020 (*RECO, 2021*).

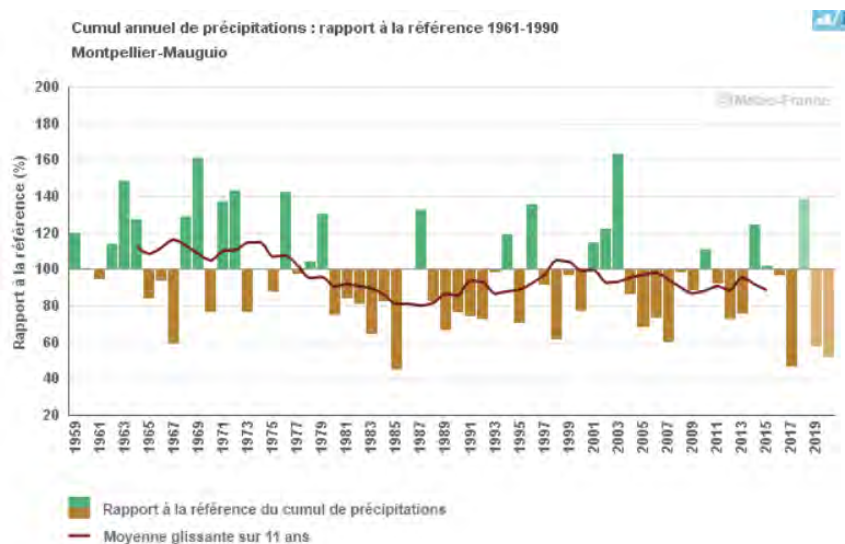


Figure 10 - Graphe de l'écart du cumul annuel de précipitations à la référence 1961 - 1990 à Montpellier-Mauguio entre 1959 et 2019 (Source : Climat HD)

## Autres indicateurs

Par ailleurs, les **précipitations efficaces** sont en **baisse** sur la période 1961 – 2013 à Marseillan comme dans le reste de l'Hérault. Elles correspondent à un cumul entre 10 et 40 mm (en-dessous, il n'y a pas assez d'eau pour être efficace ; au-dessus le ruissellement emporte l'eau). (*ADEME, 2016*)

Aucune tendance n'apparaît concernant la **fréquence des épisodes torrentiels**, caractéristiques du climat littoral méditerranéen en Occitanie (*ADEME, 2016*). Une tendance à la hausse de la fréquence et de l'intensité est tout de même observée sur le littoral du Languedoc-Roussillon pour les surfaces concernées par des événements de plus de 150 à 200 mm (*RECO, 2021*).



## Climat futur

Quel que soit le scénario et l'horizon étudiés, les projections des précipitations annuelles futures sont incertaines, et aucune tendance significative n'en ressort (*DRIAS*). Les graphiques ci-dessous montrent les projections pour les 2 scénarios (RCP 4.5 et 8.5) et les 3 modèles étudiés.

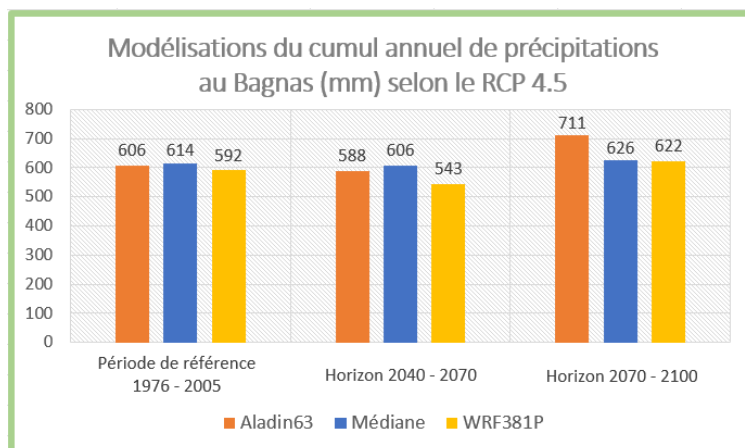


Figure 12 : Modélisation du cumul annuel futur de précipitations au Bagnas selon le RCP 4.5

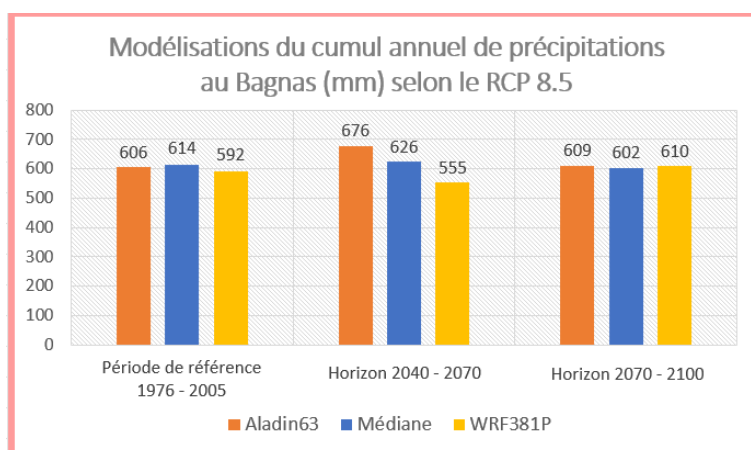


Figure 11 : Modélisation du cumul annuel futur de précipitations au Bagnas selon le RCP 8.5

Le premier Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques (CROCC) mentionne tout de même une **baisse du cumul des précipitations** à venir à l'échelle régionale (de 5% entre 2001-2020 et 2050, et 11 à 14% d'ici 2100 selon le scénario) (*RECO, 2021*).

Les modélisations montrent une **poursuite de l'intensification des précipitations quotidiennes extrêmes** en milieu de siècle, mais avec des différences assez marquées entre les modèles (*RECO, 2021*).

## Précipitations saisonnières

Dans les calculs suivants, les saisons sont comptées comme suit : Hiver = Décembre à Février ; Printemps = Mars à Mai ; Été = Juin à Aout ; Automne = Septembre à Novembre.

