

Gestion hydrologique du Grand Bagnas

Etude des scénarios de gestion

Décembre 2023



Réserve Naturelle
BAGNAS



Conservatoire du
littoral



NATURA 2000

Table des matières

1	Introduction générale.....	4
1.1	Cadre de l'étude	4
1.2	Objectifs de gestion et indicateurs associés.....	5
1.3	Zone d'étude	6
1.4	Démarche d'étude.....	7
2	Elaboration et hiérarchisation des scénarios de gestion	8
2.1	Paramètres de contrôle des scénarios de gestion	8
2.1.1	Ouvrages hydrauliques contrôlant les entrées et sorties d'eau	8
2.1.2	Périodes de prélèvement	9
2.1.3	Quantités d'eau prélevées	10
2.1.4	Travaux d'amélioration de la circulation des eaux.....	10
2.1.4.1	Prise d'eau et canal de Pont Martin	10
2.1.4.2	Petit Pont et canal du T	11
2.1.5	Synthèse	13
2.2	Construction des scénarios	13
2.3	Indicateurs et critères d'évaluation et de hiérarchisation.....	14
2.3.1	Volumes d'eau prélevés	14
2.3.2	Flux de polluants	14
2.3.3	Concentration en nitrate.....	15
2.3.4	Circulation des eaux	16
2.3.5	Temps de résidence.....	16
2.3.6	Temps de renouvellement des eaux	16
2.3.7	Variation de salinité au cours de l'année	16
2.3.8	Variation des hauteurs d'eau au cours de l'année.....	16
2.3.9	Nombre de manipulations de martelières	17
2.3.10	Exigences écologiques	17
2.3.11	Synthèse	19
3	Modélisations des scénarios de gestion.....	20
3.1	Ajustement et validation du modèle hydraulique	20
3.1.1	Méthode.....	20
3.1.1.1	Présentation de l'outil hydraulique utilisé sous le logiciel SWMM.....	20
3.1.1.2	Données utilisées pour la modélisation	23

3.1.1.3	Paramètres contrôlables et optimisation.....	27
3.1.2	Résultats.....	27
3.1.2.1	Ajustement et calage du modèle par temps sec.....	27
3.1.2.2	Ajustement et calage du modèle par temps de pluie : Ajustement du fonctionnement de la Demi-Lune.....	28
3.1.2.3	Ajustement et calage des caractéristiques intrinsèques de la prise d'eau	28
3.2	Simulation des scénarios de gestion hydraulique.....	28
4	Résultats et mise en œuvre.....	31
4.1	Scénarios de gestion retenus	31
4.2	Suivi	33
4.3	Calendrier	35
5	Bibliographie.....	36

1 Introduction générale

1.1 Cadre de l'étude

Le site du Bagnas est un espace naturel littoral remarquable dont la valeur est en grande partie liée à la présence de lagunes méditerranéennes qui accueillent une riche biodiversité à la fois floristique et faunistique. L'un des principaux enjeux du site concerne les oiseaux d'eau sur le Grand Bagnas (anatidés hivernants, ardéidés nicheurs, passereaux paludicoles...).

Le secteur du Grand Bagnas fait donc l'objet d'une gestion hydraulique dont l'objectif principal est de préserver cet enjeu avifaunistique. Cette gestion consiste essentiellement à gérer les entrées et les sorties d'eau à l'aide de vannes (martelières) afin de maintenir des niveaux d'eau compatibles avec les exigences des espèces.

L'évolution des connaissances naturalistes ainsi que les analyses menées dans le cadre de la rédaction du nouveau plan de gestion ont démontré que le site du Bagnas avait également une forte responsabilité dans la préservation d'autres enjeux de biodiversité, en particulier parmi les habitats et espèces de zones humides.

La richesse naturelle du Bagnas dépend donc largement de son alimentation en eau. Concernant le Grand Bagnas, cette alimentation est assurée aux deux tiers environ par les eaux du fleuve Hérault via le Canal du Midi. Or, le fleuve Hérault est en déficit quantitatif chronique dans ses débits d'objectif d'étiage (Commission Locale de l'Eau, 2018). Le site du Bagnas, en tant qu'usager, pourrait donc être soumis à des restrictions de prélèvement dans un avenir proche.

De plus, le changement climatique en cours devrait accentuer l'intensité et la récurrence des phénomènes extrêmes comme les sécheresses et les pluies diluviennes (épisodes cévenol). Ces changements se font déjà ressentir avec l'augmentation notable de la fréquence des assècs du Grand Bagnas depuis 2016.

A côté de ces aspects quantitatifs, la préservation des enjeux de biodiversité du site du Bagnas dépend également de la qualité des eaux. Le Grand Bagnas a ainsi été classé comme masse d'eau DCE (FRDT09) pour laquelle le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021 fixe un objectif de bon état. Cependant, selon le dernier bilan disponible du suivi DCE, l'état écologique du Grand Bagnas est moyen (compartiment macrophytes) à mauvais (compartiments colonne d'eau et phytoplancton) (Grillas P. et al., 2018). Par conséquent, l'état écologique du Grand Bagnas doit être restauré afin d'atteindre le bon état fixé par le SDAGE. De plus, une étude sur la qualité des eaux d'alimentation du Bagnas a récemment démontré que le site était vulnérable vis-à-vis du risque de pollution (ADENA, 2020a).

Ces différents constats remettent donc en question la pertinence de la gestion hydraulique actuelle du Grand Bagnas. C'est dans ce cadre qu'une réflexion a été engagée afin d'évaluer l'opportunité d'adapter la gestion hydraulique du Grand Bagnas afin de répondre à ces nouveaux enjeux.

Cette démarche s'inscrit dans une réflexion plus globale sur l'interventionnisme dans la gestion des espaces naturels protégés. La gestion actuelle du Grand Bagnas peut ainsi être considérée comme très interventionniste dans la mesure où les niveaux d'eau sont maîtrisés selon un calendrier précis et ce,

grâce au contrôle d'ouvrages hydrauliques dédiés. La question se pose donc de réduire les interventions afin de tendre vers un fonctionnement hydraulique plus naturel du site.

La présente étude a pour objectif d'élaborer, modéliser et évaluer différents scénarios de gestion hydraulique du Grand Bagnas afin de répondre aux objectifs de conservation des enjeux de biodiversité et de préservation de la ressource en eaux en favorisant un fonctionnement naturel du site.

1.2 Objectifs de gestion et indicateurs associés

Les enjeux et les contraintes identifiés sur le Grand Bagnas (cf. Cadre de l'étude, p. **Erreur ! Signet non défini.**) peuvent se traduire par trois objectifs de gestion à long terme :

- préserver la ressource en eau ;
- tendre vers un fonctionnement naturel de lagune méditerranéenne ;
- conserver le patrimoine écologique du site.

Ces trois objectifs de gestion à long terme peuvent se décliner en objectifs opérationnels qui précisent les actions à réaliser sur des composantes environnementales clés régissant le fonctionnement du Grand Bagnas.

Les objectifs opérationnels sont caractérisés par un ou plusieurs indicateurs qui seront notamment utilisés dans l'évaluation des scénarios de gestion.

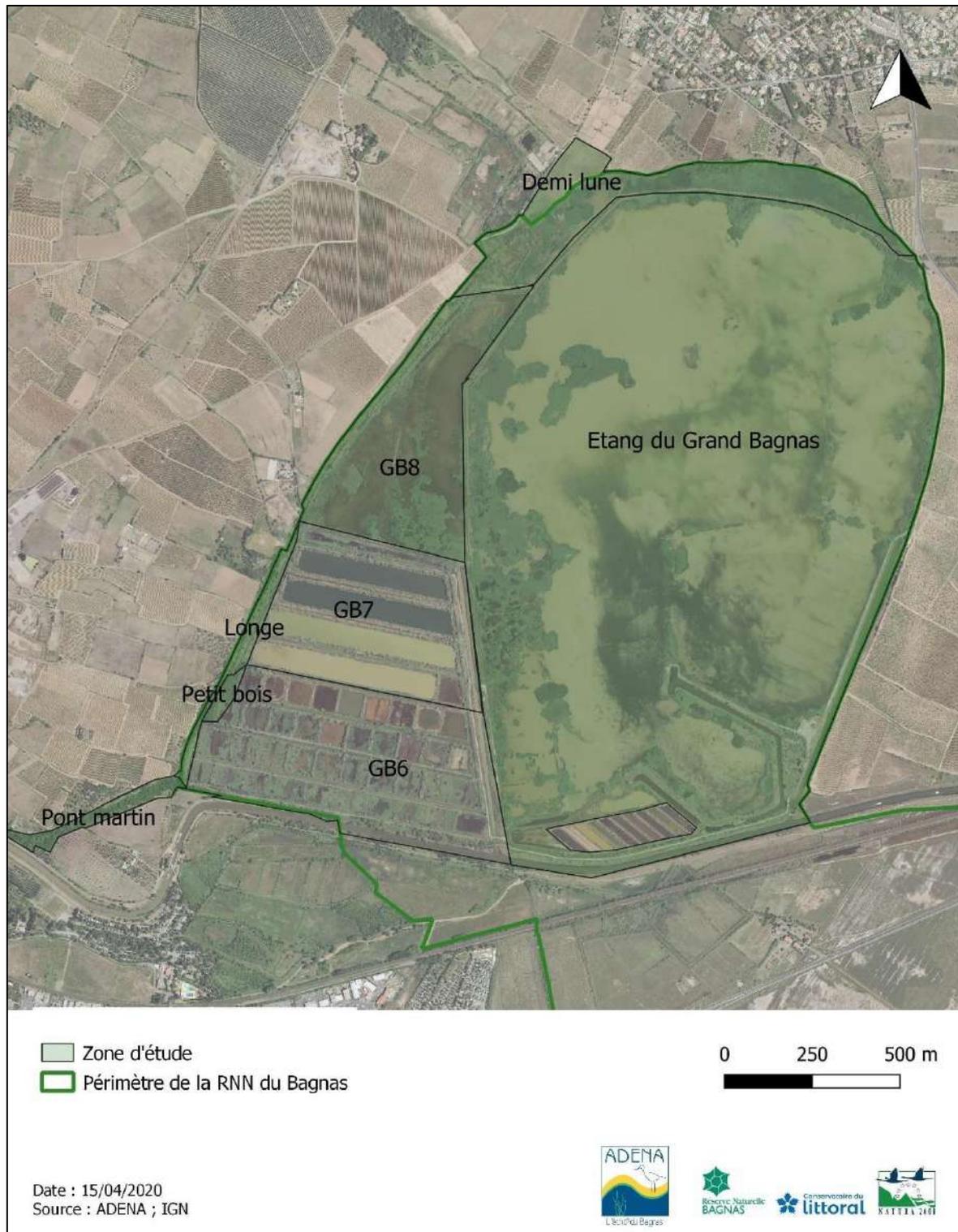
Le tableau ci-dessous liste les objectifs de gestion et les indicateurs associés.

Tableau 1 : objectifs de gestion

Objectifs à long terme	Objectifs opérationnels	Indicateurs
Préserver la ressource en eau	Limiter les quantités d'eau prélevées sur le Canal du Midi dans sa partie connectée au fleuve Hérault	Volumes d'eau prélevés
	Sécuriser l'alimentation en eau du Bagnas	
	Réduire les pollutions potentielles et avérées	Flux de polluants
		Temps de résidence des polluants
		Temps de renouvellement des eaux
Favoriser le renouvellement des eaux	Variation de la concentration en nitrates	
Tendre vers un fonctionnement naturel de lagune méditerranéenne	Maintenir la salinité des eaux de l'étang du Grand Bagnas	Bilan des volumes d'eau entrants et sortants
	Maintenir des variations des niveaux d'eau typiques d'une lagune méditerranéenne dans l'étang du Grand Bagnas	Variation des taux de sel au cours de l'année
	Limiter les interventions humaines	Variation des hauteurs d'eau au cours de l'année (hydropériode)
Conserver le patrimoine écologique du site	Préserver les habitats et espèces cibles	Nombre de manipulations de martelières
		Exigences écologiques des habitats et espèces cibles

1.3 Zone d'étude

La zone d'étude sur laquelle porte l'analyse des scénarios hydraulique couvre l'ensemble du Grand Bagnas à l'exception des anciens bassins piscicoles (GB6, GB7 et bassins au sud de l'étang du Grand Bagnas) dont le fonctionnement hydraulique n'a pas encore été étudié à ce jour.



Carte 1 : zone d'étude

1.4 Démarche d'étude

La démarche d'étude a consisté dans un premier temps à élaborer différents scénarios de gestion hydraulique du Grand Bagnas ; chaque scénario correspondant à une configuration donnée du réseau hydraulique contrôlant les entrées et les sorties d'eau.

Les caractéristiques hydrologiques du Grand Bagnas induits par chaque scénario de gestion ont ensuite été simulées grâce au modèle hydraulique du site (Agbanrin, 2018)

Enfin, les scénarios de gestion hydraulique ont été évalués et hiérarchisés en confrontant les caractéristiques hydrologiques induites par chacun des scénarios avec les objectifs de gestion.

Chacune de ces étapes fait l'objet d'un chapitre dédié dans la suite du présent rapport.

