

# NOTE TECHNIQUE

## Protocole d'acquisition des données




VF – 14/04/2021



HYDROFIS





	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
<p>Cotraitants</p>	<p>Pascal Fénart - Hydrofis Jeremy Cuvelier - O2 terre Hervé Gomila Écologie Conseil</p>

<p>Date de création du document</p>	<p>Décembre 2020</p>
<p>Contact</p>	<p>Ninon Sicard</p>

<p>Titre du document</p>	<p>Note technique – Protocole d’acquisition des données</p>
<p>Référence du document :</p>	<p>A00772</p>
<p>Indice :</p>	<p>VF</p>

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
8/02/2021	V1	1 <sup>ère</sup> émission.	Ninon SICARD Thomas LEGAY Jérémy CUVELIER Pascal FENART Hervé GOMILA	Sébastien CHAZOT
14/04/2021	VF	2 <sup>ème</sup> émission suite aux compléments apportés par le SYMCRAU (contacts notamment)	Ninon SICARD Thomas LEGAY	Sébastien CHAZOT





# NOTE TECHNIQUE

## Protocole d'acquisition des données

<b>PRÉAMBULE</b> .....	<b>1</b>
<b>1 DETERMINATION DES EXIGENCES HYDRO-ECOLOGIQUES DES HABITATS NATURELS HYGROPHILES</b> .....	<b>3</b>
<b>2 PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES</b> .....	<b>5</b>
2.1 PRINCIPES SOUS-TENDANT LA CONCEPTION DU PROTOCOLE ET VISION D'ENSEMBLE DES PARAMETRES MESURES .....	5
2.2 GENERALITES ET CONDITIONS COMMUNES A L'ENSEMBLE DES ACTIVITES DE COLLECTE DES DONNEES .....	7
2.2.1 Conditions d'accès aux sites .....	7
2.2.2 Conditions de sécurité.....	12
2.2.3 Mise en œuvre du suivi durant la période d'acquisition des données.....	13
2.2.4 Conditions de stockage et de diffusion des données collectées .....	13
2.3 PLANNING .....	13
2.4 CONDITIONS SPECIFIQUES DE COLLECTE DES DONNEES PAR COMPARTIMENT / TERME DU BILAN .....	14
2.4.1 Installation de sondes de mesure du niveau d'eau en continu .....	14
2.4.1.1 Sondes dans les canaux .....	14
2.4.1.2 Sondes dans les habitats .....	19
2.4.1.3 Sondes pour le suivi de la nappe .....	24
2.4.2 Campagnes de jaugeages .....	28
2.4.2.1 Généralités concernant la réalisation des jaugeages .....	28
2.4.2.2 Sites envisagés pour la réalisation de mesure de débit .....	30
2.4.3 Mesures de paramètres de qualité in situ .....	41
2.4.4 Sondages pédologiques .....	46
2.4.4.1 Généralités concernant la réalisation des sondages pédologiques.....	46
2.4.4.2 Sites envisagés pour la réalisation des sondages pédologiques .....	46
2.4.5 Relevés de végétation .....	52
2.5 SYNTHESE DU PROTOCOLE PAR SITE D'ETUDE.....	52
2.5.1 Marais de l'Illon.....	53
2.5.2 Marais des costières de Crau .....	55
2.5.3 Marais de Baussenq .....	57
2.5.4 Marais de Raphèle (Chanoines et Meyranne) .....	59
2.5.5 Marais du Grand Brahis.....	61
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>65</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : périmètre de l'étude Osmose 2 .....	1
Figure 2-1 : Compartiments et termes du bilan en eau objets du protocole de mesure.....	6
Figure 2-2 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de Meyranne et des Chanoines .....	8
Figure 2-3 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais des Costières de Crau .....	9
Figure 2-4 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de Baussenq .....	10
Figure 2-5 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des phases de terrain selon les sites d'interventions – marais du Grand Brahis .....	11
Figure 2-6 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de l'Illon.....	12
Figure 2-7 : Planning de l'étude Osmose 2.....	14
Figure 2-8 : Carte IGN des marais de l'Illon et localisation des sites envisagés pour l'installation de sondes sur les canaux .....	15
Figure 2-9 : Carte IGN et localisation des sites pour l'installation de sondes canaux .....	16
Figure 2-10 : Carte IGN du marais des Costières de Crau. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux.....	17
Figure 2-11 : Carte IGN du marais du Grand Brahis. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux. ....	18
Figure 2-12 : Carte IGN du marais de Baussenq. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux. ....	19
Figure 2-13 : Carte IGN du marais de l'Illon. Sites envisagés pour l'installation de sondes de pression enregistreuses pour le suivi des habitats .....	20
Figure 2-14 : Carte IGN des marais de Meyranne et des Chanoines. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats. ....	21
Figure 2-15 : Carte IGN du marais des Costières de Crau. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats.....	22
Figure 2-16 : Carte IGN du marais du Grand Brahis. Localisation du site proposé pour l'installation d'une sonde de suivi du niveau d'eau dans les habitats.....	23
Figure 2-17 : Carte IGN du marais de Baussenq. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats.....	24
Figure 2-18 : Réseau de suivi piézométrique de la nappe des cailloutis de Crau. ....	25
Figure 2-19 : Exemple de traitement statistique des piézomètres qui « encadrent » la zone humide de Brahis. ....	26
Figure 2-20 : Localisation du piézomètre dans le marais du Grand Brahis .....	27
Figure 2-21 : Localisation du piézomètre et du puit dans le marais de Baussenq .....	28
Figure 2-22 : Principaux facteurs influençant le débit des canaux au cours de l'année.....	29
Figure 2-23 : Localisations des sites pour l'installation de sondes et la réalisation de mesures de débit .....	33
Figure 2-24 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeage et l'installation de sondes dans la partie nord du marais des Costières de Crau.....	35
Figure 2-25 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sonde dans le marais du Tonkin .....	35
Figure 2-26 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes dans le marais de Baussenq .....	37
Figure 2-27 : Localisation des sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes .....	39
Figure 2-28 : Sites identifiés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes dans le marais de l'Illon .	41
Figure 2-29 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de Meyranne et des Chanoines .....	42
Figure 2-30 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais des Costières de Crau .....	43
Figure 2-31 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de Baussenq .....	44
Figure 2-32 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais du Grand Brahis.....	45