## Climat récent

### Présent

D'après les données Météo-France, les précipitations sont **plus importantes en automne**, puis en hiver et au printemps, et **faibles en été**. Le suivi des précipitations réalisé sur le Bagnas confirme cela, avec

notamment sur les 7 dernières années des précipitations plus importantes en octobre, et plus faibles en juillet.

Tableau 4 - Cumuls moyens saisonniers de précipitations à Marseillan et Sète entre 1981 et 2010 (Source des données : Météo France)

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Cumul moyen (mm) entre 1986 et 2010 à <b>Marseillan-INRA</b>	152,3	121,7	52,9	228,3
Cumul moyen (mm) entre 1981 et 2010 à <b>Sète</b>	154,5	130,3	63,1	212,8

Comme pour les cumuls annuels, les données sétoises sont étudiées car assez similaires à celles de Marseillan et disponibles sur une plus grande période (pas uniquement sur la normale la plus récente).

## Passé

On constate la **même répartition** des précipitations sur l'année dans le passé.

Tableau 5 - Cumuls moyens saisonniers de précipitations à Sète entre 1951 et 2010 (Source des données : Infoclimat)

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	
Cumul moyen (mm) à <b>Sète</b>	Entre 1951 et 1980	184,5	154,4	93,6	214,7
	Entre 1961 et 1990	185,7	149	73,6	218,4
	Entre 1971 et 2000	180,7	138,4	77,9	207,6
	Entre 1981 et 2010	154,5	130,3	63,1	212,8

Sur les périodes climatiques de la deuxième moitié du XXe siècle, les précipitations étaient globalement un peu plus importantes en hiver, au printemps et en été, et équivalentes en automne, en comparaison avec les normales 1981 – 2010.

## Evolutions

A l'échelle du Languedoc-Roussillon et depuis 1959, on constate une légère baisse des précipitations en été (significative) et en hiver (non significative), et une relative stabilité au printemps et en automne. Chaque saison est caractérisée par une **grande variabilité** interannuelle. (*Climat HD ; RECO, 2021*).

A l'échelle de la station de Sète (*Infoclimat*), on constate des évolutions similaires, mais les précipitations printanières semblent plutôt être en baisse que stables. On a donc une **légère baisse de précipitations de l'hiver à l'été**, et une relative **stabilité en automne**.

## Climat futur

### Hiver

Les modélisations donnent des résultats similaires pour les deux scénarios (RCP 4.5 et 8.5) : **une augmentation des précipitations en hiver est à prévoir d'ici 2100**. En revanche, la trajectoire de hausse de précipitations hivernales diffère selon les scénarios et modèles (augmentation progressive, stabilité à l'horizon 2050 puis forte hausse, ou l'inverse, ...) et reste donc incertaine.

Globalement, le cumul hivernal de précipitations, autour de **155 mm pour la période de référence**, devrait atteindre **170 à 200 mm à l'horizon 2070 – 2100**, en fonction du scénario d'émission de Gaz à Effet de Serre et du modèle dont la réalité sera la plus proche.

## Printemps

En Occitanie, le RECO mentionne une légère baisse des précipitations au printemps d'ici la fin du siècle quel que soit le scénario considéré (RECO, 2021).

Au Bagnas, les modélisations des précipitations printanières donnent des **résultats assez différents selon le modèle et le scénario étudiés**.

Pour le scénario RCP 4.5, le modèle CNRM Aladin63 prévoit une hausse des précipitations progressive à moyen et long terme, alors que la médiane et le modèle IPSL prévoient plutôt une forte baisse à moyen terme puis une légère hausse ne permettant pas de rejoindre les niveaux actuels à l'horizon 2100.

Pour le scénario RCP 8.5, aucun des trois modèles étudiés ne donne les mêmes résultats. A l'horizon 2050, les projections sont les mêmes que pour le scénario 4.5. A long terme en revanche, le modèle CNRM prévoit une forte baisse des précipitations, alors que la médiane des modèles DRIAS modélise une forte hausse.

**L'incertitude est donc très élevée pour cette saison.**

## Eté

En Occitanie, le RECO mentionne une baisse estivale des précipitations de l'ordre de 14% à 38% selon le scénario (respectivement RCP 4.5 et 8.5) (RECO, 2021).

Sur DRIAS, une **faible baisse des précipitations estivales** est projetée, à moyen ou long terme en fonction des modèles. Les tendances sont similaires entre les deux scénarios, les prévisions pour le RCP 8.5 étant juste un peu plus extrêmes. Le modèle le plus optimiste sur les 3 étudiés est la médiane DRIAS, qui prévoit soit des précipitations estivales stables au XXI<sup>e</sup> siècle (RCP 4.5), soit une légère baisse vers 2050, qui se stabilise à long terme (RCP 8.5).

## Automne

En Occitanie, le RECO mentionne une légère baisse des précipitations en automne d'ici la fin du siècle quel que soit le scénario considéré (RECO, 2021).

Sur DRIAS, les résultats des modélisations de précipitations automnales donnent des **résultats complètement opposés selon le scénario**. Dans le RCP 4.5, les modèles prévoient une baisse à moyen terme puis une hausse à la fin du siècle, tandis que dans le RCP 8.5, c'est l'inverse : hausse à moyen terme puis baisse à long terme. En revanche, dans un même scénario, les résultats sont similaires entre les modèles, la médiane DRIAS étant plus extrême que les deux modèles français.

**L'incertitude est donc très élevée pour cette saison.**

## Synthèse

Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI<sup>e</sup> siècle, mais des contrastes saisonniers (Climat HD).

Tableau 6 : Synthèse des tendances modélisées des précipitations saisonnières futures sur le Bagnas

Scénario	RCP 4.5	RCP 8.5
Hiver	↗	↗
Printemps	?	?
Eté	↘	↘↘
Automne	↘ puis ↗	↗ puis ↘

## Sécheresse climatique

Les sécheresses climatiques correspondent à des périodes sans précipitations sur plusieurs jours consécutifs, et sont à distinguer (bien que reliées) de la sécheresse des sols (traitée plus loin).