2 Elaboration et hiérarchisation des scénarios de gestion

Dans un premier temps, l'élaboration des scénarios de gestion hydraulique a consisté à identifier les paramètres sur lesquels le gestionnaire peut intervenir pour contrôler les entrées et les sorties d'eau. Différents scénarios ont ensuite été construits en ajustant ces paramètres de contrôle. Chaque configuration des paramètres de contrôle correspond à un scénario de gestion hydraulique unique.

Afin de sélectionner le scénario répondant le mieux aux objectifs de gestion, une série de critères d'évaluation et de hiérarchisation des scénarios a été dressée.

2.1 Paramètres de contrôle des scénarios de gestion

Quatre paramètres de contrôle ont été identifiés :

- les ouvrages hydrauliques contrôlant les entrées et les sorties d'eau ;
- les périodes de prélèvements ;
- les quantités d'eau prélevées ;
- les travaux permettant d'améliorer la circulation de l'eau.

2.1.1 Ouvrages hydrauliques contrôlant les entrées et sorties d'eau

Les entrées d'eau contrôlées se font actuellement par une **prise d'eau sur le Canal du Midi**. Les eaux ainsi captées s'écoulent vers le Grand Bagnas via le **Canal de Pont Martin**.

Plusieurs ouvrages permettent ensuite de contrôler la circulation des eaux :

- la **martelière du T** : cette martelière connecte l'étang du Grand Bagnas avec le canal du T, lui-même connecté au Canal du Midi (dans sa partie aval connectée à l'étang de Thau). Dans la configuration actuelle, la martelière du T est la seule martelière utilisée ponctuellement pour abaisser le niveau des eaux de l'étang du Bagnas afin de respecter le calendrier hydraulique actuellement en usage ;
- la **martelière de Petit Pont** : cette martelière sépare le Canal du Midi (dans sa partie aval connectée à l'étang de Thau) du canal de l'ouest. Cette connexion est fermée dans la configuration actuelle ;
- la **martelière de Pioch Cougioul** : cette martelière cloisonne le canal de Pioch Cougioul en deux biefs, l'un connecté au Grand Bagnas, l'autre connecté à l'étang de Thau. Cette martelière est maintenue fermée dans la configuration actuelle ;
- les **martelières DL-GB5** : ces deux martelières jumelées (appelées également M9 et M9') permettent de connecter la demi-lune à l'étang du Grand Bagnas. Ces martelières sont maintenues fermées dans la configuration actuelle.

Un ouvrage assure la répartition des eaux au sein du Grand Bagnas : la **Bascule**. Cet ouvrage a pour fonction principale de répartir les eaux en provenance de la prise d'eau entre la Longe et le Contre Canal (Carte 2). La bascule permet dans certaines situations de gérer les niveaux d'eaux de la Longe indépendamment du reste du Grand Bagnas.

Il existe de nombreux autres ouvrages de contrôle de la circulation des eaux au sein du Grand Bagnas. Actuellement ces ouvrages ne sont que très exceptionnellement manipulés et il n'est pas prévu de les faire intervenir dans la future gestion hydraulique du site sauf situation exceptionnelle. Par conséquent, ces ouvrages ne sont pas pris en compte dans la présente étude.



Carte 2 : ouvrages et canaux de contrôle de l'alimentation en eau du Grand Bagnas

2.1.2 Périodes de prélèvement

L'un des objectifs de la future gestion hydraulique du site est de limiter les quantités d'eau prélevées sur le Canal du Midi, en particulier en saison sèche. Trois calendriers de prélèvement sur les eaux du Canal du Midi sont ainsi pris en compte dans l'élaboration des scénarios de gestion :

- prise d'eau ouverte en continu tout au long de l'année ;
- prise d'eau fermée durant toute la période sèche : 4 mois du 1^{er} juin au 30 septembre ;
- prise d'eau fermée au cœur de la saison sèche : 2 mois du 1^{er} juillet au 31 août.

2.1.3 Quantités d'eau prélevées

La quantité d'eau prélevée sur le Canal du Midi peut être contrôlée par le niveau d'ouverture de la prise d'eau (martelière sur le Canal du Midi permettant d'alimenter le canal de Pont Martin).

En fonction de la période de l'année et des conditions hydrologiques, cette martelière pourrait ainsi être ouverte soit totalement soit partiellement afin de répondre à l'objectif de limitation des quantités d'eau prélevées sur le Canal du Midi.

2.1.4 Travaux d'amélioration de la circulation des eaux

2.1.4.1 Prise d'eau et canal de Pont Martin

Différents travaux étaient envisageables au niveau de la prise d'eau et du canal de Pont Martin afin d'améliorer l'alimentation en eau du Grand Bagnas (Agbanrin, 2018) :

- **Effacement de la singularité de Pont Martin** : une singularité sur le Canal de Pont Martin réduit les quantités d'eau circulant dans ce canal (Figure 1). Cette singularité correspond à un point haut (1,64 m NGF) et à un resserrement du lit mineur (0,6 m).
- **Reprise de la contre-pente sur le canal de Pont Martin** : un secteur en contre-pente a été identifié sur le Canal de Pont Martin. La modification consisterait à reprendre cette contre-pente.
- **Modification de la prise d'eau** : doublement de la taille de la prise d'eau (1 m x 1 m au lieu de 0,48 m x 0,52 m).

L'étude hydraulique de 2018 a démontré que l'effacement de la singularité à elle seule pouvait accroître significativement la quantité d'eau prélevée (Agbanrin, 2018). La modification de la prise d'eau seule en revanche n'apporte pas de changements notables dans les quantités d'eau prélevées.

Les travaux d'effacement de la singularité de Pont Martin ont été réalisés en décembre 2022. Cette modification a été prise en compte dans l'étude des scénarios hydrauliques.

Il n'est pas prévu à ce jour de réaliser les autres travaux (reprise de la contre-pente et modification de la prise d'eau).

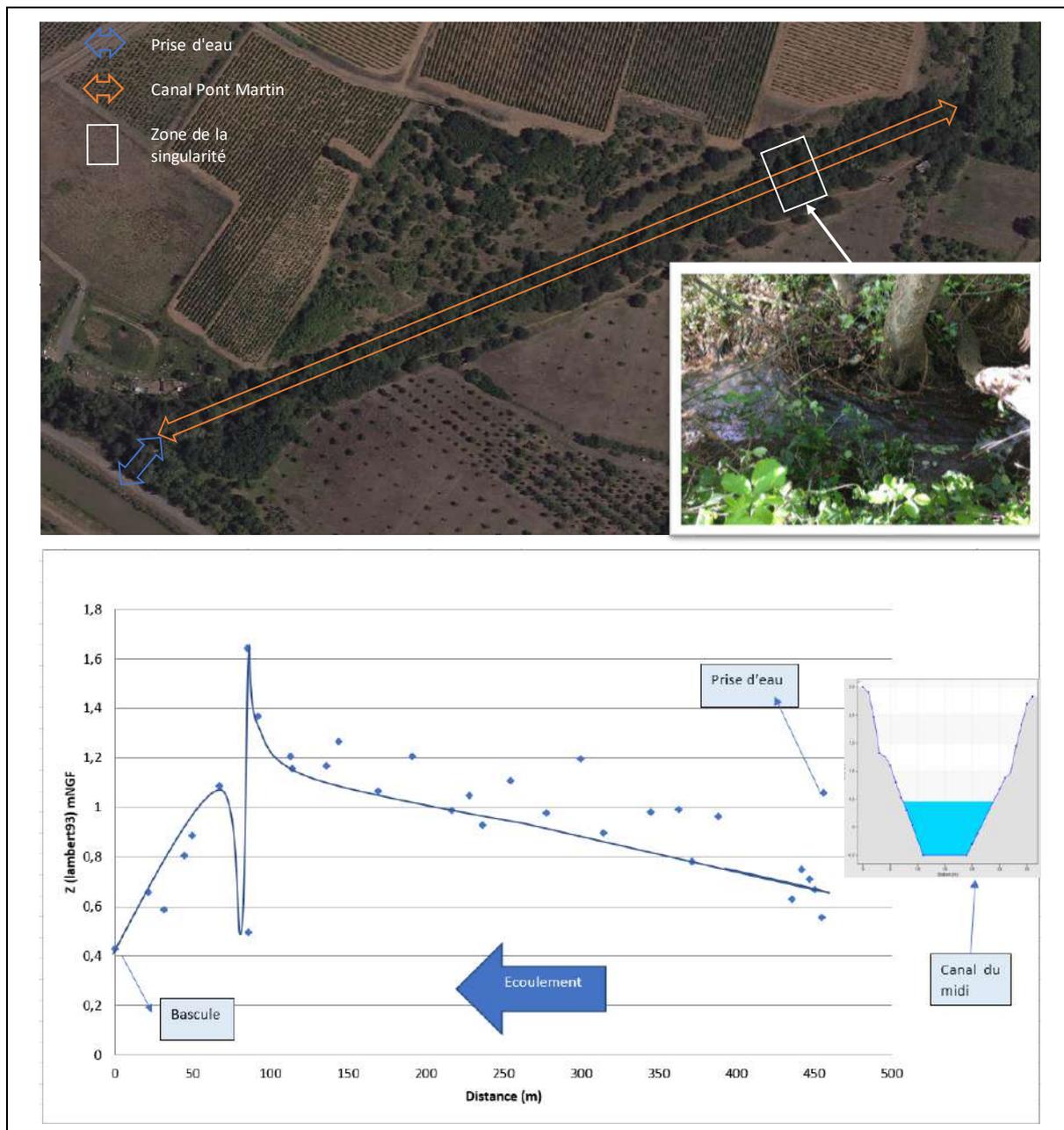


Figure 1 : localisation et représentation schématique du Canal de Pont Martin (Agbanrin, 2018)

2.1.4.2 Petit Pont et canal du T

Un seuil est présent devant la martelière de Petit Pont (côté Canal du Midi). Ce seuil correspond à une accumulation de sédiments entraînant une remontée du fond du canal (Figure 2). Un deuxième seuil est présent dans le canal du T (Figure 2).

Un gradient de salinité croissant depuis la surface vers le fond s'observe dans les eaux du Canal du Midi au droit de Petit Pont et du canal du T (ADENA, 2020b, Figure 2). Les seuils de Petit Pont et du canal du T ne permettent donc qu'aux eaux de surface moins salées d'accéder aux martelières.

Le maintien ou l'effacement de ces seuils aurait donc une influence sur la salinité des eaux au droit des martelières.

L'effacement du seuil du canal du T nécessiterait des travaux plus importants et beaucoup plus impactant sur le milieu que ceux nécessaires pour l'effacement du seuil de Petit Pont. Dans ces conditions, seul l'effacement du seuil de Petit Pont sera pris en compte dans la présente étude.

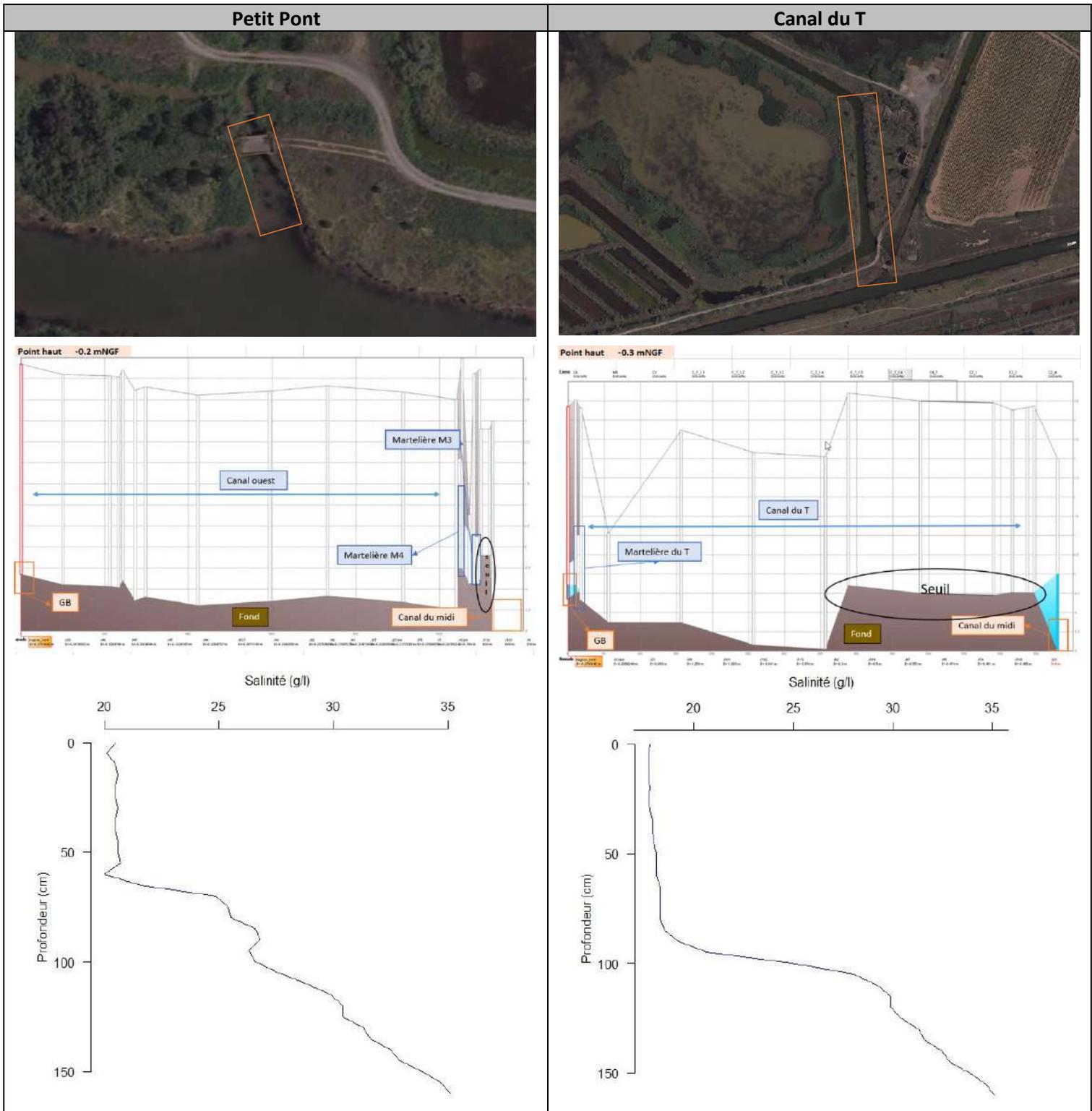


Figure 2 : localisation et représentation schématique des seuils de Petit Pont et du canal du T (Agbanrin, 2018) – Profils de salinité (ADENA, 2020b)

2.1.5 Synthèse

Le tableau ci-dessous liste les paramètres de contrôle sur lesquels le gestionnaire peut intervenir pour contrôler les entrées et les sorties d'eau. Ce sont ces paramètres de contrôle qui seront pris en compte dans la construction des scénarios de gestion hydraulique.