Figure 2-33 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de l'Ilon.....	45
Figure 2-34 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais de l'Ilon .....	48
Figure 2-35 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais des Costières de Crau .....	49
Figure 2-36 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais de Baussenq.....	50
Figure 2-37 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans les marais de Raphèle .....	51
Figure 2-38 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais du Grand Brahis .....	52
Figure 2-39 : Schéma de la géologie du marais de l'Ilon selon une orientation nord-sud.....	54
Figure 2-40 : Localisation de l'ensemble des mesures effectuées sur le marais de l'Ilon .....	55
Figure 2-41 : Schéma de la géologie du marais des Costières de Crau, selon une coupe nord-est sud-ouest.....	56
Figure 2-42 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais des Costières de Crau .....	57
Figure 2-43 : Schéma de la géologie du marais de Baussenq selon une coupe nord-ouest sud-est .....	58
Figure 2-44 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais de Baussenq.....	59
Figure 2-45 : Schéma de la géologie du marais des Meyranne et des Chanoines selon une coupe nord sud.....	60
Figure 2-46 : Localisation de l'ensemble des mesures sur les marais de Raphèle .....	61
Figure 2-47 : Schéma de la géologie du marais du Grand Brahis selon une coupe nord sud .....	62
Figure 2-48 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais du Grand Brahis .....	63

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Typologie de groupements de végétaux selon les typologies de ressource en eau .....	3
Tableau 1-2 : Exigences hydro-écologiques et espèces indicatrices selon le type d'habitat .....	4
Tableau 2-1 : paramètres mesurés et instrumentation associée .....	6
Tableau 2-2 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais des Chanoines et de Meyranne .....	32
Tableau 2-3 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais des Costières de Crau .....	34
Tableau 2-4 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages ouet l'installation de sondes .....	37
Tableau 2-5 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sonde au niveau du marais du Grand Brahis.....	38
Tableau 2-6 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais de l'Ilon ..	40



# PREAMBULE

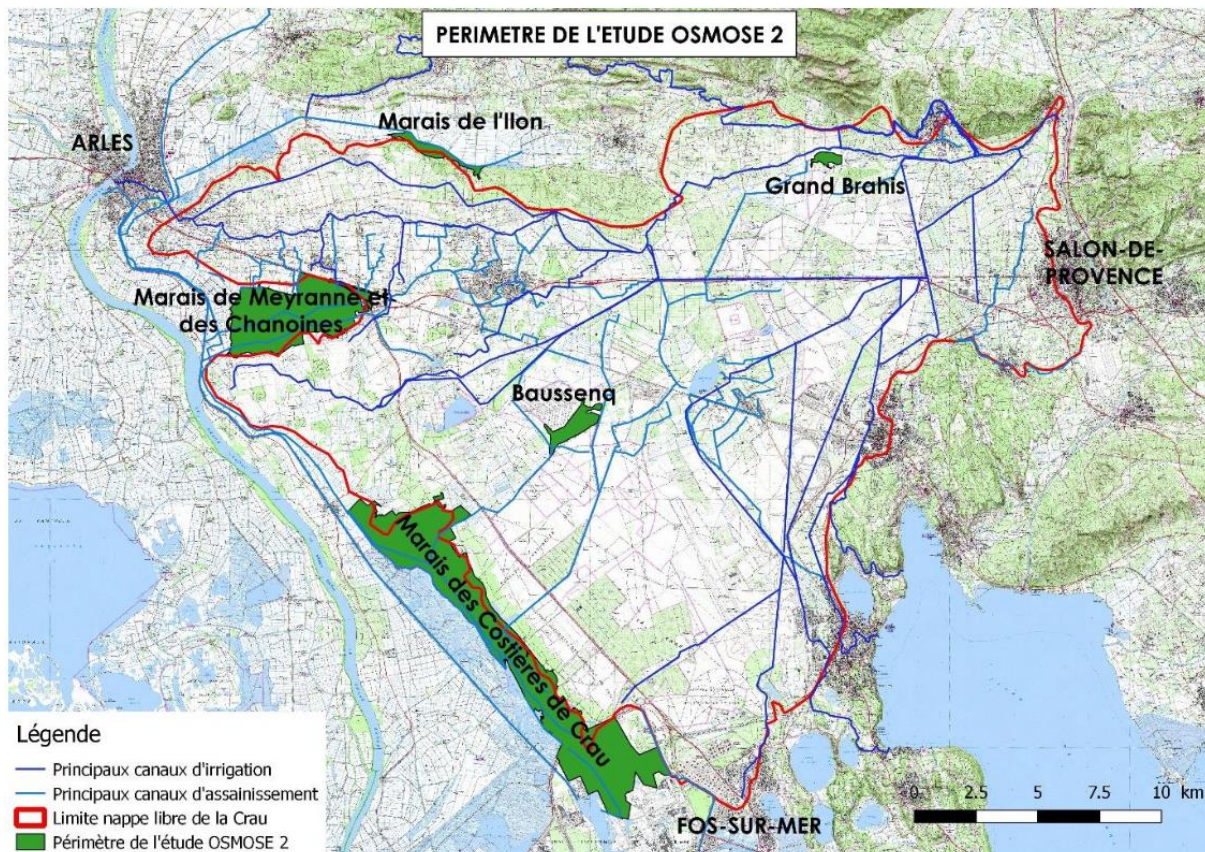
La plaine de la Crau est délimitée au nord par le massif des Alpilles, à l'ouest par la ville d'Arles et le Rhône, à l'est par Salon-de-Provence et l'étang de Berre et enfin au sud par la mer méditerranéenne.

Elle présente un système d'alimentation en eau qui lui est caractéristique. De nombreux canaux d'irrigation transportent l'eau de la Durance à travers la plaine du mois de mars au mois de septembre/octobre. Cette eau est utilisée pour l'irrigation du foin de Crau et contribue à la recharge de la nappe de la Crau.

Au-delà des activités économiques dépendantes de l'alimentation en eau, la plaine de la Crau héberge un grand nombre de zones humides abritant espèces et habitats d'intérêt patrimonial. Ceci confère au site une responsabilité en matière de conservation de la biodiversité. Ces zones humides sont alimentées par l'eau de la Durance, via les eaux superficielles issues de l'irrigation et du drainage et les eaux souterraines de la nappe de la Crau, dans des proportions inconnues.

La plaine de la Crau recouvre une superficie de 54 km<sup>2</sup>. En tenant compte des zones humides qu'il alimente, ce territoire recouvre 57 km<sup>2</sup>. Ces zones humides recouvrent environ 5 400 ha, soit 9% de ce territoire.

Figure 1-1 : périmètre de l'étude Osmose 2



Source : SYMCRAU (CCTP de l'étude)

Dans ce cadre, le Syndicat Mixte de gestion de la nappe phréatique de la CRAU (maître d'ouvrage), ainsi que le Parc Naturel Régional des Alpilles, le Grand Port Maritime de Marseille-Fos et le Conservatoire du Littoral (co-maîtres d'ouvrages) lancent une étude de détermination du besoin d'alimentation en eau des zones humides de la Crau (projet OSMOSE 2).





L'étude se concentre sur 5 zones humides : les marais de Meyranne et des Chanoines, le marais de l'Illon, le marais de Baussenq, le marais du Grand Brahis et enfin, le marais des Costières de Crau. Leur superficie cumulée représente 4 200 ha (7% de la plaine élargie). Ce projet s'inscrit dans la continuité du projet OSMOSE 1, focalisé sur la collecte de données relatives au fonctionnement de ces zones humides.