### Climat récent

Le **nombre de jours de pluie** (en moyenne 50 jours dans l'Hérault) varie fortement, sans tendance particulière (ADEME, 2016). Le nombre de jours secs, qui s'en déduit, ne suit donc pas de tendance définie dans le climat récent. En revanche, **une augmentation des sécheresses climatiques** (du nombre annuel maximum de jours sans pluie consécutifs) est constatée en Occitanie (RECO, 2021). Sur la période de référence (1976 – 2005), les 3 modèles étudiés dans DRIAS proposent des valeurs différentes pour les plus longues sécheresses (entre 35 et 42 jours), qui sont bien des projections dans le passé et non des mesures. Ne possédant pas les données réelles sur plusieurs décennies, ces valeurs donnent une idée de la référence. Les relevés de pluviométrie réalisés au Bagnas de 2015 à 2021 montrent un nombre de jours maximal sans pluie par année variant de 31 jours (en 2016) à 59 jours (en 2020). Ces périodes de plus longues sécheresses concernent la période estivale, sauf en 2019 (entre février et avril).

### Climat futur

Quel que soit le scénario et le modèle étudiés, les projections futures prévoient **un allongement des sécheresses climatiques** (c'est-à-dire le nombre maximal de jours consécutifs où les précipitations sont inférieures à 1 mm). D'après DRIAS, la durée des plus longues sécheresses va faiblement augmenter, sauf à long terme en scénario RCP 8.5 où la hausse sera un peu plus marquée. Le **nombre de jours secs** (total annuel, différent de la durée des sécheresses) pourrait **augmenter** d'environ 25 % en RCP 4.5 et doubler en RCP 8.5 dans le climat futur (RECO, 2021).

## Sécheresse des sols

### Climat récent

En Occitanie, **la surface moyenne touchée par des sécheresses du sol a triplé depuis les années 1960** (Météo-France). En Languedoc-Roussillon, la moyenne décennale des surfaces touchées passe d'environ 5% dans les années 1960 à plus de 20% de nos jours. On constate également une baisse de 6% de l'humidité moyenne du sol entre les périodes 1961 - 1990 et 1981 - 2010 (Climat HD ; ORACLE, 2021).

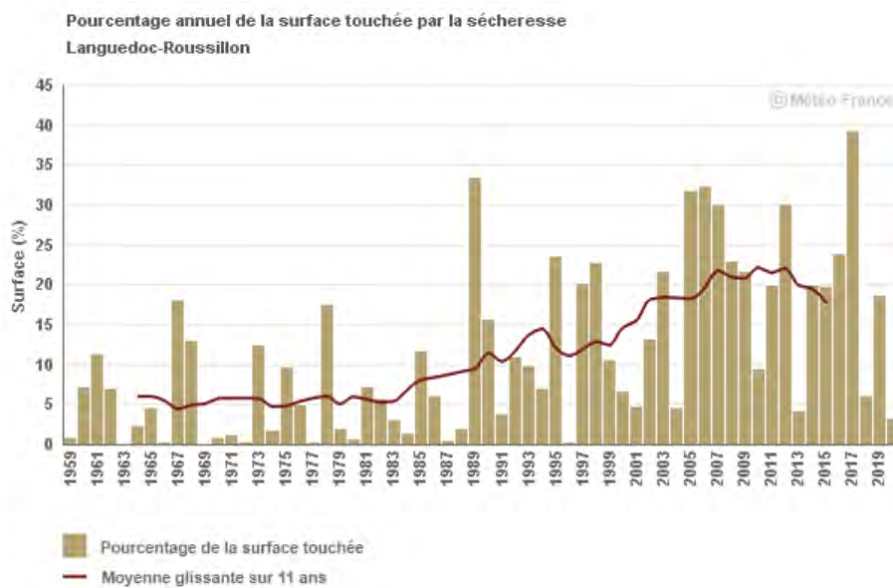


Figure 13 - Graphe du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Languedoc-Roussillon entre 1959 et 2019 (Source : Climat HD)

## Climat futur

Météo-France attend une **poursuite de l'augmentation des surfaces touchées** par la sécheresse des sols en Occitanie dans le futur. De même, Climat HD prévoit un assèchement marqué des sols en Languedoc-Roussillon au cours du XXI<sup>e</sup> siècle en toute saison. Cela se traduit par un **allongement moyen de la période de sol sec** (qui dure actuellement un peu plus de 2 mois) de l'ordre de 2 à 4 mois tandis que la période humide se réduit dans les mêmes proportions. (Climat HD)

## Débit du Fleuve Hérault et inondations

### Climat récent

Le fleuve Hérault, comme les autres fleuves côtiers du Golfe du Lion, est soumis aux aléas du climat méditerranéen. Les apports d'eau et de matière depuis les bassins versants sont très importants sur quelques jours lors des **crues cévenoles**. Selon l'observatoire des tempêtes il n'y a pas eu plus d'événements extrêmes de ce type durant les dernières décennies. Au contraire, une **diminution des débits globaux et du nombre annuel de jours de crues** est même observée. (RECO, 2021)

### Débits

La station hydrologique de l'Hérault à Agde (Bassin Rond) renseigne sur les débits du Fleuve depuis 1952 et les hauteurs depuis 1979. Ces données permettent donc de comparer des moyennes sur 30 ans et ainsi d'analyser d'éventuelles tendances climatiques. Il est important de noter que le débit du fleuve n'est pas conditionné que par le climat, et que les données présentées ci-dessous incluent donc les facteurs non climatiques tels que les prélèvements et rejets.

Le débit mensuel moyen du fleuve Hérault au niveau du Bagnas est de **41,1 m<sup>3</sup>/s**. Sur les 70 ans de données disponibles, le minimum est en moyenne atteint en août avec un débit de 6,71 m<sup>3</sup>/s, et le maximum en novembre avec 63,2 m<sup>3</sup>/s.