Tableau 2 : synthèse des paramètres de contrôle des scénarios de gestion

Ouvrages hydrauliques contrôlant les entrées et les sorties d'eau
Prise d'eau et canal de Pont Martin
Martelière du T
Martelière de Petit Pont
Martelière de Pioch Cougioul
Martelière DL-GB5
Bascule
Période de prélèvement
Prise d'eau ouverte en continue tout au long de l'année
Prise d'eau fermée durant toute la période sèche : 4 mois du 1er juin au 30 septembre
Prise d'eau fermée au cœur de la saison sèche : 2 mois du 1 ^{er} juillet au 31 août
Quantités d'eau prélevées
Ouverture complète ou partielle de la prise d'eau sur le Canal du Midi
Travaux d'amélioration de la circulation des eaux
Effacement de la singularité de Pont Martin (travaux réalisés en 2022 et pris en compte dans l'étude des scénarios)
Effacement du seuil de Petit Pont

2.2 Construction des scénarios

La construction des scénarios de gestion hydraulique consiste à ajuster les différents paramètres de contrôle. Un scénario de gestion correspond donc à une configuration unique entre les différents paramètres de contrôle précédemment identifiés. La Figure 3 illustre de manière schématique la gestion hydraulique du Grand Bagnas.

Plusieurs dizaines de scénarios de gestion sont donc potentiellement envisageables. Cependant, sur la base (1) des connaissances empiriques du gestionnaire, (2) de la dernière étude hydraulique du site (Agbanrin, 2018) et (3) des échanges avec les partenaires de l'étude (Agence de l'Eau, commission scientifique du Bagnas, experts de la Tour du Valat), une sélection de scénarios pertinents susceptibles de permettre d'atteindre les objectifs fixés a été élaborée.

Ce sont 44 scénarios de gestion qui ont ainsi été élaborés (Tableau 6).

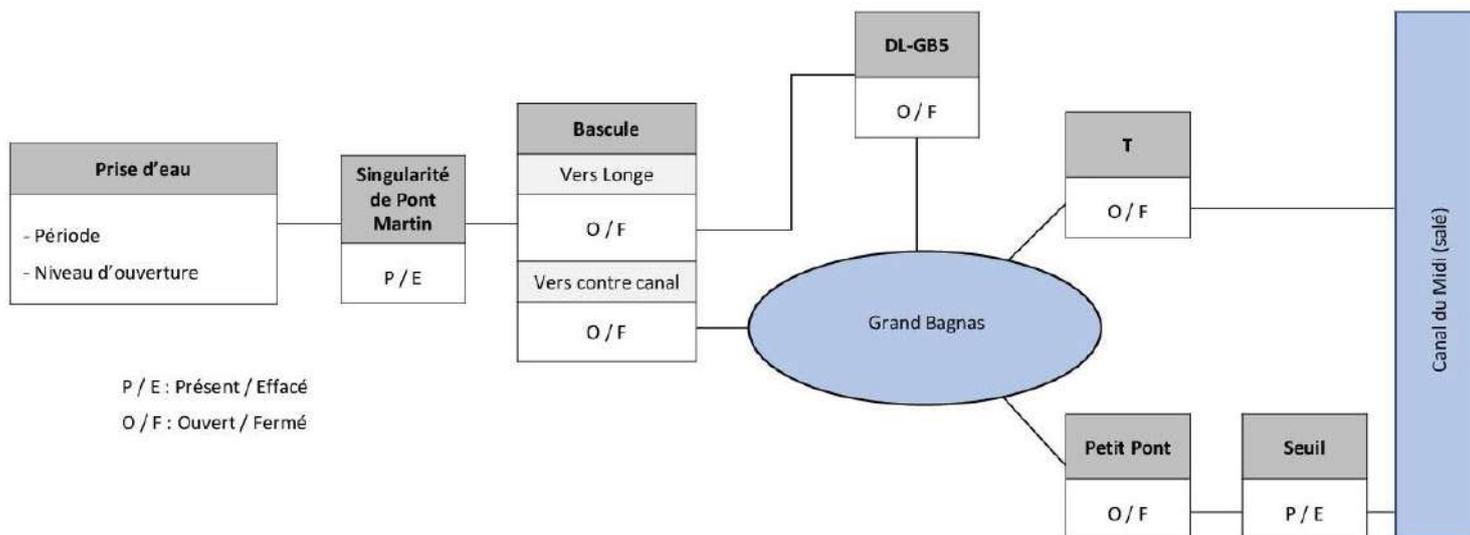


Figure 3 : schéma conceptuel de la gestion hydraulique du Grand Bagnas

2.3 Indicateurs et critères d'évaluation et de hiérarchisation

Les scénarios de gestion hydraulique sont évalués et hiérarchisés en confrontant les caractéristiques hydrologiques induites par chacun des scénarios avec les objectifs de gestion.

Les objectifs opérationnels sont caractérisés par un ou plusieurs indicateurs. A chaque indicateur est associé un critère d'évaluation permettant d'apprécier de manière quantitative ou qualitative les valeurs ou les modalités des métriques.

2.3.1 Volumes d'eau prélevés

L'objectif opérationnel de gestion est de limiter les quantités d'eau prélevées sur le Canal du Midi dans sa partie connectée au fleuve Hérault. Deux métriques sont prises en compte pour évaluer les quantités d'eau prélevées :

- volume annuel d'eau prélevé sur la prise d'eau ;
- volumes d'eau prélevés sur la prise d'eau en période estivale (1er juin au 30 septembre).

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation des volumes prélevés sur la prise d'eau sur l'ensemble de l'année et en période estivale.**

Les scénarios pour lesquels les volumes d'eau prélevés en période estivale sont supérieurs aux volumes prélevés en période estivale avant les travaux d'effacement de la singularité de Pont Martin sont rejetés.

2.3.2 Flux de polluants

Les polluants pris en compte dans l'évaluation et la hiérarchisation des scénarios de gestion hydraulique correspondent aux substances polluantes présentant des concentrations élevées dans les eaux d'alimentation du site (ADENA, 2020a).

L'étang du Grand Bagnas présente une forte vulnérabilité vis-à-vis du risque d'eutrophisation (Grillas P. *et al.*, 2018). Les nutriments et les matières organiques et oxydables sont donc également pris en compte dans l'analyse des scénarios.

Les substances prises en compte dans l'évaluation et la hiérarchisation des scénarios de gestion hydraulique sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : substances polluantes prise en compte dans l'évaluation et la hiérarchisation des scénarios de gestion hydraulique

Familles de substance	Substances
Eléments-traces métalliques	Arsenic
	Cadmium
	Cuivre
	Nickel
	Plomb
	Zinc
Nutriments	Ammonium
	Nitrates
	Nitrites
	Phosphates
Matières organiques et oxydables	COT
Substances phytopharmaceutiques	Glyphosate
Hydrocarbures	Indice hydrocarbures C10-C40

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation des flux de polluants entrants**.

Les flux sont calculé sur la base :

- des concentrations mesurées sur les eaux d'alimentation du site (ADENA, 2020a). Une seule mesure de concentration a été réalisée. Le calcul des flux ne tiens donc pas compte des variations des concentrations au cours de l'année. Cependant, les prélèvements ont été réalisés après un fort épisode pluvieux afin d'avoir les concentrations les plus élevées en substances polluantes (fort ruissellement et infiltration des eaux) ;
- des volumes d'eau entrants obtenus par simulation au niveau de chaque point d'alimentation.

2.3.3 Concentration en nitrate

Le mauvais état écologique de l'étang du Grand Bagnas selon les critères de la DCE est principalement lié aux fortes concentration en azote.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation des concentrations moyennes annuelles** dans l'étang du Grand Bagnas.

2.3.4 Circulation des eaux

Le Bagnas se comporte comme un milieu récepteur avec un très faible exutoire. Quasiment toutes les eaux qui arrivent dans le Bagnas sont donc stockées. Cette situation favorise l'accumulation des polluants dans le milieu et en particulier dans les sédiments.

L'objectif est donc de favoriser la circulation des eaux entre l'entrée et la sortie du Grand Bagnas.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **maximisation des volumes d'eau sortant par rapport aux eaux entrantes**.

2.3.5 Temps de résidence

Le temps de résidence correspond au temps de séjour théorique d'un volume d'eau dans l'étang. Il est calculé à partir de la concentration d'un traceur fictif injecté dans le modèle au niveau de la prise d'eau sur le Canal du Midi.

Ce temps de résidence est calculé grâce au modèle hydraulique du site pour chaque scénario étudié.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation du temps de résidence**.

2.3.6 Temps de renouvellement des eaux

Le temps de renouvellement des eaux est un indicateur hydrodynamique qui correspond à la durée nécessaire au renouvellement complet du volume d'eau de l'étang du Grand Bagnas.

Ce temps de renouvellement des eaux est calculé grâce au modèle hydraulique du site pour chaque scénario étudié.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation du temps de renouvellement des eaux**.

2.3.7 Variation de salinité au cours de l'année

Une lagune est considérée comme oligohaline lorsque la concentration moyenne en sel se situe entre 0,5 et 5 g/l. Une lagune est considérée comme mésohaline lorsque cette concentration moyenne se situe entre 5 et 18 g/l.

L'objectif opérationnel de gestion est de maintenir la salinité dans la gamme de valeurs actuelles.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation de l'écart à la salinité moyenne annuelle actuelle** dans l'étang du Grand Bagnas sans dépassement des valeurs minimales et maximales actuelles.

2.3.8 Variation des hauteurs d'eau au cours de l'année

L'étang du Grand Bagnas présente une hydropériode caractéristique des lagunes méditerranéennes avec des hauteurs d'eau maximales en hiver (février) qui diminuent ensuite pour atteindre les niveaux les plus faibles à la fin de l'été (septembre). Les hauteurs d'eau varient ainsi de plus de 50%.

L'objectif opérationnel de gestion est de maintenir dans l'étang du Grand Bagnas des variations des niveaux d'eau typiques d'une lagune méditerranéenne permanente.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation des écarts par rapports aux variations des hauteurs d'eau dans la configuration initiale.**

Les scénarios de gestion qui entraînent des assècs annuels de l'étang du Grand Bagnas et de la Longe sont écartés.

2.3.9 Nombre de manipulations de martelières

Les interventions de gestion hydrauliques peuvent-être évalué par le nombre de manipulations des martelières.

L'objectif opérationnel de gestion est limiter ces interventions de gestion hydraulique.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur la **minimisation du nombre de manipulations de martelières.**

2.3.10 Exigences écologiques

La caractérisation des exigences écologiques des habitats et des espèces a fait l'objet d'une étude spécifique (ADENA, 2023c). Seuls les résultats de cette étude sont présentés dans ce chapitre.

La démarche d'étude a consisté dans un premier temps à sélectionner les habitats et les espèces qui seront prises en compte dans l'évaluation des scénarios de gestion hydraulique. Dans un deuxième temps, les exigences écologiques de ces habitats et espèces ont été définies

Les facteurs écologiques qui déterminent la présence d'un habitat ou d'une espèce sur un site sont complexes à la fois par leur nombre et leurs interactions. La prise en compte des exigences écologiques des habitats et des espèces cibles sélectionnées dépasse ainsi largement le cadre de la présente étude.

L'objectif consiste donc à ne considérer que les paramètres écologiques qui seront directement influencés par les modes de gestion et qui pourront être simulés grâce au modèle hydraulique du site.

Deux paramètres ont donc été retenus pour caractériser les exigences écologiques des habitats et des espèces cibles :

- l'hydropériode : variations des hauteurs d'eau au cours de l'année ;
- la gamme de salinité.