OSMOSE 2 vise à déterminer l'impact d'un changement des conditions d'alimentation en eau des canaux sur les zones humides et leurs habitats. Plus spécifiquement, les objectifs de l'étude OSMOSE 2 peuvent être résumés comme suit :

- Appréhender le niveau d'eau général et sa variation intra (et inter, dans la mesure du possible) annuelle à l'intérieur de la zone humide ;
- Estimer la contribution des différents termes du Bilan (pluie, évapotranspiration potentielle, apports et drainage d'eau de surface par les canaux et apports de la nappe, ...) à l'alimentation de la zone humide et aux variations de niveaux observées ;
- Comprendre la répartition des habitats par rapport aux niveaux d'eau, à l'origine de l'eau et aux sols ;
- Modéliser (simplement) des niveaux d'eau hypothétiques en fonction de différents scénarios d'alimentation ;
- Estimer les impacts sur les habitats de ces niveaux d'eau ;
- Déterminer des niveaux piézométriques et débits des canaux garantissant la préservation de ces milieux
- Concevoir un suivi hydrologique de surveillance des ZH

L'étude OSMOSE 2 s'articule selon 2 grandes phases :

- Une phase d'acquisition de données de terrain : cette phase a pour objectif de définir un protocole pour l'acquisition des données nécessaires à la réalisation des objectifs. Puis, cette phase vise à réaliser la collecte desdites données.
- Une phase de diagnostic (mettant à profit les données collectées), prospective et définition de niveaux objectifs et de système de surveillance.

La présente note technique s'inscrit dans le cadre de la première phase. Elle a pour objectif de définir et d'argumenter le protocole de collecte des données de terrain.



# 1 DETERMINATION DES EXIGENCES HYDRO-ÉCOLOGIQUES DES HABITATS NATURELS HYGROPHILES

La diversité des zones humides de Crau est en grande partie déterminée par la diversité de la ressource en eau : disponibilité permanente ou saisonnière d'eaux douces froides oligotrophes provenant des nappes, disponibilité permanente ou saisonnière d'eaux douces de surface turbides et à grande amplitude thermique, disponibilité temporaire d'eaux douces ou saumâtres...

A une typologie de la ressource en eau répond une typologie de groupements végétaux.

Tableau 1-1 : Typologie de groupements de végétaux selon les typologies de ressource en eau

	Eaux douces de surface	Eaux douces de nappe	Eaux saumâtres
Ecoulements	Étang, canaux	Laurons	Roubines
Ressource permanente	Roselières, cariçaies	Marais à marisque (Cladaies)	Sansouires, Prés salés
Ressource saisonnière ou profonde	Prairies irriguées	Prairies humides, Ripisylves	
Ressource temporaire	Mares temporaires		Mares temporaires

On peut distinguer :

- des marais alimentés par des eaux souterraines froides toute l'année et peu turbides. Ils caractérisent principalement les secteurs où la nappe émerge ;
- des étangs et canaux alimentés par des eaux de surface, plus chaudes et turbides, provenant du ruissellement des précipitations ou des apports de l'irrigation ;
- des mares temporaires, alimentées par des apports éphémères, puis disparaissent durant la sécheresse estivale ;
- des prairies humides pâturées, en bordure des marais ou des étangs ;
- des forêts alluviales dont la physionomie et la composition floristique est identique à celle des ripisylves qui accompagnent les fleuves et cours d'eau méditerranéens.

Chaque type d'habitat est caractérisé par des cortèges floristiques particuliers comme illustré par le tableau suivant.



Tableau 1-2 : Exigences hydro-écologiques et espèces indicatrices selon le type d'habitat

Exigences hydro-écologiques	Habitats	Exemples d'espèces indicatrices
Emergence d'eaux de nappe permanentes, oligotrophes, froides et riches en oxygène.	Résurgences (laurons)	Nymphaea alba, Potamogeton coloratus
Ecoulements d'eaux froides, oligotrophes, peu turbides, riches en oxygène. Assecs limités.	Cladaïes à Marisque	Cladium mariscus, Thelypteris palustris, Gratiola officinalis, Euphorbia palustris, Epipacis palustris. Présence de « reliques glaciaires »
Proximité des résurgences de nappe (transition avec cladaïes).	Prairies humides	Anacamptis palustris, Anacamptis laxiflora, Senecio doria, Molinia coerulea, Ophioglossum vulgatum, Sanguisorba officinalis, Succisa pratensis
Précipitation, battance de niveaux d'eau de surface, de nappe, voire saumâtres.	Mares temporaires méditerranéennes	Ranunculus ophioglossifolius, Kickxia commutata, Lysimachia tenella, Solenopsis laurentia, Crypsis shoenoïdes, Crypsis aculeata, Cyperus fuscus, Lythrum thymifolia
Alimentation par les eaux de surface. Assecs limités. Peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau.	Roselières (tous types : phragmitaies, typhaies, scirpaies et cariçaies)	Phragmites australis, Typha latifolia, Typha domingensis, Iris pseudacorus, Stachys palustris, Schoenoplectus tabernaemontani, Carex pseudocyperus, Carex elata
Etangs, canaux. Peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau.	Eaux stagnantes ou faiblement courantes	Nuphar lutea, Vallisneria palustris,
Battance de la nappe dans les zones salées / Saumâtres	Sansouïres / Près salés	Juncus maritimus, Bolboschoenus maritimus, Iris reichenbachiana
Apports d'eaux de surface par irrigation. Peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau	Prairies de fauche	Arrhenatherum elatius
Niveau d'eau par rapport au terrain naturel (TN – 1m). Peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau	Forêts alluviales	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Rubus caesius, Iris foetidissima

Grâce à cette réponse précise de la végétation aux facteurs hydriques, la composition floristique d'un groupement peut être considérée comme un descripteur pertinent pour caractériser la ressource (caractéristiques hydriques et disponibilité). La variation des assemblages floristiques permet de caractériser les gradients écologiques déterminés par la ressource en eau et, ainsi, de prédire les trajectoires probables d'évolutions des milieux en cas de modifications des conditions d'alimentation du système.





## 2 PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES

Cette section présente le protocole d'acquisition des données défini sur la base :

- D'un travail bibliographique ;
- D'une synthèse succincte des données issues du projet OSMOSE 1 ;
- D'une visite de terrain réalisée les 24 et 25 novembre 2020 ;
- Des échanges avec le SYMCRAU, les gestionnaires, et plus largement les membres du Cotech, notamment dans le cadre de la réunion de démarrage du 11 janvier 2020.

Les sections suivantes présentent respectivement :

- Les principes sous-tendant la conception du protocole et la vision d'ensemble des paramètres mesurés ;
- Les généralités et conditions communes à l'ensemble des activités de collecte des données ;
- Le planning envisagé pour la collecte des données ;
- Les conditions spécifiques de collecte par compartiment ;
- La synthèse des activités de collecte pour chaque marais.