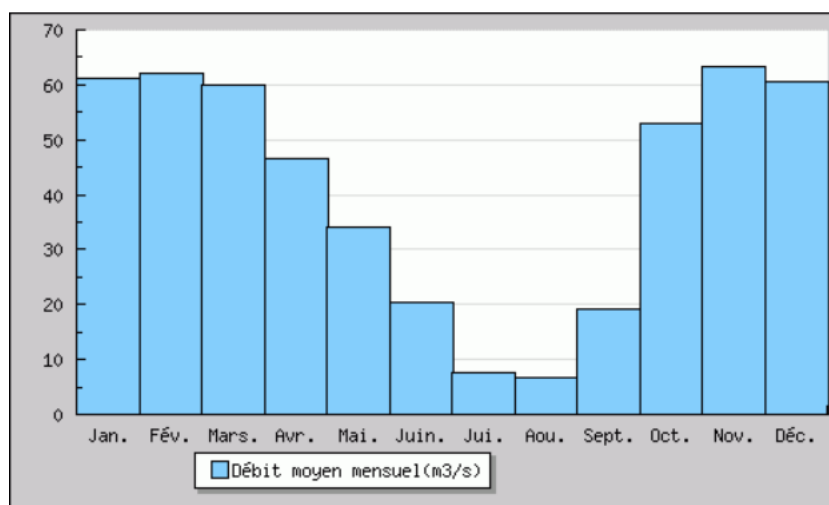


Figure 14 : Graphe du débit mensuel moyen de l'Hérault de 1952 à 2021 en m<sup>3</sup>/s (Source : Banque HYDRO)

Le tableau suivant montre l'évolution du débit mensuel moyen au cours de trois périodes.

Tableau 7 : Evolution du débit mensuel moyen de l'Hérault depuis 1952 (Source : Banque HYDRO)

Paramètre		Année
Débit mensuel moyen (m <sup>3</sup> /s)	Entre 1952 et 1981	50,4
	Entre 1972 et 2001	37,33
	Entre 1992 et 2021	31,24

Le débit de l'Hérault à cet endroit a donc **fortement baissé durant la seconde moitié du XXe siècle**, et baissé plus légèrement depuis. Cette tendance se retrouve sur la plupart des mois de l'année, exceptés août et novembre, durant lesquels les débits moyens ont légèrement augmenté en 70 ans.

Ces résultats sont en accord avec la thèse de Lespinas (2008) qui montre une réduction des débits des fleuves côtiers méditerranéens de 20 % en moyenne entre 1965 et 2004, notamment en aval du fleuve Hérault (RECO, 2021).

### Inondations

Les informations relevées ici concernent les débordements du réseau hydraulique dominé par le fleuve Hérault non loin du Bagnas, qui peuvent l'affecter. « Le 29 octobre 1860 et du 9 au 13 septembre 1875, deux événements exceptionnels touchent fortement les communes d'Agde et de Marseillan par des crues exceptionnelles du fleuve Hérault au cours d'une tempête. Une partie du débit du fleuve s'épanche et surverse dans le canal du midi et le ruisseau du Rieu dans la zone des sept fonts. » (Cesmat et al., 2019). La voie ferrée, déjà construite, ne permet pas à l'eau de s'écouler vers le petit Bagnas malgré les ouvrages de franchissement présents.

De par sa topographie, le site pourrait être touché par des inondations, en particulier la zone des Sept-Fonts et la zone intermédiaire (entre la voie ferrée et la route), ainsi que l'ouest du Grand Bagnas en cas de fortes précipitations. Toutefois, les ouvrages hydrauliques permettant sa gestion sont aussi des moyens de gérer ces aléas sur la majorité du site en adaptant son fonctionnement hydraulique.

## Climat futur

### *Débits*

La baisse des précipitations pourrait entraîner une baisse de 10 à 40 % des écoulements annuels des cours d'eau et de 10 à 60 % des débits d'étiage. Il est impossible de confirmer pour l'instant des tendances sur les débits d'étiage des cours d'eau, mais la présomption de leur diminution dans le futur est forte. (*EPTB Fleuve Hérault, 2018*) Les projections futures (scénario RCP 8.5) donnent une baisse des débits des fleuves côtiers, beaucoup plus importante dans la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle (*RECO, 2021*).

### *Inondations*

Au vu des modélisations incertaines concernant les précipitations dans le futur, et des nombreux autres paramètres (notamment liés à l'Homme) entrant en compte dans le phénomène d'inondation fluviale, il est **difficile de prévoir** une évolution de ce paramètre.

## Paramètres marins et leurs conséquences

---

### Tempêtes marines

#### Climat récent

##### *Passé*

Des études recourent de nombreuses sources ou utilisent des techniques scientifiques afin d'étudier les événements climatiques passés, et notamment les tempêtes. On peut ainsi avoir une idée des grandes périodes de tempêtes durant l'Holocène tardif (*Degeai et al., 2015*), ou des tempêtes recensées depuis le 14<sup>e</sup> siècle, même si c'est plutôt à partir du 17<sup>e</sup> que plusieurs événements sont connus. Toutefois ces informations sur les tempêtes passées connues ne sont pas exhaustives et on ne peut donc pas étudier de manière fiable leur fréquence ou leur intensité, ni l'évolution de ces paramètres.

##### *Présent*

(*Climat HD ; littoral-occitanie.fr ; Balouin et al., 2011*)

Des réseaux de surveillance des tempêtes ont été mis en place en France. Dans le Golfe du Lion, la majorité des tempêtes se produisent **en période hivernale** (octobre à février). Le littoral héraultais est plus fortement impacté par les houles de Sud-Est, et les **tempêtes de Sud-Est** sont plus fréquentes et plus intenses au large de Sète (suivies par les tempêtes de Sud). De 1979 à 2010, 38 tempêtes majeures ont été recensées à Sète. Les tempêtes majeures de 1982 et 1997 sont beaucoup plus documentées que les autres.

La variabilité interannuelle est très grande, et **aucune tendance significative** ne ressort pour la fréquence des tempêtes en France ou en Languedoc-Roussillon.