Il n'est évidemment pas envisageable de statuer sur le maintien d'un habitat ou d'une espèce en se basant uniquement sur ces deux paramètres. En revanche il est possible de prédire si les conditions définies par ces deux paramètres sont favorables ou non aux habitats et espèces cibles.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** liste les habitats et les espèces cibles de l'analyse ainsi que leurs exigences écologiques pour les paramètres considérés.

L'évaluation et la hiérarchisation des scénarios se base sur le **maintien des variations de salinité et des niveaux d'eau dans les limites de tolérance des espèces et des habitats cibles**, excepté pour les espèces envahissantes.

Tableau 4 : synthèse des exigences écologiques

Enjeux de biodiversité	Secteurs	Salinités	Hydropériode											
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Habitats														
Lagunes occupées par des herbiers de <i>Ruppia</i> et <i>Stuckenia</i>	Etang GB	0,5-18 g/l	0,05 - 1 m											
Lagunes occupées par des tapis de charophytes	Etang GB	1-22 g/l	0,5 - 1 m						0,5 - 1 m					
Canaux salins avec groupements à <i>Ruppia</i>	Canal de l'est	> 5 g/l	0,2 - 2 m											
Roselières	Roselières	0-22 g/l	0 - 1,5 m											
Prés salés	GB8 - Demi-Lune	?	?											?
Bois de frênes riverains	Pont-Martin-Longe	Eau douce	Nappe d'eau douce permanente >1 m prof.											
Espèces														
Héron pourpré	Roselières	0-22 g/l				0,3m								
Passereaux paludicoles en reproduction	Roselières	0-22 g/l			> 0,05 m									
Passereaux paludicoles en migration (Rémiz penduline)	Roselières	0-22 g/l								?				
Butor étoilé	Roselières	0-22 g/l			> 0,15 m									
Blongios nain	Roselières	0-22 g/l			> 0,05 m									
Talève sultane	Roselières	0-22 g/l			Indifférent									
Oiseaux d'eau hivernants	Etang GB – GB8	Eau douce à saumâtre	> 0,05											> 0,05
Ardéidés coloniaux arboricoles en nidification	Héronnière Baronne	Indifférent			0,35 m									
Oiseaux d'eau en migration postnuptiale	Etang GB – GB8	Eau douce à saumâtre						0,1 - 0,4 m						
Cistude d'Europe	Longe	< 10 g/l	0,2 - 1,5 m											
Anguille européenne	GB	Eau douce à saumâtre	?											
Silure	Etang GB	Eau douce à saumâtre	1 - 15 m											
Carpe commune	Etang GB	< 10 g/l (max 14 g/l)	?											
Jussie	GB	< 2 g/l	0 - 3 m											

2.3.11 Synthèse

Le tableau ci-dessous liste les indicateurs et les critères d'évaluation et de hiérarchisation des scénarios de gestion.

Tableau 5 : indicateurs et critères d'évaluation et de hiérarchisation des scénarios de gestion

Objectifs à long terme	Objectifs opérationnels	Indicateurs		Critères d'évaluation et de hiérarchisation
Préserver la ressource en eau	Limiter les quantités d'eau prélevées sur le Canal du Midi dans sa partie connectée au fleuve Hérault	Volumes d'eau prélevés	Volume annuel d'eau prélevé sur la prise d'eau	Minimisation des volumes d'eau prélevés sur la prise d'eau sur l'ensemble de l'année
	Sécuriser l'alimentation en eau du Bagnas		Volumes d'eau prélevés sur la prise d'eau en période estivale (1er juin au 30 septembre)	Minimisation des volumes d'eau prélevés sur la prise d'eau en période estivale (1er juin au 30 septembre). Les scénarios pour lesquels les volumes d'eau prélevés en période estivale sont supérieurs aux volumes prélevés en période estivale avant les travaux d'effacement de la singularité de Pont Martin sont rejetés.
	Réduire les pollutions potentielles et avérées	Flux de polluants	Masse des polluants entrant sur la Bagnas sur une année	Minimisation des flux de polluants entrants
		Concentration en nitrates	Concentration moyenne annuelle en nitrate dans les l'étang du Grand Bagnas	Minimisation des concentrations moyennes annuelles
		Circulation des eaux	Pourcentage de volume d'eau sortant par rapport au volume d'eau rentrant	Maximiser les volumes d'eau sortant par rapport aux volumes d'eau rentrant (maximiser la circulation de l'eau sur le Bagnas)
		Temps de résidence des polluants		Minimisation du temps de résidence
		Temps de renouvellement des eaux		Minimisation du temps de renouvellement des eaux
Tendre vers un fonctionnement naturel de lagune méditerranéenne	Maintenir la salinité des eaux de l'étang du Grand Bagnas	Variation de salinité au cours de l'année	Variation des concentration en sel dans l'étang du Grand Bagnas	Minimisation de l'écart à la salinité moyenne annuelle actuelle
	Maintenir des variations des niveaux d'eau typiques d'une lagune méditerranéenne dans l'étang du Grand Bagnas	Variation des hauteurs d'eau au cours de l'année (hydropériode)		Minimisation des écarts par rapports aux variations des hauteurs d'eau actuelles. Les scénarios de gestion qui entraînent des assecs annuels de l'étang du Grand Bagnas et de la Longe sont écartés
	Limiter les interventions humaines	Nombre de manipulations de martelières		Minimisation du nombre de manipulations de martelières
Conserver le patrimoine écologique du site	Préserver les habitats et espèces à enjeux	Exigences écologiques des habitats et espèces cibles		Maintien des variations de salinité et de niveau d'eau dans les limites de tolérance des espèces et des habitats cibles, excepté pour les espèces envahissantes

3 Modélisations des scénarios de gestion

3.1 Ajustement et validation du modèle hydraulique

3.1.1 Méthode

3.1.1.1 Présentation de l'outil hydraulique utilisé sous le logiciel SWMM

3.1.1.1.1 Emprise modélisée

Le modèle utilisé est celui développé en 2018 dans le cadre d'un stage co-encadré par l'ADENA et le SMBT (Agbanrin, 2018). Ce modèle concerne uniquement le Grand Bagnas.

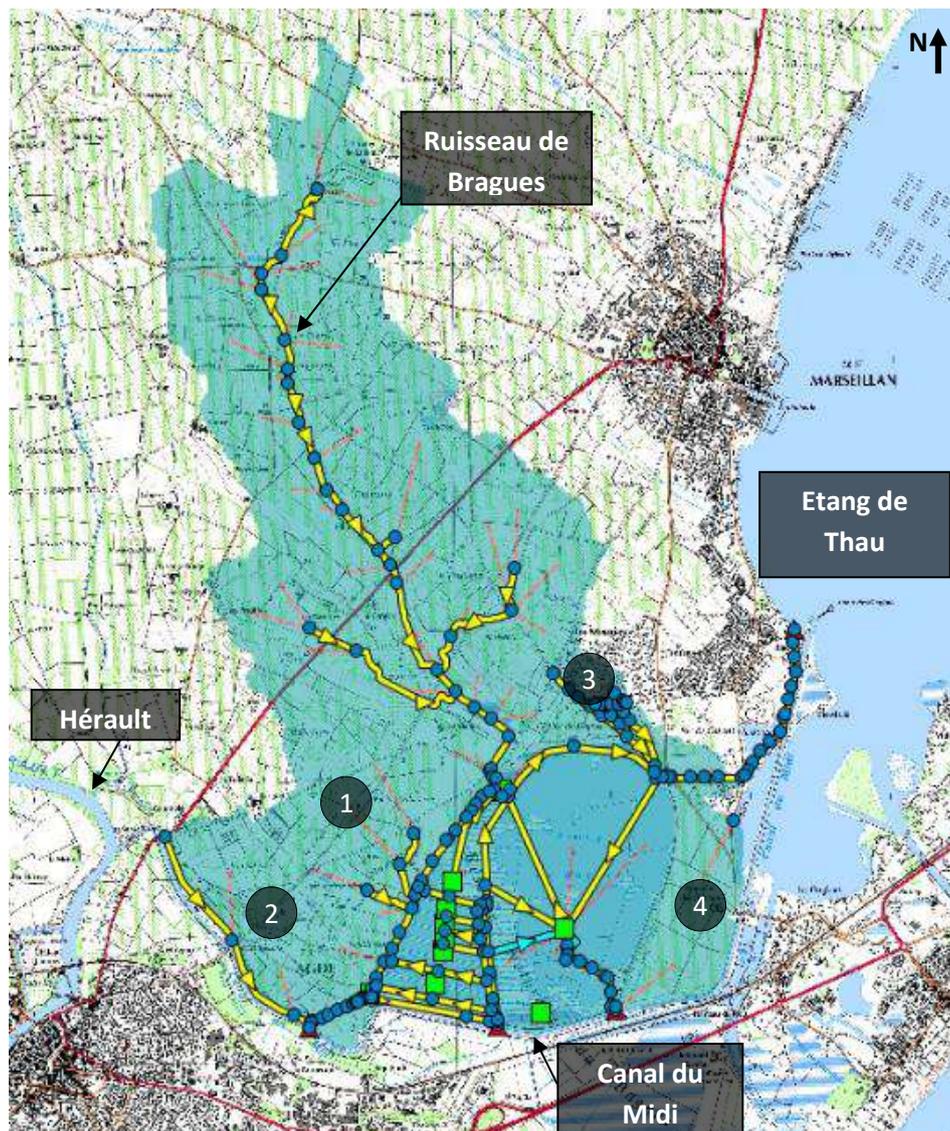


Figure 4 : représentation cartographique de l'emprise modélisée

Dans le modèle, sont pris en compte les apports d'eau via :

- Le bassin versant du ruisseau de Bragues représentant 830 ha ;
- Les petits bassins versants ouest (1 et 2), nord (3) et du domaine des Onglous (4), représentant 355 ha ;
- Les eaux douces du Canal du Midi (en amont de l'écluse du Bagnas) issues de l'Hérault.

3.1.1.1.2 Compartiments et branches de réseaux pris en compte

Les différents compartiments pris en compte dans le modèle sont :

- l'étang du Grand Bagnas-GB5, nommé « bagnas_nord » dans le modèle ;
- le bassin GB8 ;
- la Demi-Lune ;
- les anciens bassins piscicoles. Ceux-ci sont représentés mais non détaillés et isolés hydrauliquement du reste du site car leur fonctionnement n'est pas entièrement connu. Une étude est prévue au plan de gestion du site du Bagnas afin de palier à ces lacunes de connaissance.

Ces différents compartiments sont alimentés par tout un réseau hydraulique dont les principales branches sont :

- le canal de Pont Martin, concentrant les eaux du bassin versant 2 ainsi que les eaux du Canal du Midi dans sa partie douce, alimentant la Longe et le Contre-Canal ;
- la Longe alimentant la Demi-Lune ;
- la Contre Canal et le Canal de l'Ouest alimentant le Grand Bagnas ;
- le Canal de Ceinture ;
- le Canal de Pioch Couguioul reliant le Grand Bagnas à l'étang de Thau.

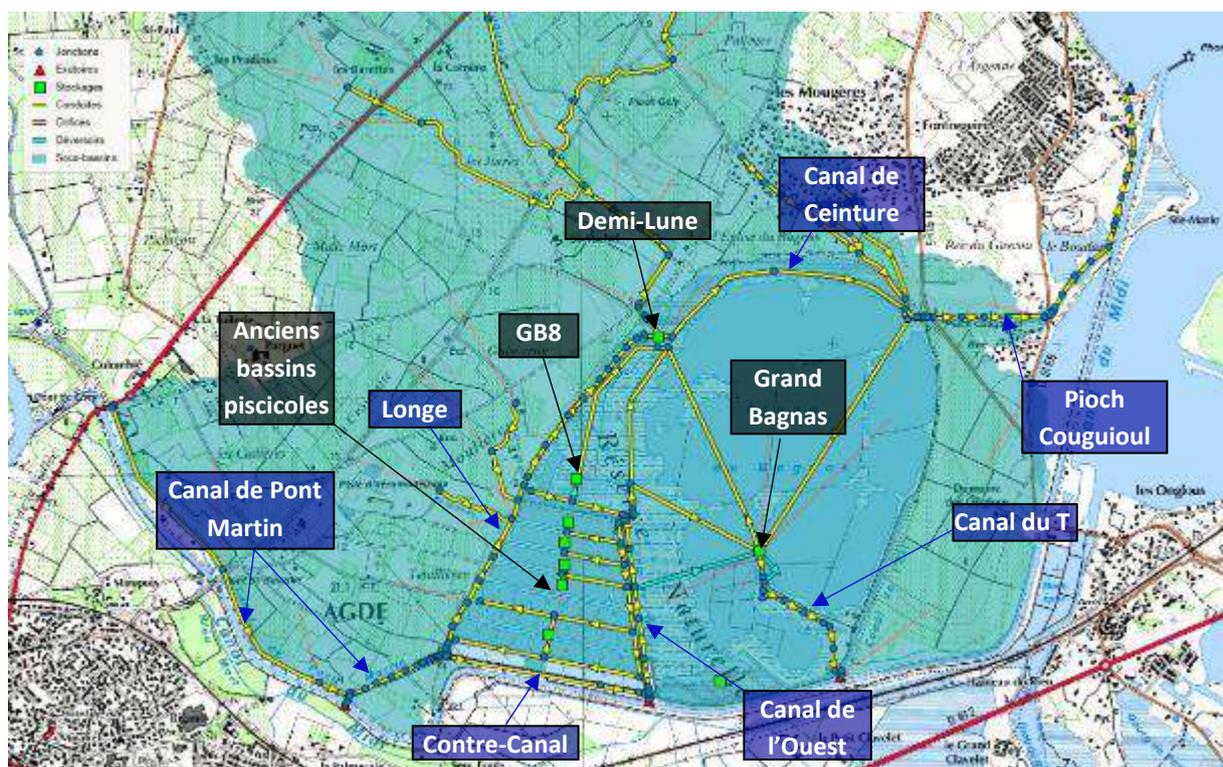


Figure 5 : représentation cartographique des compartiments et principaux canaux

3.1.1.1.3 Intégration des ouvrages

Une campagne de terrain, menée en 2018, a permis de relever les côtes et les caractéristiques des différents ouvrages (fonctionnement, état...). Ces données patrimoniales ont été intégrées dans le modèle.