### 2.1 PRINCIPES SOUS-TENDANT LA CONCEPTION DU PROTOCOLE ET VISION D'ENSEMBLE DES PARAMETRES MESURES

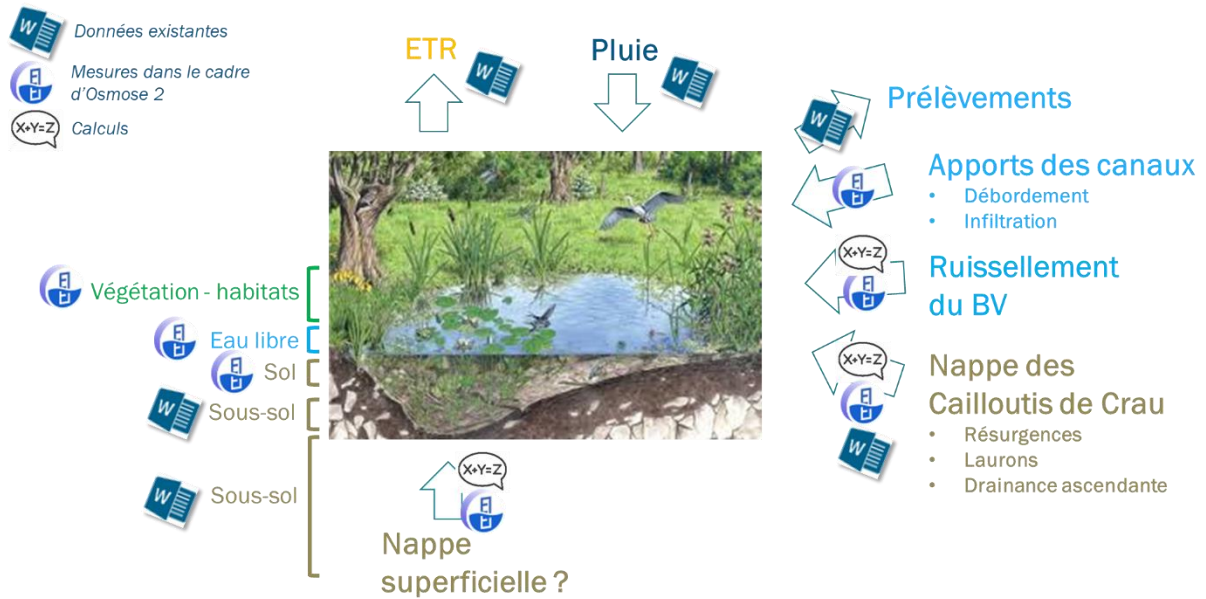
L'acquisition de données in situ prévue dans le projet OSMOSE 2 concerne les compartiments et termes du bilan en eau suivants :

- Les écoulements de surface entrants, sortants et circulants dans les marais ;
- Les niveaux d'eau dans les marais ;
- La qualité de l'eau ;
- Le sol ;
- La végétation ;
- Et de manière ponctuelle, les niveaux d'eau dans la nappe (création de piézomètres) ;

Les autres termes du bilan seront appréciés à l'aide du réseau de mesure existant ou déduits.



Figure 2-1 : Compartiments et termes du bilan en eau objets du protocole de mesure



Source : BRLi

Les paramètres mesurés et l'instrumentation associée sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2-1 : paramètres mesurés et instrumentation associée

COMPARTIMENT	INSTRUMENTATION / METHODE	PARAMETRES MESURES	FREQUENCE	NOMBRE DE POINTS DE MESURES PROPOSES
Végétation	Relevé phytosociologique simple	Associations végétales	1 fois dans l'année	140
Eau libre dans canal	Jaugeage (flowmate / ADCP)	Hauteur d'eau, débit, conductivité, T°C, pH, transparence (disque Secchi)	1 mesure par campagne de jaugeage - 4 campagnes	34
Eau libre dans canal	Sonde de niveau d'eau (systématiquement associée à un jaugeage)	Hauteur d'eau	Mesure en continu (acquisition horaire)	45
Eau libre dans zone humide (quanti)	Sonde de niveau d'eau	Hauteur d'eau	Mesure en continu (acquisition horaire)	
Eau libre dans zone humide (quali)	Sonde multiparamètres	Conductivité, T°C, pH, transparence (disque Secchi)	1 mesure par campagne de jaugeage - 4 campagnes	55 points de mesure qualité (eau libre dans zones humides et dans canaux)



COMPARTIMENT	INSTRUMENTATION / METHODE	PARAMETRES MESURES	FREQUENCE	NOMBRE DE POINTS DE MESURES PROPOSES
Sol	Sondage à la tarière manuelle	Profondeur (refus), classe et type de sol, texture des horizons, profondeur et type d'hydromorphie, profondeur nappe, habitat, végétation dominante,	1 fois dans l'année	120
Nappe profonde des cailloutis de Crau	Piézomètres	Niveau d'eau	Mesure en continu (acquisition horaire)	Réseaux de suivi en place (SYMCRAU, BRGM, INRA,...)
Nappes superficielles	Piézomètres	Niveau d'eau	Mesure en continu (acquisition horaire)	2

## 2.2 GENERALITES ET CONDITIONS COMMUNES A L'ENSEMBLE DES ACTIVITES DE COLLECTE DES DONNEES

### 2.2.1 Conditions d'accès aux sites

Nous présentons ci-après les entités et personnes qui seront tenus informées de nos interventions sur les marais. Nous détaillons également les règles à mettre en œuvre et qui nous ont été dictées par les acteurs que nous avons rencontrés.

Quel que soit le site et la nature de l'activité, le SYMCRAU sera tenu informé de l'organisation et de la réalisation des visites de terrain au plus tard, une semaine avant leur réalisation.

#### MARAIS DES CHANOINES ET DE MEYRANNE

Afin d'accéder aux marais des Chanoines et de Meyranne, nous préviendrons M. MASSEZ. M. MASSEZ fait partie de l'association « Les amis du Vigueirat », gestionnaire d'une partie des marais pour le compte du Conservatoire du Littoral (CdL). M. Massez sera prévenu au plus tard une semaine avant notre intervention.