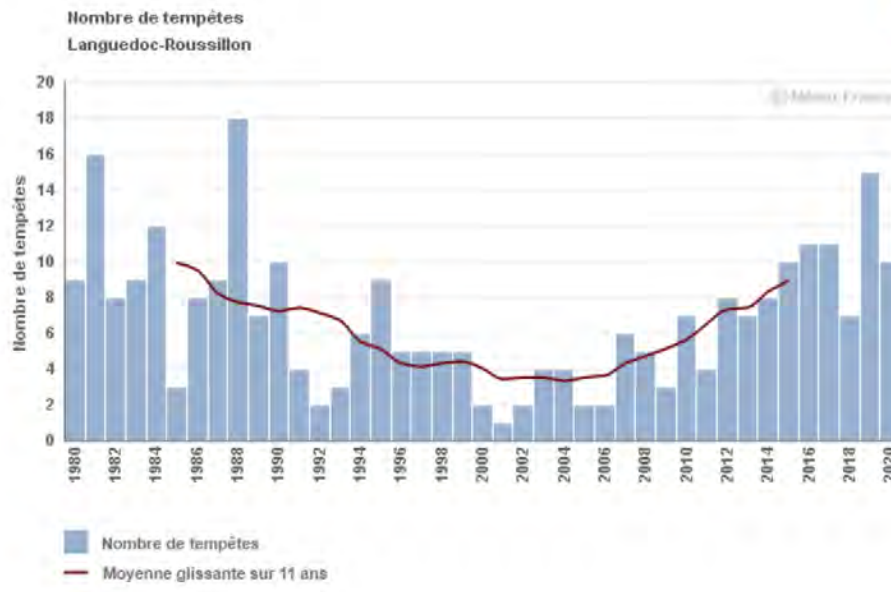


Figure 15 - Graphe du nombre de tempêtes en Languedoc-Roussillon entre 1980 et 2020 (Source : Climat HD)

## Climat futur

Les projections sont contradictoires et **l'incertitude très forte** concernant la fréquence et l'intensité des tempêtes dans le futur. Aucune tendance n'est donc dégagée.

## Niveau de la mer

### Climat récent

A l'échelle des temps géologiques, le niveau des océans a beaucoup évolué. Sur les derniers millénaires, à l'échelle mondiale, le niveau marin est monté, mais **cette élévation s'accélère fortement** depuis l'ère industrielle (fin du XIXe siècle). Au cours du XXe siècle, le niveau moyen global de la mer a augmenté d'environ 15 cm. Actuellement, il continue d'augmenter, **à une vitesse deux fois plus rapide.** (IPCC, 2019)

Le taux d'élévation du niveau marin global évolue comme suit :

- + 0,5 mm/an depuis 2 à 3 millénaires
- + 1,7 mm/an entre 1901 et 2010
- + 3,2 mm/an entre 1993 et 2014
- + 4,3 mm/an entre 2008 et 2018

L'élévation du niveau marin n'est pas complètement homogène sur toute la surface du globe. En Méditerranée, et en particulier à l'échelle de l'Occitanie, on observe une élévation de **2 à 3 mm/an depuis 1942** (*littoral-occitanie.fr*). Les mesures par satellite montrant une hausse du niveau marin de l'ordre de **2,7 mm/an** au large de Sète sur la période **1993-2017** (RECO, 2021).

### Climat futur

Plusieurs sources proposent des modélisations du niveau marin futur en Occitanie. Les projections du GIEC (IPCC (2021) visualisables grâce au site de la NASA (2021)) concordent avec celles de Kopp *et al.* (2014) régionalisées par le BRGM en Occitanie : à scénario et horizon égaux, les écarts de projections vont de 2 à 5 cm. Les augmentations sont évaluées par rapport à une mesure 1995 – 2014.



Tableau 8 : Modélisations du niveau marin futur en Occitanie

Horizon	2040 - 2070		2070 - 2100	
	Augmentation (cm)	Taux d'augmentation (mm/an)	Augmentation (cm)	Taux d'augmentation (mm/an)
RCP 4.5	22	6	56	7,1
RCP 8.5	24	6,8	75	11,7
Scénario extrême	41		100 – 120	

Jouzel (dir., 2015) rapporte une recommandation de l'ONERC (2010) d'envisager comme hypothèse extrême une augmentation de 100 cm. L'IPCC (2019) donne des hauteurs d'élévation extrême de 1,10 m en RCP 8.5, quand Kopp *et al.* (2014) mentionnent une hausse jusqu'à 1,20 m en 2100 en RCP 8.5.

Pour information, Horton *et al.* (2014) donnent comme estimation probable une médiane (à dire d'experts mondiaux) de +70 à +120 cm au cours du XXI<sup>e</sup> siècle dans un scénario RCP 8.5, qui est donc supérieur aux résultats des modélisations.

Toutes les sources s'accordent sur la projection d'un niveau marin qui **continuera d'augmenter tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle**, plus ou moins rapidement selon les scénarios et modèles.

Par ailleurs, l'augmentation du niveau de la mer aura pour conséquence directe la remontée du front salé plus en amont de l'embouchure de l'Hérault, augmentant le risque d'intrusions d'eau salée sur le site par le réseau hydrographique.

## Submersion marine

### Climat récent

Le phénomène de submersion marine dépend de nombreux paramètres, qu'ils soient marins (surcote, hauteur des vagues, ...) ou littoraux (type de côte, anthropisation, ...). Il est arrivé que des submersions marines directes surviennent **en arrière-dunes**, dans la partie littorale du Bagnas (source orale). D'autres espaces plus reculés du Petit Bagnas font également face à des entrées d'eau salée via le réseau hydrographique (étang de Thau, ruisseaux, canaux). En revanche, l'étang du Grand Bagnas n'est **jusqu'ici pas touché** directement par le phénomène de submersion marine.

### Climat futur

Les submersions marines sont **difficiles à prévoir** car elles résultent de la conjonction de plusieurs facteurs (niveau de la mer, hauteur des vagues, ...). Les rapports du GIEC (notamment IPCC, 2019) prévoient une **augmentation de la fréquence des événements extrêmes liés au niveau de la mer**. En particulier, une élévation du niveau marin de 50 cm (atteint en 2100 quel que soit le scénario) implique une **augmentation d'un facteur 10 à 100 de la fréquence de submersion** en l'absence d'adaptation (GIEC, 2014).