On y retrouve ainsi les principaux ouvrages structurants de la gestion hydraulique :

- la prise d'eau entre la Canal du Midi et le canal de Pont Martin ;
- la bascule dont les eaux entrantes peuvent être réparties en deux en sortie permettant d'alimenter la Longe ou le Grand Bagnas via le Contre-Canal et le Canal de l'Ouest ;
- la martelière du T, utilisée actuellement pour baisser le niveau d'eau de l'étang (via le Canal du T qui se jette dans la partie salée du Canal du Midi) ;
- la martelière de Pioch Couguioul reliant le grand Bagnas à l'étang de Thau par le Nord (toujours fermée dans la gestion hydraulique actuelle) ;
- les martelières DL-GB5 pouvant permettre des échanges directs entre la Demi-Lune et le Grand Bagnas (toujours fermées dans la gestion hydraulique actuelle) ;
- la martelière de Petit Pont permettant la connexion entre la partie salée du Canal du Midi et le Canal de l'Ouest (toujours fermée dans la gestion hydraulique actuelle).



Figure 6 : représentation cartographique des principaux ouvrages structurants

Les ouvrages et martelières sont modélisés sous formes d'orifices dont la durée et le niveau d'ouverture peuvent être contrôlés par des règles de fonctionnement dans le modèle informatique.

3.1.1.2 Données utilisées pour la modélisation

3.1.1.2.1 Données topographiques

Des données altimétriques et de télédétection sont disponibles sur l'ensemble du site du Bagnas comme celle du LIDAR (light detection and ranging) réalisé en 2011 dont la qualité de mesure est de 25 cm vertical avec une résolution de 1m horizontal.

Le profil de chaque bassin de stockage (GB8, Demi-Lune et Grand Bagnas) a été déterminé à partir du LIDAR en estimant l'aire par tranche de 0,01m de hauteur. Les profils du Grand Bagnas et de GB8 réalisés en 2018 ont été réutilisés dans la présente étude. Le profil de la Demi-Lune a été recalculé sur les données LIDAR pour vérifier la côte radier.

3.1.1.2.2 Données patrimoniales sur les ouvrages

Chaque ouvrage recensé en 2018 fait l'objet d'une fiche présentant ses dimensions, son fonctionnement et également son état. Ces données ont été intégrés dans l'outil de modélisation.

3.1.1.2.3 Données sur le registre de manipulation des ouvrages

La gestion hydraulique actuelle implique certaines manipulations d'ouvrages. Chaque manipulation est inscrite dans un registre afin de conserver une trace de la gestion et de son évolution. Ce registre permet également de construire le modèle en comparant les données simulées et observées empiriquement.

3.1.1.2.4 Données de suivis et d'observations

3.1.1.2.4.1 Pluviométrie

Deux stations automatiques de mesures pluviométriques se situent aux alentours du site du Bagnas (relevés horaires) :

- La station des Onglous (source VIGITHAU, Sète agglomération Méditerranée et SMBT)
- La station de Marseillan Cœur de Ville (source VIGITHAU)

L'ADENA réalise également un suivi pluviométrique au Domaine du Grand Clavelet via un pluviomètre. Ce dernier est relevé quotidiennement lors d'épisodes pluvieux.

Les données pluviométriques utilisées pour l'exploitation du modèle sont celles du domaine des Onglous. Ce choix a été fait car il s'agit de la station la plus proche de l'emprise du modèle et que la précision horaire permet de mieux appréhender les productions de volume d'eau s'écoulant à la lagune via le bassin versant.

Toutefois, pour la modélisation des scénarios de gestion, le choix a été fait d'utiliser la station de Sète exploitée par MétéoFrance pour les années allant de 2002 à 2015.

3.1.1.2.4.2 Evaporation potentielle

Deux jeux de données sont disponibles.

En 2018, la modélisation avait été réalisée à partir des données achetées à Météo France entre 1998 et 2012, complétées par les moyennes mensuelles établies à partir de ces données pour les années suivantes.

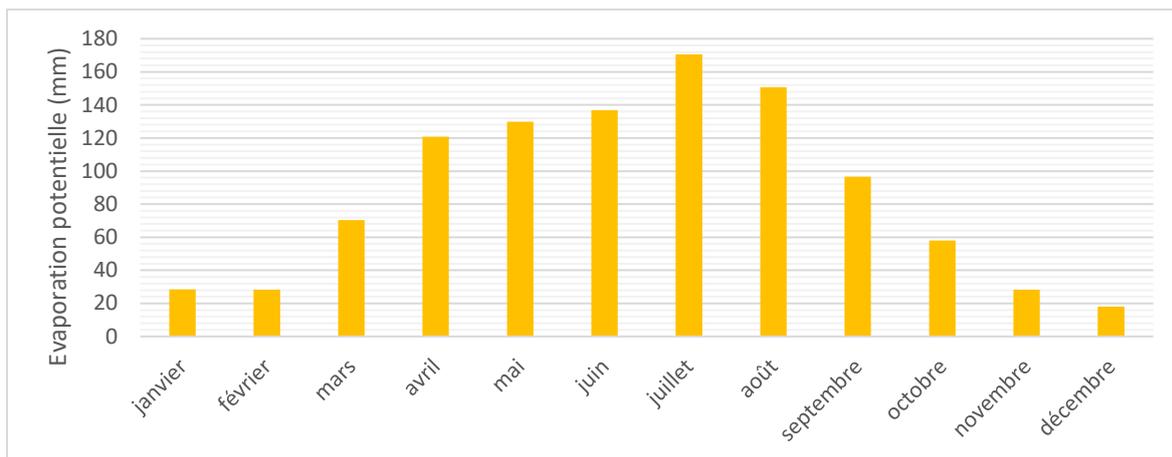


Figure 7 : Évaporation potentielle mensuelle à partir des données de Météofrance

L'ADENA réalise également un suivi de l'évaporation depuis 2018 via l'installation d'un bac d'eau en acier inoxydable de 1m sur 1m et profond de 50 cm. Le bac est rempli de 40 cm d'eau et équipé d'une règle permettant de mesurer hebdomadairement (ou bi-hebdomadairement en saison estivale) la quantité d'eau évaporée. Ce suivi couplé au suivi pluviométrique a permis d'extraire des données d'évaporation locale sur 2 années complètes.

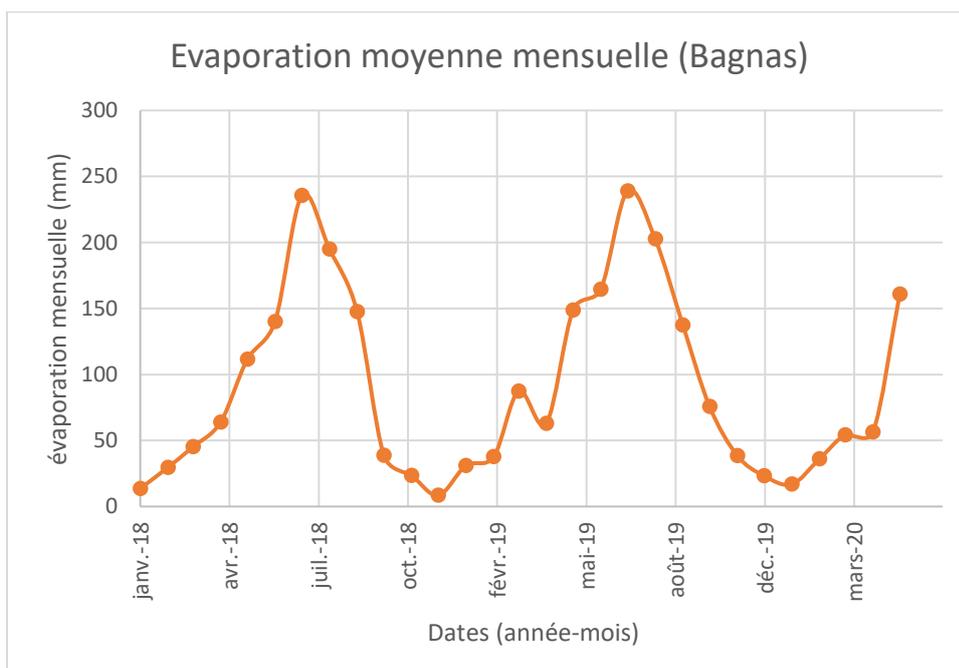


Figure 8 : Évaporation mensuelle moyenne à partir des données du bac évaporation

La comparaison de ces deux graphiques met en évidence la même saisonnalité, à savoir une évaporation importante d'avril à septembre avec un pic en juillet et une évaporation moindre entre octobre et mars. Les valeurs basses semblent similaires, en revanche le suivi de l'évaporation réalisé au domaine du Grand Clavelet révèle une évaporation estivale bien supérieure à celle des données de Météo France (240 mm contre 170 mm en moyenne en janvier). Cette différence estivale peut s'expliquer par un microclimat très venté et ensoleillé au Bagnas.

Les deux jeux de données ont été testés sur le modèle hydraulique sur l'année 2019. Cette comparaison a montré que le suivi d'évaporation réalisé au Bagnas permet de reproduire plus fidèlement la courbe de niveau d'eau du Grand Bagnas-GB5.

3.1.1.2.4.3 Limnigraphie du Canal du Midi amont et aval

La limnimétrie du Canal du Midi dans sa partie amont est suivie au niveau de l'écluse de Prades (embranchement entre l'Hérault et le Canal du Midi) par la DREAL Occitanie. Les données ont été téléchargées depuis la banque hydro de France (code station Y2372010). Un relevé limnimétrique a été réalisé en juillet 2022 par le SMBT, afin de lever des doutes sur l'exactitude des mesures au niveau de cette station. La possibilité d'une erreur dans les mesures écartée, les données de la banque hydro ont pu être exploitées. Par ailleurs, l'écluse de Prades se ferme lorsque le niveau de la ligne d'eau est supérieur à 2mNGF afin de protéger les installations du Canal du Midi de trop forts débits pouvant entraîner érosion et fragilisation des berges. Les données ont donc été écrêtées à 2m pour tenir compte de ce fonctionnement.

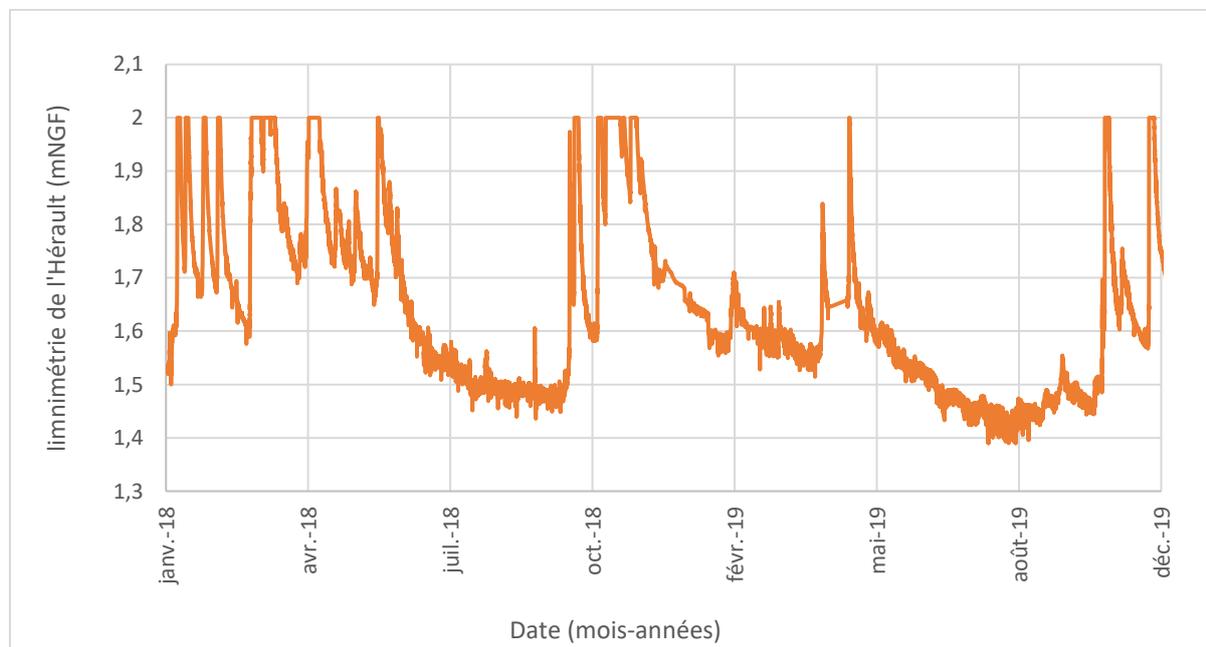


Figure 9 : Données limnimétriques de l'Hérault avec écrêtement à 2mNGF (2018-2019)

3.1.1.2.4.4 Suivi hydrologique réalisé par l'ADENA

Un suivi hydrologique est réalisé bimensuellement sur le Bagnas depuis 1997. Différents points ont été suivis au cours des années. Actuellement, 16 points sont suivis dont 10 en partie nord.