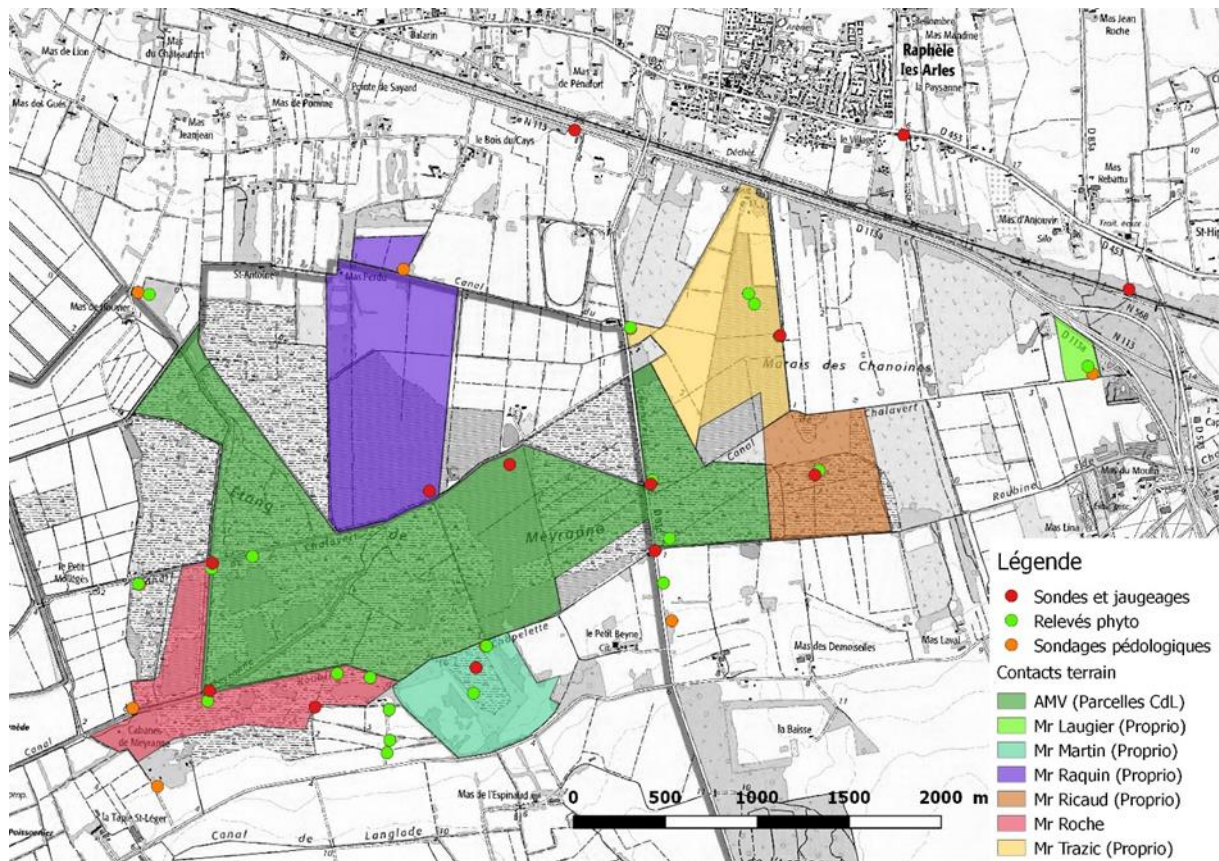
L'ASCO de dessèchement des Marais d'Arles sera également prévenu des jaugeages effectués dans les canaux des marais de Raphèle dont ils ont la gestion de l'entretien.

Le marais de Meyranne et des Chanoines comprend des parcelles faisant parti du domaine privé et sur lesquelles des éleveurs font pâturer des taureaux. Les éleveurs et propriétaires seront prévenus des différentes interventions de terrain par le SYMCRAU.

La figure suivante présente les parcelles sur lesquelles des interventions auront lieu dans le marais de Meyranne et des Chanoines. Le gestionnaire ou propriétaire de chaque parcelle est indiqué dans la légende.



Figure 2-2 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de Meyranne et des Chanoines



8

## MARAIS DES COSTIÈRES DE CRAU

Pour accéder au marais du Tonkin, nous informerons les gestionnaires de l'espace naturel du Grand Port Maritime de Marseille-Fos (GPMM) de nos interventions. A la demande des gestionnaires, il sera préalablement transmis les numéros de plaque d'immatriculation des véhicules et le numéro de téléphone des intervenants.

Conformément à la demande des gestionnaires, les intervenants feront attention à toujours refermer les barrières lors de leur passage. Enfin, nous éviterons autant que possible les interventions les mercredis, samedis et dimanches pendant la saison de chasse.

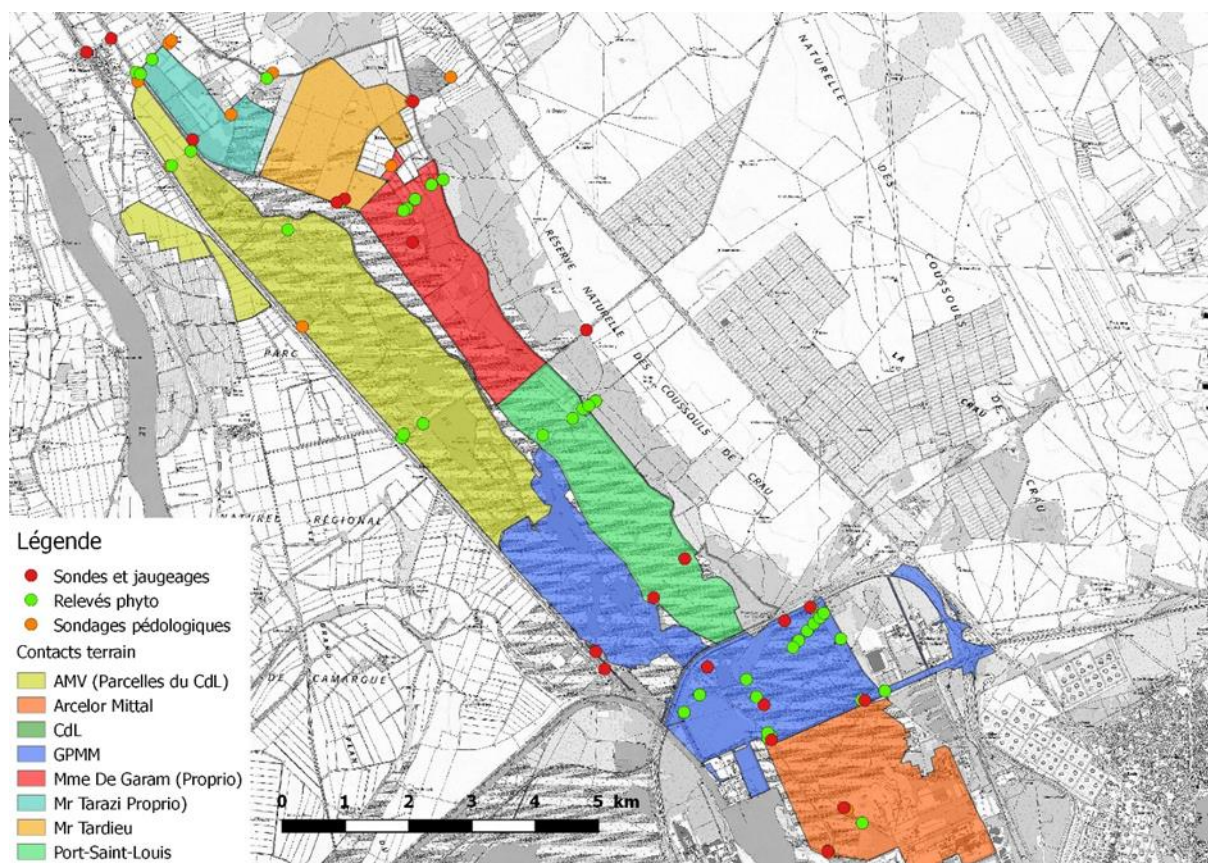
Le marais des Costières de Crau comprend des parcelles faisant parti du domaine privé et sur lesquelles des éleveurs font pâturer des taureaux. Les éleveurs et propriétaires seront prévenus des différentes interventions de terrain par le SYMCRAU.