Les études prospectives du projet MISEEVA (Serrand, 2013) ont montré qu'en région Occitanie, les superficies concernées par la submersion récurrente seront multipliées par 4 et la superficie des zones submergées de manière permanente pourrait atteindre près de 50 km<sup>2</sup> en 2100. (RECO, 2021)

L'étude récente du BRGM sur le risque de submersion des **roselières littorales d'Occitanie** face au changement climatique montre que la **roselière du Grand Bagnas sera touchée de manière permanente** par les submersions marines dès l'horizon 2030 – 2050 (Palvadeau *et al.*, 2021). De même, le projet VIGI-THAU du SMBT (2019) modélise une inondation de tout le Petit Bagnas lors des tempêtes et en cas de brèche dans le cordon dunaire littoral.

Le risque de submersion marine du site va donc augmenter avec le changement climatique.

## Erosion littorale

### Climat récent

Plusieurs facteurs influencent le phénomène d'érosion littorale : les tempêtes, les submersions, l'élévation du niveau marin. L'indicateur national de l'érosion côtière (CEREMA, 2018) donne un recul de 0 à 0,5 m/an entre 1935 et 2011 sur le littoral du Bagnas. Toutefois, cet indicateur a été développé à très large échelle et sa précision est donc limitée.



Figure 16 - Carte de l'indice national de l'érosion côtière au niveau du Bagnas (Source : Cerema)

En revanche, d'autres sources confirment la **dynamique d'érosion et de recul du trait de côte** sur le site. Le document *Stratégie régionale de gestion intégrée du trait de côte en Occitanie (2018 – 2050)* (DREAL, 2018) indique un **taux d'érosion du linéaire côtier naturel de 25,8% dans l'Hérault**.

La diminution des débits des fleuves côtiers ainsi que la présence de barrages impliquent une diminution généralisée des apports sédimentaires à la zone côtière. Le déficit sédimentaire induit un recul du trait de côte sur la majeure partie du pourtour du Golfe du Lion. En Occitanie, aujourd'hui, **25 % du trait de côte régional est en recul** et 30 % du linéaire est stabilisé artificiellement (ouvrages ou rechargements récurrents). (RECO, 2021)

### Climat futur

Plusieurs paramètres ont une influence sur le trait de côte : effets des vagues et des courants, tempêtes, activités anthropiques, ... Plus le niveau marin et la fréquence ou l'intensité des phénomènes de tempêtes et submersion augmenteront, plus les conséquences sur le littoral seront importantes. De plus, les quelques modélisations publiées (ne concernant pas tout le littoral français) montrent des résultats sensiblement différents en fonction du modèle d'étude (Bruun ou PCR). Le recul du trait de côte pourrait donc être élevé dans le futur, mais reste **difficile à quantifier**. (Jouzel, 2015)

Desmazes *et al.* (2020) ont estimé un recul du trait de côte de l'ordre de 59 m à échéance 2100 sur le lido du Petit-travers à Mauguio-Carnon. Les travaux réalisés en 2011 (*Artélia, 2011*) à **échéance 2100 indiquaient que la majorité du littoral du Languedoc-Roussillon serait en érosion** (environ 60 %), particulièrement sur le littoral au nord-est d'Agde, jusqu'à l'Espiguette où les aléas sont les plus importants. Le projet MISEEVA (*Serrand, 2013*) estimait comme forte la vulnérabilité de l'enjeu « maintien de la plage et de la dune » sur les communes de Marseillan et Agde, en lien avec le risque de submersion marine. L'étude plus récente du CEREMA (2018) indique qu'à **échéance 2100, 46 % du linéaire reculerait**, dont 27 % de plus de 50 cm par an. Ces projections n'intègrent pas d'élévation supplémentaire du niveau de la mer à 2100. (*RECO, 2021*)

Comme dans beaucoup de cas en Occitanie, le recul du trait de côte est contraint par l'urbanisation de part et d'autre du site du Bagnas. Le phénomène se traduira alors par **l'amaigrissement voire la disparition des plages** dans ces endroits, et le recul du rivage sur les terres là où l'urbanisation est absente. (*RECO, 2021*)

## Intrusion saline

### Climat récent

L'augmentation du niveau marin, la baisse de recharge des aquifères et la baisse de débit des cours d'eau ont pour conséquence des niveaux bas de nappes, ce qui favorise les intrusions salines (*RECO, 2021*).

Les mesures de ce phénomène sont trop récentes pour avoir une idée de son importance dans le passé (*Jouzel, 2015*). Au niveau du Bagnas, les aquifères côtiers présentent une **forte vulnérabilité** vis-à-vis du changement climatique, et en particulier un risque de salinisation avéré (*Dörfliger et al., 2011*).

### Climat futur

L'augmentation du niveau de la mer, le recul du trait de côte, et les éventuels prélèvements d'eau douce dans les nappes **peuvent accentuer ou accélérer le phénomène** d'intrusion saline. On observerait alors une migration de l'interface eau douce – eau salée dans le sous-sol et une intrusion de l'eau de mer vers les aquifères libres. En parallèle, la modification des régimes de précipitations et d'évapotranspiration peuvent modifier la recharge des aquifères, **sans que l'on puisse actuellement modéliser ou prévoir** ce phénomène sur le site. (*Jouzel, 2015*). Ces informations concernent les intrusions inertielles, différentes des intrusions événementielles liées directement aux tempêtes ou aux crues.