Ce suivi comprend le relevé du niveau d'eau (relatif ou en mNGF) et la mesure de différents paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, turbidité, oxygène...)

Les trois bassins principaux que sont le Grand Bagnas, GB8 et la Demi-Lune bénéficient d'un suivi, ainsi que les principaux canaux (Figure 10).

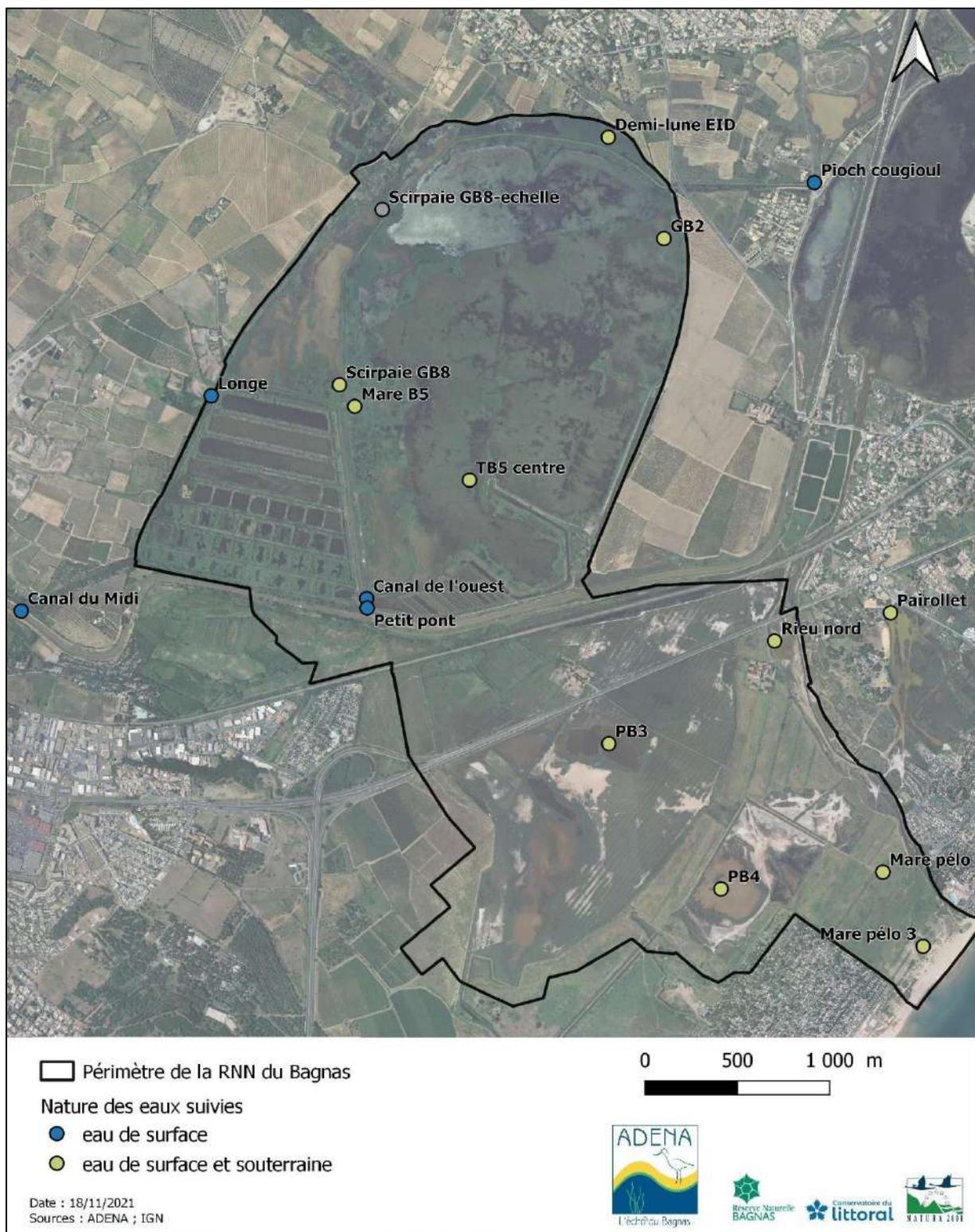


Figure 10: cartographie des points de suivi hydrologique du Bagnas

3.1.1.3 Paramètres contrôlables et optimisation

Différents paramètres du modèle numérique peuvent être contrôlés afin d'ajuster le modèle par temps sec ou par temps de pluie.

3.1.1.3.1 Paramètres ajustables par temps sec

Les différents paramètres ajustables par temps sec sont :

- le taux de fuite des réservoirs ;
- le facteur d'évaporation du système ;
- la rugosité de la prise d'eau et les pertes de charges singulières.

3.1.1.3.2 Paramètres ajustables par temps de pluie

Les différents paramètres ajustables par temps de pluie sont :

- le modèle hydrologique d'Horton ;
- le taux d'infiltration ;
- le taux d'imperméabilité ;
- le stockage de surface sur le bassin versant naturel.

3.1.2 Résultats

3.1.2.1 Ajustement et calage du modèle par temps sec

3.1.2.1.1 Ajustement des paramètres de conductivité et d'évaporation

Un premier travail a été réalisé sur les paramètres de conductivité et d'évaporation de l'étang du Grand Bagnas, appelé également Bagnas-nord ou GB5 dans l'étude. Ce travail a été mené sur l'année 2019, non étudiée lors de l'étude réalisée en 2018 par l'ADENA. L'objectif était de compléter les données de cette étude et de conforter le modèle hydrologique grâce à l'exploitation des données d'une année supplémentaire.

Différents tests de coefficients de conductivité et d'évaporation ont été réalisés afin de trouver le meilleur ajustement. Les données de hauteur d'eau de chaque simulation ont été comparées aux données du suivi hydrologique réalisé par l'ADENA grâce à une régression linéaire entre ces deux variables.

La configuration retenue pour l'étang du Grand Bagnas est la suivante :

- Coefficient de conductivité = 0.005
- Coefficient d'évaporation = 1.15

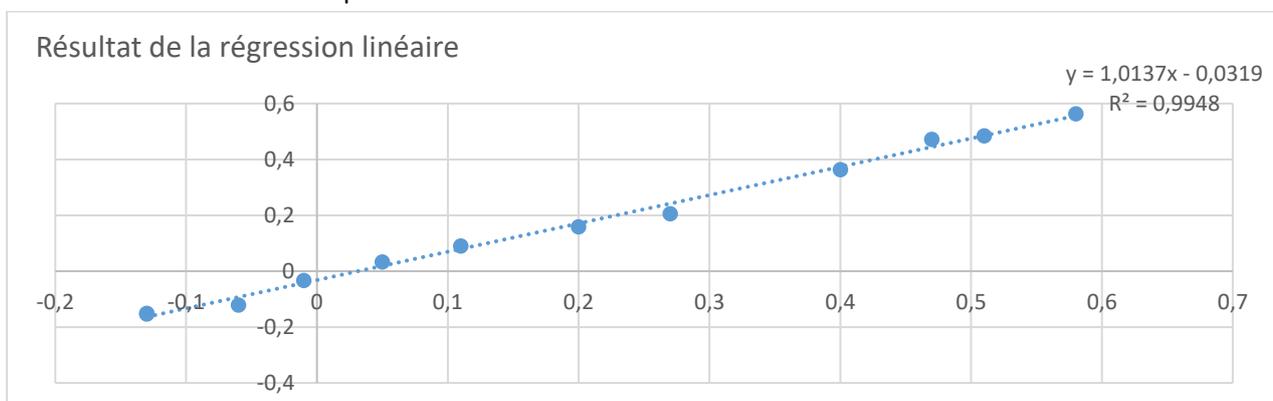


Figure 11 : Régression linéaire entre les données de hauteur d'eau de la modélisation et du suivi hydrologique sur l'année 2019 (coefficients : conductivité = 0.005, évaporation = 1.15)

3.1.2.1.2 Ajustement du fonctionnement de la Demi-Lune par temps sec

L'exploitation du modèle en 2018 avait mis en évidence un volume d'eau trop important dans la Demi-Lune par rapport aux résultats du suivi de l'ADENA.

Une première modification a consisté à valider la côte radier du bassin « Demi-Lune » par exploitation du LIDAR.

En amont de la Demi-Lune se situe une zone humide qui n'était pas intégrée dans le modèle de 2018. Ainsi, un bassin de rétention des eaux a été ajouté en aval du ruisseau de Bragues afin de simuler cette zone humide.

3.1.2.2 Ajustement et calage du modèle par temps de pluie : Ajustement du fonctionnement de la Demi-Lune

Après ajustement de la côte radier et des débits d'eau arrivant par le ruisseau de Bragues à la Demi-Lune, le modèle présentait encore un volume d'eau trop important en arrivée à la Demi-Lune notamment via la Longe lors des épisodes pluvieux.

La réalité de terrain suggérerait un point haut dans la Longe écrêtant les débits arrivant dans la Demi-Lune. Ainsi, le profil de la Longe a été modifié en 3 points au niveau des arrivées du bassin versant ouest (Figure 5), correspondant sur le modèle aux points J57, J650 et J668. Le niveau a été réhaussé de 0.74m ce qui permet une hauteur d'eau dans la Demi-Lune correspondant aux hauteurs d'eau mesurées lors du suivi hydrologique en cas d'épisode pluvieux.

3.1.2.3 Ajustement et calage des caractéristiques intrinsèques de la prise d'eau

Après ajustement des différents paramètres, il est apparu qu'une part trop importante d'eau arrivait par le canal de Pont Martin depuis la prise d'eau. Le coefficient de rugosité utilisé pour le canal était 0.017 ce qui correspond à «des canaux en terre droits et uniformes avec des berges en bon état » d'après la littérature. Or, le Canal de Pont Martin présente un cours d'eau droit, propre, avec des herbes et des pierres dans le lit ainsi que des berges végétalisées en bon état. Le coefficient de rugosité correspondant à ce type de canal est 0.033.

Le modèle a donc été exploité sur une année avec ce paramètre. Ceci a permis de mettre en avant que 0.033 est effectivement le paramètre de rugosité qui correspond le mieux à la réalité de terrain. C'est cette valeur qui a ensuite été utilisée dans le modèle.

3.2 Simulation des scénarios de gestion hydraulique

Quarante-quatre scénarios ont été simulés. La configuration de gestion avant et après les travaux d'effacement de la singularité de Pont Martin ont également été simulés afin d'avoir les situations de référence. Le tableau ci-dessous liste et décrit succinctement les 44 scénarios de gestion ainsi que les 2 configurations de référence qui ont été simulés.

Les résultats de ces simulations ont été analysés selon les critères d'évaluation et de hiérarchisation définis pour cette étude (cf. chapitres 1.4 et 4).

Tableau 6 : liste des scénarios de gestion hydraulique simulés

Scénario	Ouverture des martelières					Travaux	
	Prise d'eau	Petit pont	T	Bascule	DL-GB5	Effacement des seuils - PM	Effacement du seuil - PP
Référence	1	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Non	Non
Référence avec travaux	1	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 1.1	0,35	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 1.2	0,3	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.1	Fermée l'été/1	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.1 - 0.2	Fermée l'été/1	0	Ouvert du 15/03 au 01/10	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.1 - 0.3	0 l'été/0.25 de jan à mai/1	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.1 - 0.4	0 l'été/0.25 de jan à mai/1	0	Ouvert du 15/03 au 01/10	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.2	Fermée l'été/0.5	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Minimaliste 2.3	Fermée l'été/0.25	0	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Tout ouvert 1.1	1	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Tout ouvert 1.2	1	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 1.3	1	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.8 m NGF
Tout ouvert 2.1	0,5	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 2.2	0,25	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 2.3	0,1	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 3.1	0,25	0,5	0,5	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 3.2	0,25	0,25	0,25	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Tout ouvert 3.3	0,25	0,1	0,1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Mi ouvert 1	0,25	0	0,25	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Mi ouvert 2	0,25	0	0,1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Mi ouvert 3	0,25	0	0,05	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Mi ouvert 4.1	Fermée juillet-août/0.30	0	Ouvert juillet-août/0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Mi ouvert 4.2	Fermée juillet-août/0.30	0	Ouvert juillet-août à 10%/0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Mi ouvert 5	0.25/0.1 l'été	0	Ouvert août-septembre/0	M2A et M2B ouvertes/M2A fermée l'été	Fermées	Oui	Non
PE sauf été 1.1	Fermée l'été/1	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
PE sauf été 1.2	Fermée l'été/0.5	1	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
PE sauf été 2.1	Fermée l'été/0.5	0	1	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
PE sauf été 2.2	Fermée l'été/0.5	0	0,5	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
PE sauf été 2.3	Fermée l'été/0.5	0	0,25	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non