La figure suivante présente les parcelles sur lesquelles des interventions auront lieu dans le marais des Costières de Crau. Le gestionnaire ou propriétaire de chaque parcelle est indiqué dans la légende.





Figure 2-3 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais des Costières de Crau



### MARAIS DE BAUSSENQ

Le marais de Bausseq fait partie d'un terrain militaire dont la gestion est confiée à la société Eurengo.

Eurengo sera tenue informée au plus tard une semaine avant nos interventions. Conformément au protocole établi par la société, il sera préalablement transmis la liste des intervenants ainsi qu'une copie de leur pièce d'identité.

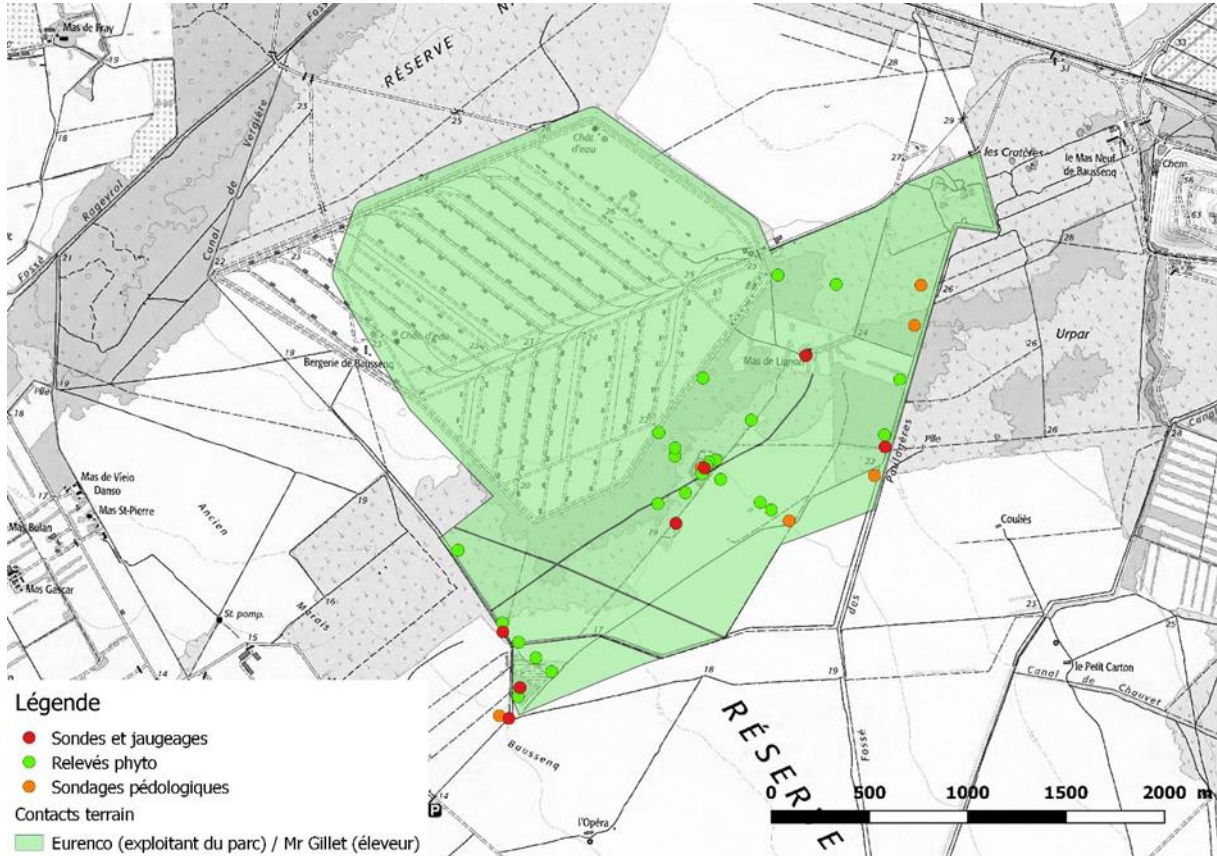
Nous préviendrons également de notre visite M. Gillet, éleveur sur le site du marais.

Le jour de notre intervention, nous signalerons notre approche en entrant dans le périmètre du terrain militaire, via le téléphone fixe présent sur place. Enfin, sur place, nous fournirons les numéros des plaques d'immatriculation et identité des conducteurs.

Enfin, le site du marais de Bausseq est en partie en Réserve Naturelle de Crau. Nous préviendrons également le Conservatoire d'Espace Naturelle de nos interventions.



Figure 2-4 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de Bausseng



## MARAI DU GRAND BRAHIS

M. Gouin, exploitant des parcelles autour du marais sera prévenu de nos interventions une semaine à l'avance.





Figure 2-5 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des phases de terrain selon les sites d'interventions – marais du Grand Brahis