# Conclusion et récapitulatif

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des tendances climatiques récentes et projections futures au Bagnas

Période	Récent	Futur (global)	Futur (détails)			
			Horizon 2050		Horizon 2100	
			RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
<b>PARAMÈTRES ET INDICATEURS</b>						
<b>TEMPERATURE</b>						
Moyenne annuelle	↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗↗
Nombre de jours de gel	↘	↘↘	↘	↘↘	↘↘	↘↘↘
Extrêmes froids	↗	↗↗	↗	↗↗	↗↗	↗↗↗
Nombre de jours chauds	↗	↗	↗	↗	↗	↗↗
Nombre de jours très chauds	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗↗
Evapotranspiration	↗ ?	↗ ?				
<b>PRECIPITATIONS</b>						
Cumul annuel	↘ ?	→ ? ↘ ?				
Episodes de préc. extrêmes (fréquence et intensité)	↗ ?	↗ ?				
Cumul printanier	↘	?	↘ ?	↘ ?	↗ ?	??
Cumul estival	↘	↘	↘	↘	↘	↘↘
Cumul automnal	→	?	↘ ?	↗ ?	↗ ?	↘ ?
Cumul hivernal	↘	↗	↗ ?	↗ ?	↗↗	↗↗
Durée de plus longue sécheresse climatique	↗	faible ↗	Faible ↗	Faible ↗	Faible ↗	↗
Nombre de jours secs	→	↗↗	↗↗	↗↗↗	↗↗	↗↗↗
Sécheresse des sols	↗↗	↗↗				
Débit du fleuve Hérault	↘	↘↘				
<b>PARAMÈTRES MARINS</b>						
Tempêtes marines	→ ?	?	?	?	?	?
Niveau de la mer	↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗	↗↗↗
Submersion marine	?	↗ à ↗↗				
Erosion littorale	↗	↗↗				
Intrusion saline	?	↗ ?				

## Légende :

↗ = augmentation significative

↗↗(↗) = (très) forte augmentation significative

↘ = baisse significative

↘↘(↘) = (très) forte baisse significative

→ = stabilité

? = inconnu / incertain

↗ ? ou ↘ ? ou → ? = tendance non significative

Les colonnes 2 et 3 présentent les **tendances globales** pour chaque paramètre ou indicateur respectivement pour le passé et le présent (Récent) et pour le futur du XXI<sup>e</sup> siècle (Futur global). Les colonnes suivantes détaillent, quand les modélisations sont disponibles, les tendances aux horizons 2050 et 2100 pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Il est à noter que ce tableau synthétise des grandes tendances. De ce fait, une flèche horizontale peut signifier une réelle stabilité du paramètre, ou bien une grande variabilité sur des pas de temps courts avec absence de tendance significative.

Globalement, **les tendances observées sur les dernières décennies se poursuivent et s'intensifient**. C'est le cas pour l'augmentation des températures, des périodes de sécheresse climatique, la baisse du débit de l'Hérault, ou encore la hausse du niveau de la mer. Pour d'autres paramètres, comme les précipitations ou les tempêtes marines, **la grande variabilité interannuelle et la forte incertitude sur les projections futures** ne permettent pas d'obtenir des tendances significatives sur leur évolution.

## RESSENTI DES LOCAUX

---

Lors de la phase de diagnostic de la démarche d'adaptation Natur'Adapt, des acteurs socio-économiques du territoire du Bagnas ont été interrogés sur le changement climatique et leur activité. Ces discussions, tout comme les échanges avec les membres de l'équipe gestionnaire du site, ont fait ressortir des impressions communes quant aux évolutions récentes du climat. Bien sûr, ces ressentis n'ont pas la valeur scientifique des normales climatiques mesurées et calculées de manière fiable sur des dizaines d'années, mais il semblait intéressant de retranscrire quelque part les points communs revenus le plus souvent dans leurs discours. De plus, au vu des phénomènes assez spécifiques abordés, ces informations peuvent être complémentaires des paramètres étudiés plus haut, qui sont souvent des phénomènes globaux ou annuels.

Une partie des impressions des acteurs locaux corrobore les résultats de l'analyse climatique : l'augmentation des températures est observée, avec des étés plus chauds et des hivers plus doux, les périodes de sécheresse sont ressenties comme plus longues et/ou fréquentes et/ou intenses, etc.

Plusieurs acteurs pointent des phénomènes plus précis et plus difficilement quantifiables ou modélisables : floraison précoce, gels tardifs, saisonnalité perturbée, absence des très gros orages de la deuxième moitié d'août autrefois récurrents, ...

Mais d'autres impressions ne se retrouvent pas directement dans les données, comme le ressenti d'une réelle baisse des précipitations. Cela peut s'expliquer par l'observation de conséquences donnant cette impression (comme les sécheresses), par une modification du régime de précipitations (pouvant être perçue comme une diminution par les locaux), ou par le fait que les données étudiées ici correspondent à de très grandes périodes de temps, et s'arrêtent parfois il y a plus de 10 ans (normale 1980 – 2010 par exemple), quand les habitants sont inévitablement influencés par le climat vécu durant la dernière décennie.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- ADEME (2016). Quels changements climatiques dans le département de l'Hérault ? – 40 ans de suivi des températures et précipitations. 32 p.
- ARTELIA (2011). Actualisation de l'aléa érosion sur le littoral du Languedoc-Roussillon. Rapport N1713060–OCTOBRE 2011, 78 p.
- BALOUIN Y., DE LA TORRE Y., TIRARD E. (2011). Les tempêtes marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon – Caractérisation et faisabilité d'un réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts. Rapport final BRGM RP-59516-FR.
- CESMAT L., ROUMEAU, S., PONS, F., TRMAL, C. (2019). Le littoral de Thau : retour sur près de 4 siècle d'évolution façonnée par l'homme, les courants et les tempêtes marines. Revue d'Histoire et d'Archéologie de Sète et de sa Région, p. 1-27.
- DEGEAI J-P., DEVILLERS B., DEZILEAU L., OUESLATI H., BONY G. (2015). Major storm periods and climate forcing in the Western Mediterranean during the Late Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 129 (37 – 56)
- DESMAZES F., MASPATAUD A., BILLY J. *et al.* (2020). Effet du changement climatique sur le recul du trait de côte. Rapport BRGM RP-67403-FR
- DÖRFLIGER N., SCHOMBURGK S., BOUZIT M., PETIT V., CABALLERO Y., DURST P., DOUEZ O., CHATELIER M., CROISSET N., SURDYK N. (2011). Montée du niveau marin induite par le changement climatique : conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en Métropole. Rapport intermédiaire. BRGM RP-60829-FR.
- DREAL (2018). Stratégie régionale de gestion intégrée du trait de côte – Littoral Occitanie 2018 – 2050.
- EPTB Fleuve Hérault (2018). Plan de Gestion de la Ressource en Eau.
- GIEC (2014). Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- HORTON B., RAHMSTORF, S., ENGELHART, S., KEMP, A. (2014). Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300. *Quaternary Science Reviews*, 84 (1-6).
- IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and the 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.)]. In press.
- JOUZEL J. (dir.) (2015). Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle – Volume 5 – Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises. DGEC.
- KOPP R., HORTON R., LITTLE C., MITROVICA J., OPPENHEIMER M., RASMUSSEN D. J., STRAUSS B., TEBALDI C. (2014). Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. *Earth's future*, 2 – 8 (383-406). <https://doi.org/10.1002/2014EF000239>
- LESPINAS F. (2008). Impacts du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en région Languedoc-Roussillon. Thèse, Université de Perpignan.