Scénario	Ouverture des martelières					Travaux	
	Prise d'eau	Petit pont	T	Bascule	DL-GB5	Effacement des seuils - PM	Effacement du seuil - PP
PE sauf été 3.1	Fermée l'été/0.5	0	Fermée l'été/0.5	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
PE sauf été 3.2	Fermée l'été/0.5	0	Fermée l'été/0.25	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Maîtrise 1.1	Fermée de mars à mi-octobre/1	Ouverte si mNGF<0.07	0	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	-0.5 m NGF
Maîtrise 1.2	Fermée de mars à mi-octobre/1	0	Ouverte si mNGF<0.07	M2A et M2B ouvertes	Fermées	Oui	Non
Maîtrise 2.1	Fermée l'été/1	0	Ouverte si mNGF<0.07	M2A fermée de mars à la mi-octobre	Fermées	Oui	Non
Maîtrise 2.2	Fermée l'été/1	0	Ouverte si mNGF<0.17	M2A fermée de mars à la mi-octobre	Fermées	Oui	Non
Maîtrise 2.3	Fermée l'été/1	Ouverte si mNGF<0.17	0	M2A fermée de mars à la mi-octobre	Fermées	Oui	Non
Demi-lune 1	Fermée l'été/1	0	0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 2	Fermée l'été/0.5	0	0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 3	Fermée l'été/0.25	0	0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 4	Fermée l'été/0.25	0	Ouverte si mNGF<0.17	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 5	Fermée l'été/0.25	Ouverte si mNGF<0.17	0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	-0.5 m NGF
Demi-lune 6.1	0,25	0	Ouvert l'été/0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 6.2	0,25	0	Ouvert juillet-août/0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Demi-lune 6.3	0,25	0	Ouvert août/0	M2A fermée, M2B ouverte	Ouvertes	Oui	Non
Pioch Cougioul 1.1	0.25/0.1 l'été	0	0	M2A et M2B ouvertes/M2A fermée l'été	Ouvert août-septembre/0	Oui	Non

4 Résultats et mise en œuvre

4.1 Scénarios de gestion retenus

Le scénario qui offre le meilleur compromis, est le scénario nommé Minimaliste 2.1-0.4 (Figure 12).

Ce scénario permet de sécuriser l'alimentation en eau douce du Grand Bagnas durant l'automne, voire jusqu'au début de l'hiver (remplissage du Grand Bagnas jusqu'à sa côte maximale avec une ouverture de la prise d'eau à 100% d'octobre à décembre, voire janvier en fonction de la vitesse de remplissage) et de réduire les flux de nutriments (azote et phosphore) en hiver et au printemps (ouverture à 50% ou moins de la prise d'eau de décembre/janvier à mai). Ce scénario permet également une meilleure circulation des eaux et une restauration de la connectivité écologique en ouvrant la martelière du T de mars à octobre. Dans ce scénario, aucun prélèvement d'eau n'est réalisé durant la saison sèche (juin-septembre), sauf en cas d'extrême nécessité. Dans ce cas, les prélèvements n'excéderont pas les volumes prélevés en été avant les travaux sur le canal de Pont Martin.

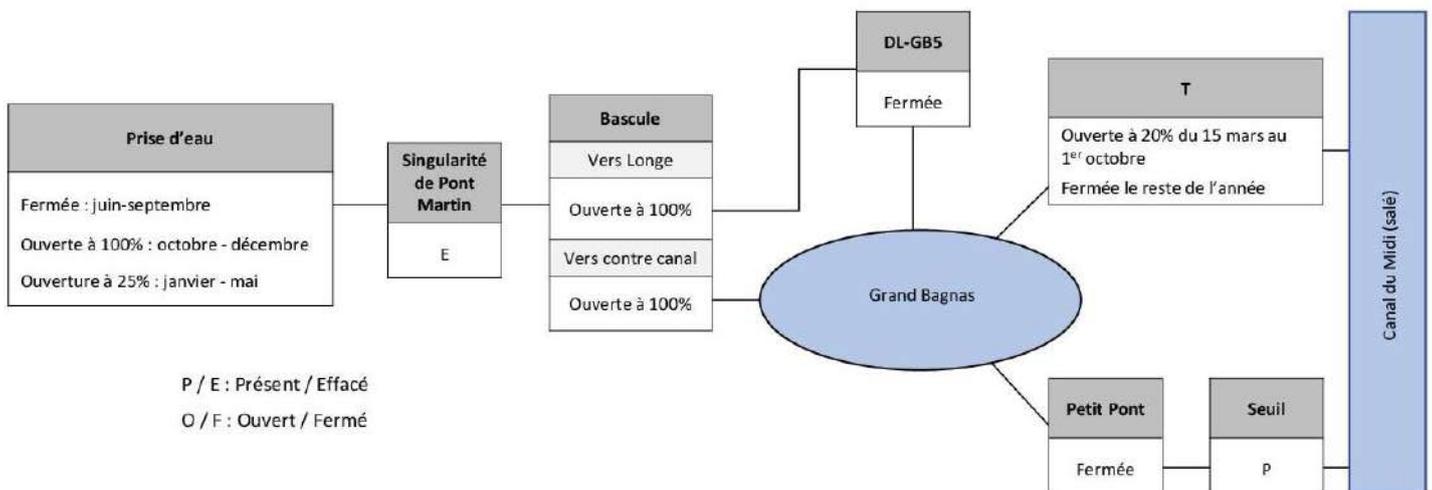


Figure 12 : schéma du scénario de gestion hydraulique retenu (Minimaliste 2.1-0.4)

Avant de mettre en œuvre ce scénario de gestion, il a été décidé, en concertation avec les différentes parties prenantes et sur la base des résultats de la présente étude, de mettre en œuvre un scénario de gestion intermédiaire (minimaliste 2.1, Figure 13) qui permet de répondre dans l'immédiat à l'exigence de limitation des prélèvements en eau en période estivale.

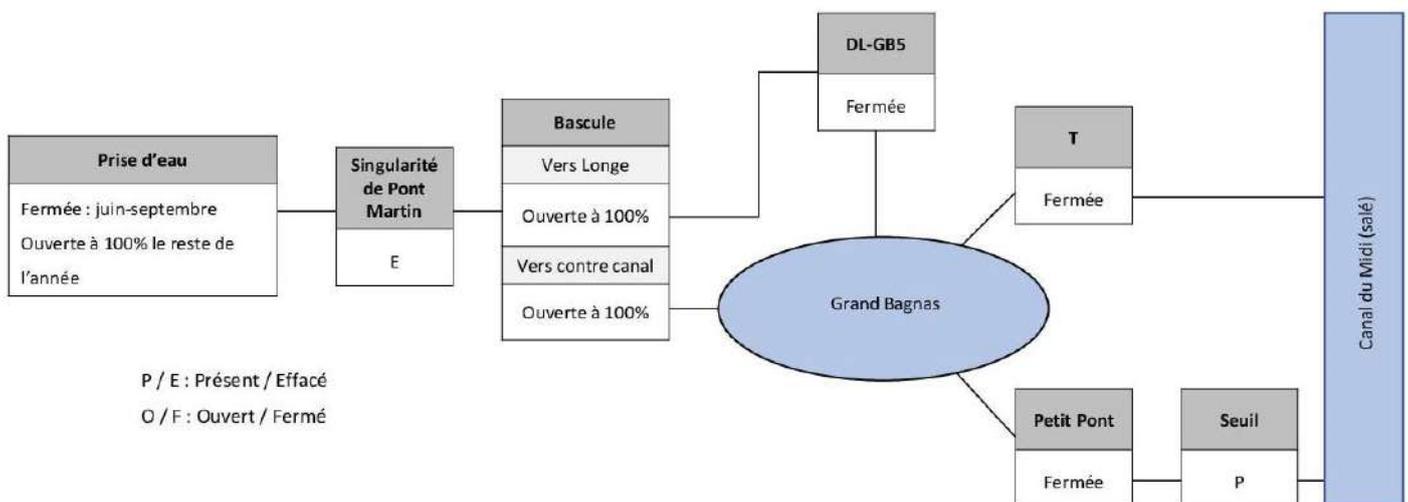
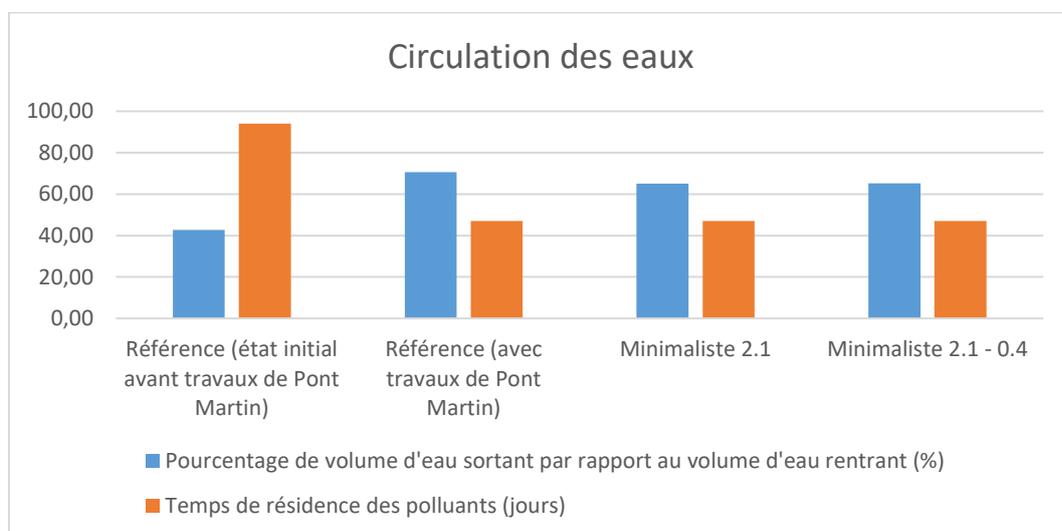
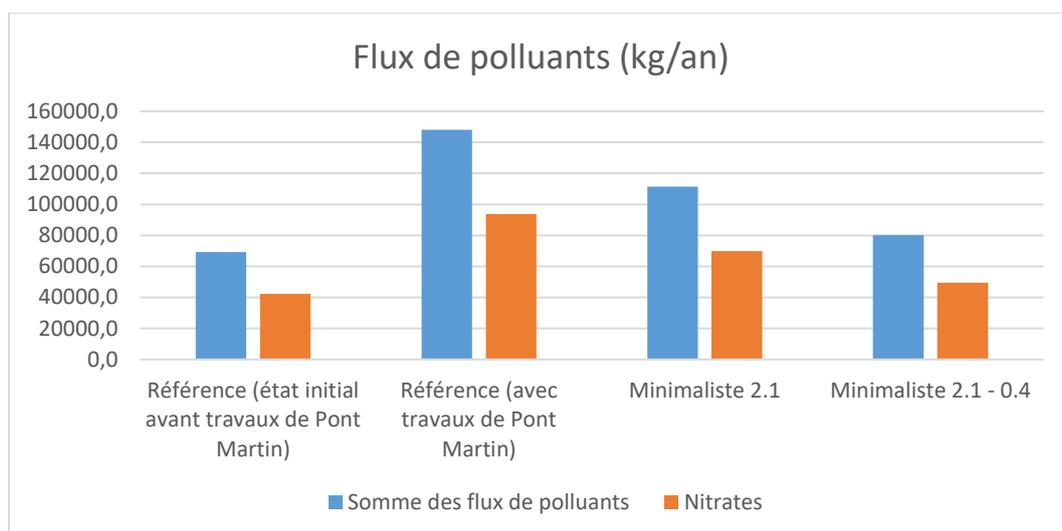
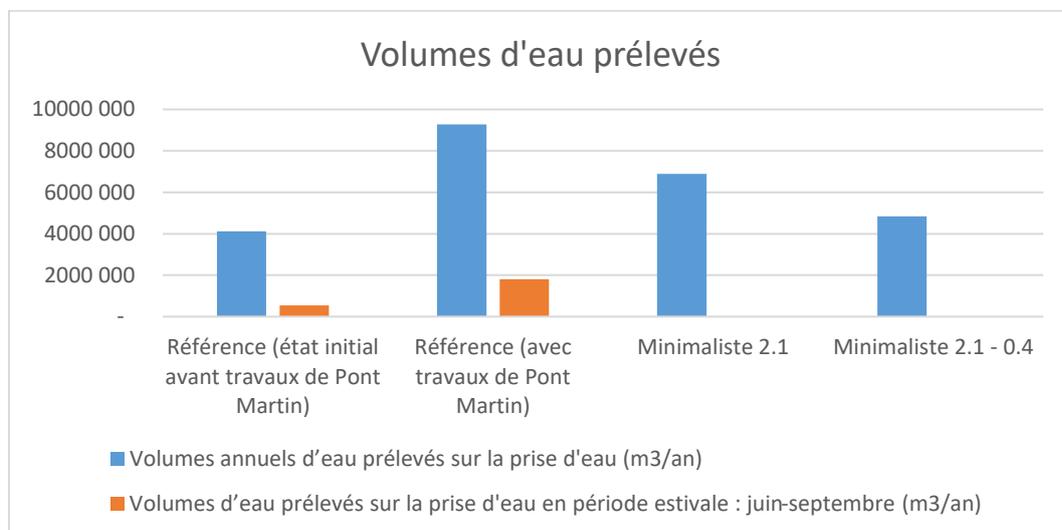
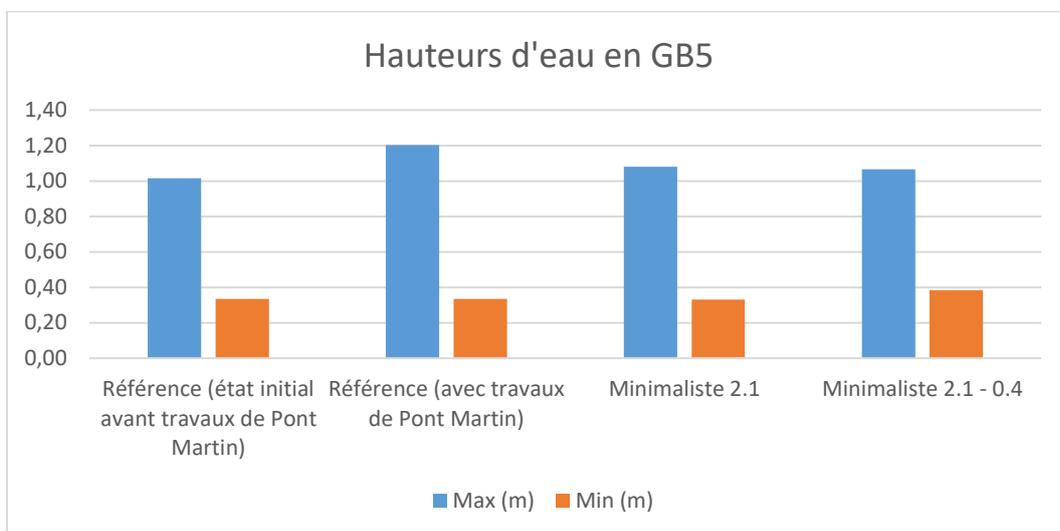
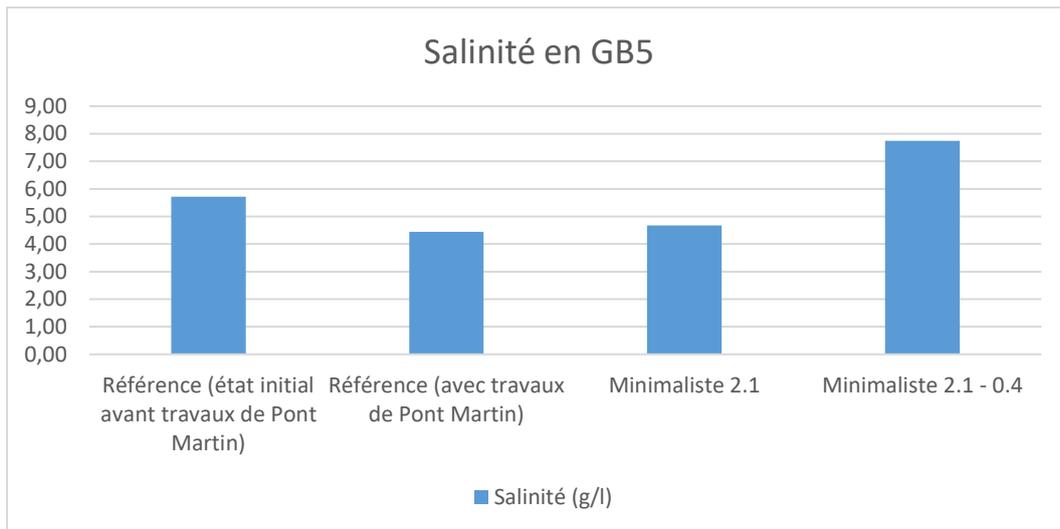