### MARAIS DE L'ILON

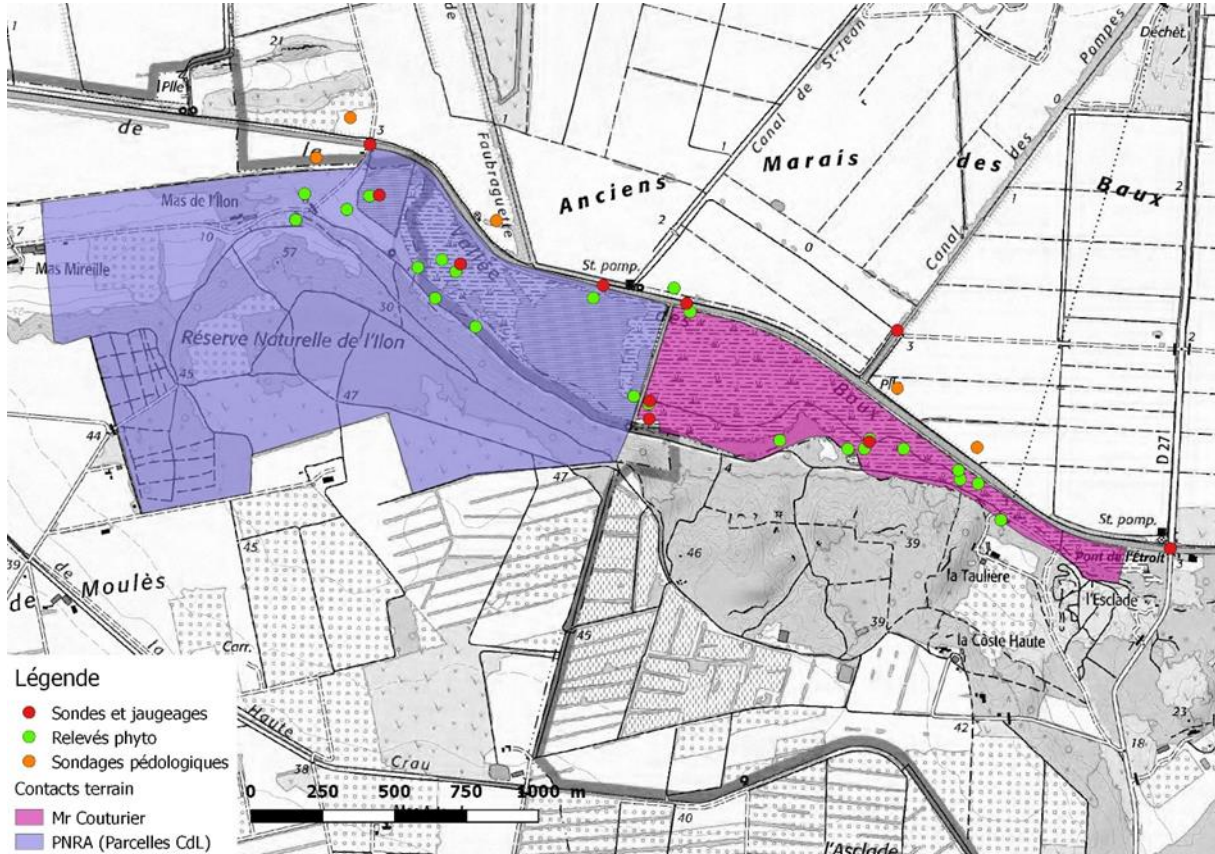
Le PNR des Alpilles (gestionnaire du site, propriété du CdL) sera tenu informé de nos interventions. Pour cela, nous contacterons Mme. HAAS, conservatrice de la RNR de l'Ilon, une semaine à l'avance.

M. Couturier, éleveur de taureaux et propriétaire sur l'Ilon Est, sera également prévenu.

Enfin l'ASCO de dessèchement de la Vallée des Baux sera prévenu des journées de jaugeages.



Figure 2-6 : Gestionnaires et propriétaires qui seront prévenus des campagnes de terrain – marais de l'Ilon



## 2.2.2 Conditions de sécurité

### CONDITIONS GENERALES DE SECURITE

Pour toute intervention de terrain, BRLi respectera les instructions internes de sécurité qui lui sont propres.

À titre d'exemple, et sans que cette liste soit exhaustive :

- les intervenants sont tenus de porter une tenue ainsi que des équipements de protection individuelle adaptés à la nature du site ;
- Lors d'une visite de terrain à proximité d'une chaussée, il est nécessaire de porter une chasuble de sécurité haute visibilité ;
- Lors de déplacements dans un lieu isolé, les intervenants veilleront à se munir d'un moyen de communication ;
- Concernant les interventions à proximité d'un plan d'eau (par exemple, et sans que cette liste soit exhaustive) :
  - porter un gilet de sauvetage (BRL ingénierie dispose d'un gilet de sauvetage et d'un gilet de flottaison, utiles pour les interventions à proximité de cours d'eau et canaux).
  - Réaliser l'intervention en binôme.

### CONDITIONS DE SECURITE RELATIVES AU MARAIS DE BAUSSENQ

Le site de Bausseq présente une pollution pyrotechnique. Cette dernière ne concerne pas la surface.

Conformément au code du travail, une étude de risque pyrotechnique en bonne et due forme sera réalisée.





La sécurisation du site, selon les techniques recommandées par le FIDAP établi par l'ESID de Lyon sera également réalisée pour tous travaux intrusifs (création d'un piézomètre, installation des sondes de niveau d'eau, réalisation de sondages pédologiques).

### 2.2.3 Mise en œuvre du suivi durant la période d'acquisition des données

L'acquisition des données comprend :

- La réalisation de campagnes ponctuelles de collecte de données (assurée respectivement par BRLi, O2Terre et Hervé Gomilia Ecologue Conseil) :
  - La réalisation de 4 campagnes de mesure du débit (comprenant la réalisation de mesures de la qualité de l'eau) ;
  - La réalisation d'une campagne de sondages pédologiques ;
  - La réalisation d'une campagne de relevés phyto-sociologiques.
- L'installation de sondes de niveau d'eau, la création d'un piézomètre, collectant des données en continu sur une année hydrologique (assurée par le SYMCRAU).

À l'issu de chaque campagne de collecte, un compte-rendu sera rédigé et transmis au SYMCRAU.

De plus, nous effectuerons un bilan à mi-parcours pour faire le point sur les données collectées. Ce bilan permettra d'analyser les données déjà collectées, de faire le point sur les tendances qui se dégagent sur le fonctionnement des marais et éventuellement d'ajuster le protocole si cela s'avère nécessaire.

### 2.2.4 Conditions de stockage et de diffusion des données collectées

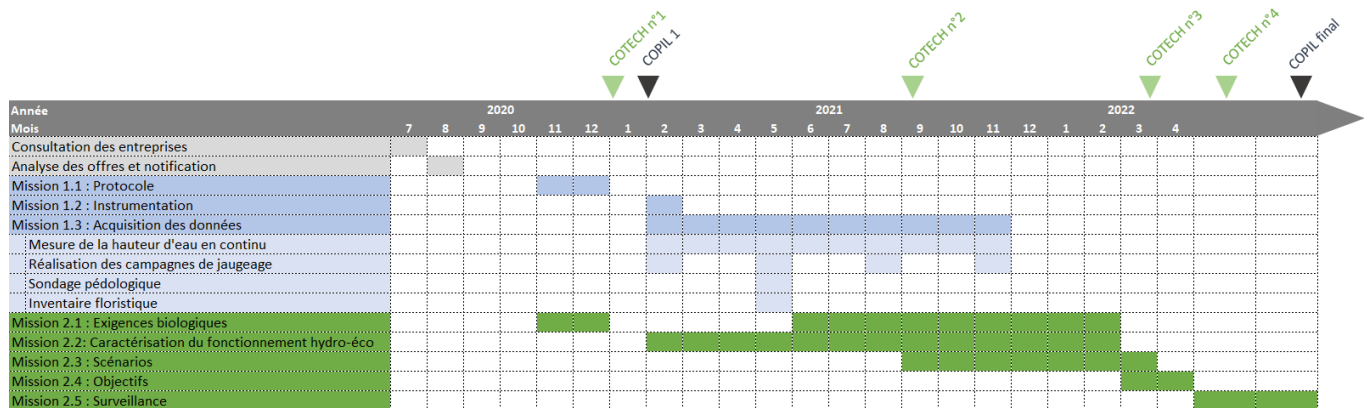
L'ensemble des données collectées et des comptes rendus seront transmis au SYMCRAU. Le partage des données en dehors du consultant et du SYMCRAU relèvera de la responsabilité du SYMCRAU.

## 2.3 PLANNING

La figure suivante illustre le planning de l'étude Osmose 2.