ORACLE (2021). Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Occitanie, édition 2021. 105 p.

PALVADEAU E., FLEURY P., VALENTINI N. (2021). Projet « Roselières » - Vers une stratégie de conservation à long terme des roselières littorales d'Occitanie – Rapport Axe 3 Volet hydrogéologique et volet submersion – Rapport final BRGM/RP-70715-FR.

SERRAND M. (2013). MISEEVA. Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité de la zone côtière du Languedoc-Roussillon face à la submersion marine : évaluation d'indicateurs de vulnérabilité socio-économiques et environnementaux. Rapport final. BRGM/RP-60980-FR. 160 p., 32 fig., 5 tab., 11 ann.

RECO (2021). Cahier Régional Occitanie sur les Changements Climatiques, édition 2021. 270 p.

## SITOGRAPHIE

---

Cerema (2018) : [Indicateur national de l'érosion côtière \(métropole et outre-mer\) \(arcgis.com\)](https://cerema.fr/fr/indicateur-national-de-lerosion-cotiere-metropole-et-outre-mer)

Climat HD : [CLIMAT HD par Météo-France - Le Climat dans votre région \(meteofrance.com\)](https://www.meteofrance.com/climat-hd)

DRIAS : [Découverte \(drias-climat.fr\)](https://drias-climat.fr)

Infoclimat : [Normales et records climatologiques 1981-2010 à Montpellier - Fréjorgues - Infoclimat](https://www.infoclimat.fr/normales-et-records-climatologiques-1981-2010-a-montpellier-frejiorgues)

Littoral-occitanie : [www.littoral-occitanie.fr](https://www.littoral-occitanie.fr)

Nasa, IPCC : <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

## Trame d'entretien pour les acteurs socio-économiques

### LIFE Natur'Adapt sur le Bagnas

#### Introduction :

- Se présenter
- Présenter le projet
- Présenter la démarche
- Présenter les objectifs et attentes de l'entretien

#### Questions :

- **Questions introductives :**
  - o Pouvez-vous vous présenter, et présenter votre activité (globale et en lien avec le Bagnas) ? Depuis combien de temps l'exercez-vous ?
  - o Quels sont vos objectifs et perspectives dans cette activité ?
  - o Pouvez-vous définir ce que sont l'ADENA et le Bagnas ?
- **Questions ouvertes sur le CC :**
  - o Qu'entendez-vous par changement climatique ?
  - o Percevez-vous le changement climatique dans votre activité ou sur le territoire ? Si oui, quels changements ou effets observez-vous ?
  - o Selon vous, quels seront les impacts du changement climatique (positifs ou négatifs) dans le futur ? Avec quel niveau d'impact ?
  - o Avez-vous déjà modifié vos pratiques (personnelles ou professionnelles) sur le territoire afin de vous adapter aux changements climatiques en cours et à venir ?
  - o Si non, pourquoi ? Si oui, quels freins/limites ? (*Pas le temps, pas les sous, pas les connaissances techniques, pas d'idée, pas envie, pas possible, ...*)
  - o Pensez-vous que ces contraintes vont évoluer ? Si oui, favorablement ou non ?
  - o Dans un avenir +/- proche, envisagez-vous de modifier vos pratiques ou votre activité ?
    - Si oui, comment et pourquoi, et à quelle échéance ?
    - Si non, pourquoi ?
  - o Suite à vos réponses, comment qualifieriez-vous vos activités vis-à-vis du changement climatique ? De 'pas du tout' à 'très fortement' vulnérable ou opportuniste.



- Quelle est votre perception du site du Bagnas face au CC ? Pensez-vous que l'espace naturel a un rôle à jouer sur ce sujet, qu'il représente une force ou une faiblesse ?

- **Questions plus précises une fois informé :**

*Informez la personne des paramètres climatiques retenus dans l'étude.*

- Voyez-vous d'autres paramètres climatiques qui pourraient avoir un impact sur le Bagnas ou sur votre activité ?
- Quel(s) paramètre(s) climatique(s) impacte(nt) le plus votre activité actuellement (positivement ou négativement) ? Pourquoi ?
- Le(s)quel(s) vont, selon vous, impacter le plus votre activité dans le futur ?
- Voyez-vous d'autres adaptations possibles de votre activité au CC que celles évoquées précédemment, une fois tous les paramètres listés ?
- Quels facteurs, autres que le climat, conditionnent votre activité sur le site ?

*Informez la personne des activités socio-économiques recensées pour ces entretiens.*

- Voyez-vous d'autres activités ou éléments présents sur le Bagnas non cités et pertinents prendre en compte ?
- Avez-vous en tête des activités ou éléments absents du site aujourd'hui mais qui pourraient arriver / se développer sur le territoire dans le futur avec le CC ?

- **Commentaires libres, oublis ou questions ?**



[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 ont été expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis revus et testés sur 15 autres sites, avant la dernière phase de déploiement aux échelles nationale et européenne.

## Coordinateur du projet



Grâce au soutien financier de



Contact : [naturadapt@rnfrance.org](mailto:naturadapt@rnfrance.org) / 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