Figure 13 : schéma du scénario de gestion hydraulique provisoire (Minimaliste 2.1)

Cette nouvelle gestion, qui consiste à fermer la prise d'eau en période estivale, est rentrée en application dès l'été 2023.

Les résultats pour les principaux indicateurs sont présentés dans la série de graphiques ci-après.





4.2 Suivi

Le modèle utilisé pour réaliser les simulations hydrauliques présente des limites, comme tout modèle : calage du modèle sur une année de référence qui ne prend pas en compte la variabilité interannuelle et l'évolution des conditions climatiques, non prise en compte des échanges avec les eaux souterraines, etc. Ainsi, il y aura donc certainement des différences plus ou moins importantes entre les résultats simulés et les résultats observés sur le terrain.

Un protocole de suivi hydrologique sera donc mis en place avec pour objectif principal de contrôler les variables hydrologiques suite à la mise en œuvre du nouveau scénario de gestion afin d'adapter les règles de gestion au besoin.

Ce nouveau suivi hydrologique viendra en complément des suivis hydrologiques déjà en place sur le Bagnas : FILMED et DCE.

Le protocole de suivi hydrologique est décrit dans le Tableau 7.

En cas de problème (resalinisation trop importante, hauteurs d'eau non conformes, etc.), des mesures correctives seront mises en œuvre (ajustement des niveaux et des périodes d'ouverture et de fermeture des martelières). **A noter que la démarche engagée est totalement réversible et qu'il sera toujours possible de revenir au mode de gestion actuel en cas de problème persistant.**

Tableau 7 : protocole de suivi hydrologique

Protocole																												
Présentation générale																												
Le suivi portera sur les principaux paramètres hydrologiques : débits, niveaux d'eau et salinité. La salinité et les niveaux d'eau seront mesurés dans l'étang du Grand Bagnas à l'aide de sondes haute fréquence. Les débits seront suivis sur les deux points d'entrée et de sortie d'eau. Les débits seront calculés à partir des niveaux d'eau mesurés à haute fréquence et de lois de tarage qui auront été construites au préalable.																												
Moyens																												
Moyens humains : Suivi sous-traité		Moyens matériels : Suivi sous-traité : 4 sondes salinité, 3 sondes de niveau d'eau (il n'est pas nécessaire d'avoir une quatrième sonde pour la prise d'eau car le niveau d'eau est déjà suivi au niveau de la station de suivi de l'écluse de Prades (Agde-Y2372010))																										
Coûts prévisionnels : ~ 30 000 €		Financements potentiels : Agence de l'eau																										
Planification																												
Fréquence : Salinités : une mesure par heures (minimum) Niveaux d'eau : une mesure par heures (minimum) Débits : une mesure par heures (minimum)		Période de l'année : Toute l'année																										
Calendrier prévisionnel :																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Paramètres</th> <th rowspan="2">Année de référence</th> <th colspan="3">Mise en œuvre du nouveau mode de gestion</th> </tr> <tr> <th>2024</th> <th>2025</th> <th>2026</th> <th>2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Salinité</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Niveaux d'eau</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Débits</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>			Paramètres	Année de référence	Mise en œuvre du nouveau mode de gestion			2024	2025	2026	2027	Salinité	x	x	x	x	Niveaux d'eau	x	x	x	x	Débits	x	x	x	x
Paramètres	Année de référence	Mise en œuvre du nouveau mode de gestion																										
		2024	2025	2026	2027																							
Salinité	x	x	x	x																								
Niveaux d'eau	x	x	x	x																								
Débits	x	x	x	x																								
Localisation et plan d'échantillonnage																												
Le suivi de la salinité et des niveaux d'eau sera réalisé au niveau des points de suivi DCE : <ul style="list-style-type: none"> - salinité : BAN1, BAN4, BAN5 et BAN6 ; - niveaux d'eau : BAN1 et BAN5. Les débits seront suivis sur la prise d'eau et sur la martelière du T.																												

4.3 Calendrier

L'année 2024 constituera l'année de référence pour le protocole de suivi des effets du nouveau scénario de gestion hydraulique sur l'hydrologie du Bagnas, en particulier sur la salinité. En d'autres termes, les paramètres hydrologiques résultants de la mise en œuvre du scénario actuel (minimaliste 2.1 : fermeture de la prise d'eau de juin à septembre) seront considérés comme l'état de référence auquel seront comparés les résultats des suivis suite à l'application du nouveau scénario de gestion : Minimaliste 2.1 – 0.4.

Le nouveau scénario de gestion Minimaliste 2.1 – 0.4 sera mis en œuvre en 2025.

5 Bibliographie

ADENA, 2020a. Qualité des eaux du Bagnas – Etat actuel. 74p.

ADENA, 2020b. Profils de salinité du Canal du Midi. 3p.

ADENA, 2023c. Etude des scénarios de gestion hydrologiques - Caractérisation des exigences écologiques des habitats et des espèces – 25 p.

ADENA, 2019. Plan de gestion 2019-2029 - Réserve Naturelle Nationale du Bagnas - Site Natura 2000 Etang du Bagnas - Site du Conservatoire du Littoral - Zone humide du Bagnas

Agbanrin Y., 2018. Gestion hydraulique de la réserve naturelle du Bagnas. 82p.

Barbraud, C., Lepley, M., Mathevet, R. et Mauchamp, A., 2002, Reedbed selection and colony size of breeding Purple Herons *Ardea purpurea* in southern France. *Ibis*, 144, 227–235

Bensettiti F., Rameau J.-C. & Chevallier H. (coord.), 2001. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 339 p. et 423 p.

CEN-LR, 2006. Projet de réintroduction de la Cistude d'Europe *Emys orbicularis* (L.) en Languedoc-Roussillon. Dossier de soumission au Conseil National de Protection de la Nature. 97 p.

Cirujano, S.; Montes, Carlos; Martino, P.; Enríquez, S.; García Murillo, P. 1988. Contribución al estudio del género *Rzella* Mont.(Sphaerocarpaceae, Riellaceae) en España. *Limnetica* 4 : 41-50

Commission Locale de l'Eau du SAGE du bassin versant du Fleuve Hérault, 2018. Plan de Gestion de la Ressource en Eau. 122p.

Diraison, M., 2014. Caractérisation et gestion des roselières en faveur de l'avifaune, Rapport de stage, Université de Bretagne Occidentale, Brest, ADENA, 107 p.

Domenico Puntillo, Michele Puntillo, 2015. On the presence of *Riella notarissii* (Riellaceae) in the peninsular Italy. *Fl. Medit.* 24: 93-97

LPO, 2007. Le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*) - Plan national de restauration 2008-2012. Ministère de l'Ecologie du Développement durable, des Transports et du Logement, 110 p.

Grillas P., Hilaire S., Fontès H. & Bec B, 2018. Campagne de surveillance 2017 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo et mésohalines françaises pour la physico chimie, le phytoplancton et les macrophytes. Amélioration de l'indicateur macrophytes. Tour du Valat / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 79 pages.

Guénel, N., 2017. Les oiseaux d'eau observés au Bagnas entre 1990 et 2016 - Etat des connaissances, 262 p.

Mouronval J.-B. et Baudouin S., 2010 - Plantes aquatiques de Camargue et de Crau. - Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Paris : 120 p.

Mouronval J.B., Baudouin S., Borel N., Soulié-Märsche I., Kleszczewski M. & Grillas P. 2015. Guide des Characées de France méditerranéenne. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, 214 p.

Olivier Anthony, 2002. Ecologie, traits d'histoire de vie et conservation d'une population de Cistude d'Europe *Emys orbicularis* en Camargue. Mémoire EPHE, Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés de l'EPHE, 144p.

Papuga G., Andrieu F., 2018. Les macrophytes et les végétations aquatiques de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas-Inventaires, état de conservation et indicateurs de suivis des lagunes temporaires et permanentes, 128 p.

Réseau de Suivi Lagunaire, 2011. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. 148 p.

Sanchez A. et Grillas P., 2013. Mise au point d'un indicateur DCE compatible pour les lagunes oligo et mésohalines. Rapport final. Tour du Valat, CIRAD, ONEMA, MOI, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Ifremer. 81 p.

Sgro Léa, 2018. Mise en place d'une méthode d'évaluation de la potentialité d'accueil de l'habitats de roselière pour l'avifaune paludicole nicheuse. 76p.

Silvio, O., 2017. Description de l'évolution de la fréquentation de la réserve naturelle du Bagnas par les Anatidés hivernants - Focus sur l'influence de la gestion hydraulique. 42p.

Tamisier, A., & Dehorter, O., 1999. Camargue, canards et foulques: fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre ornithologique du Gard

Tyler-Walters H., 2002. *Stuckenia pectinata* community. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds). Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. 27 p.

Valentín A., Dies B., Peña C., Sebastián A., Ibars A.-M., Estrelles E., Prieto Mossi J., Puche F., 2007. Nuevas localidades de *Riella notarisi* (Sphaerocarpaceae) en la Comunidad Valenciana. Boletín de la Sociedad Española de Briología, ISSN 1132-8029, n°30-31, p39-42

Verhoeven J.T.A., 1975. *Ruppia*-communities in the camargue, France. Distribution and structure in relation to salinity and salinity fluctuations. Aquatic Botany, Volume 1, pages 217-241

Webb, E.B., Smith, L.M., Vritska, M.P., Lagrange, T.G., 2010. Effects of Local and Landscape Variables on Wetland Bird Habitat Use During Migration Through the Rainwater Basin. Journal of Wildlife Management, 74(1), pp.109–119.

Zhijun Ma, Yinting Cai, Bo Li, Jiakuan Chen, 2010. Managing wetland habitats for waterbirds: An international perspective. Wetlands, 30(1), pp.15–27.