Figure 2-7 : Planning de l'étude Osmose 2



## 2.4 CONDITIONS SPECIFIQUES DE COLLECTE DES DONNEES PAR COMPARTIMENT / TERME DU BILAN

### 2.4.1 Installation de sondes de mesure du niveau d'eau en continu

Afin de suivre les niveaux d'eau dans les zones humides, nous proposons d'employer 45 sondes réparties comme suit :

- 28 sondes au droit de sites identifiés pour la réalisation de mesures de débit (voir section 2.4.1.1);
- 13 sondes dans les zones humides, afin de suivre la variation de hauteur d'eau des habitats (voir section 2.4.1.2);
- 4 sondes dans des puits ou piézomètres afin de suivre la battance de la nappe (voir section 2.4.1.3).

L'installation des sondes vise à répondre à trois objectifs :

- Suivre des débits entrants et sortants des marais par l'établissement de courbe de tarage ;
- Suivre les variations de hauteur d'eau des marais, au droit d'habitats clés, en tenant compte du gradient hydrométrique du marais, et analyser les variations de hauteur d'eau dans le marais selon les flux d'eau ;
- Suivre la variation de la nappe de la Crau et la comparer avec celle des eaux superficielles.

L'installation de ces sondes va être réalisée par le SYMCRAU. Nous présentons ci-après la localisation des sites identifiés pour leur installation. L'emplacement de ces sondes tient compte de celles déjà installées par le SYMCRAU dans le cadre du projet OSMOSE 1.

#### 2.4.1.1 Sondes dans les canaux

Cette section présente la localisation des sites proposés pour l'installation de sondes dans les canaux. Ces sondes visent à suivre la variation de hauteur d'eau dans les canaux qui alimentent et drainent les marais. La réalisation de mesures de débit (voir section 2.4.2) permettra de faire correspondre la variation de hauteur d'eau à une variation de débit par le biais d'une courbe de tarage. Ceci permettra de connaître les débits entrants et sortants des marais.

#### MARAIS DE L'ILON

Sur le marais de l'Illon, nous prévoyons l'installation de 5 sondes réparties comme suit :

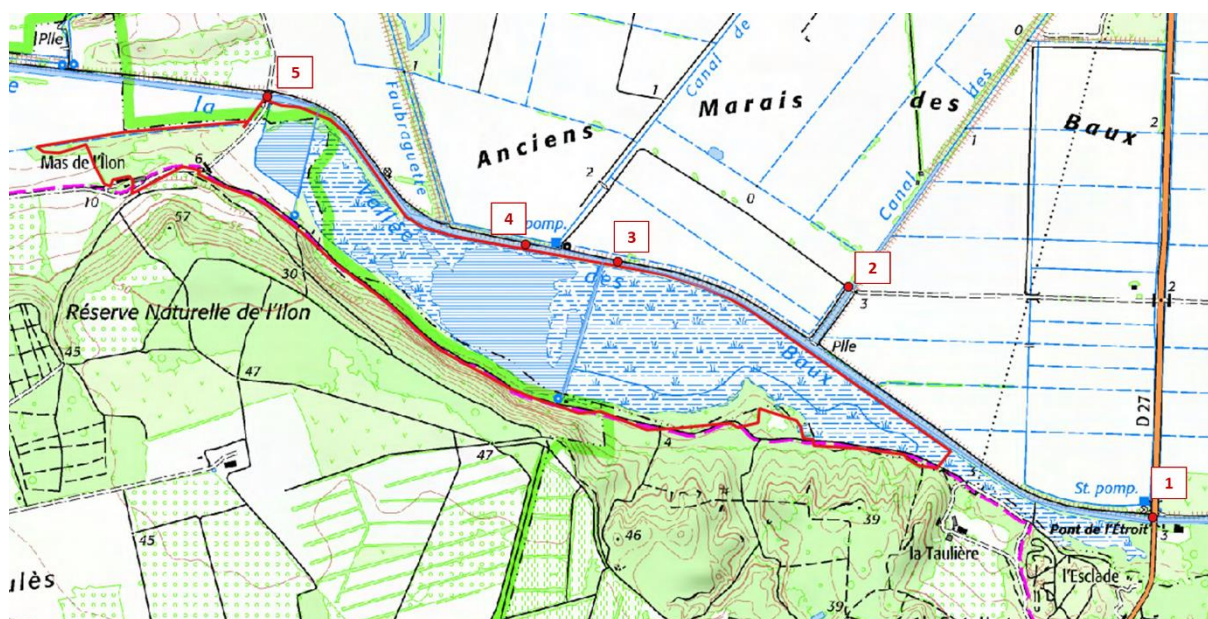
- 4 sondes sur le canal de la Vallée des Beaux :
  - Une sonde (site 1) vise à suivre le débit entrant dans le périmètre du marais ;



- Une sonde (site 3) vise à déterminer le débit sortant de la partie est du marais de l'Ilon. Le canal de la Vallée des Beaux présente des brèches permettant des échanges avec la partie est du marais. La sonde (site 3) permettra de déterminer ces échanges ;
  - Une sonde (site 4) sera positionnée en face d'une brèche entre le canal de la Vallée des Beaux et la partie ouest du marais. En comparant les hauteurs d'eau mesurées par cette sonde avec celles mesurées par une sonde habitat (voir section 2.4.1.2), nous pourrons suivre les échanges entre le canal et le marais ;
  - Une sonde (site 5) sur le canal de la Vallée des Beaux permettra de suivre le débit sortant du marais.
- 1 sonde (site 2) sur le canal des pompes permettra de suivre le débit entrant dans le périmètre du marais.

La figure suivante présente les sites envisagés pour l'installation des sondes.

Figure 2-8 : Carte IGN des marais de l'Ilon et localisation des sites envisagés pour l'installation de sondes sur les canaux



### MARAIS DE RAPHELE (MEYRANNE ET CHANOINES)

Sur les marais de Meyranne et des Chanoines, nous prévoyons l'installation de 5 sondes réparties comme suit :

- Une sonde sur le fossé Saunier, au croisement avec la D453 (site 1)  
En amont de la N113, un réseau complexe de canaux draine les eaux d'origines agricole et pluviale de Raphèle-les-Arles vers le marais des Chanoines. D'après le SYMCRAU et ses échanges avec l'ASCO de dessèchement des Marais d'Arles, les fossés Mandon et Saunier, drainent le plus d'eau d'origine agricole. La station positionnée au droit du site 1 permettra de mesurer le débit drainé par ces canaux, hors influence de la nappe.  
En complément, les autres canaux de drainage situés entre la D453 et la N113 seront visités le jour des phases de terrain afin de se rendre compte des apports au marais des Chanoines. Leur débit sera estimé à vue d'œil.
- Une sonde sur le fossé Bellombre, au droit de la D453 (site 2)  
Entre le site 2 et la N113, plusieurs canaux drainent les eaux d'origines agricole et pluviale. Cette eau rejoint ensuite le marais des Chanoines via une buse sous la N113. D'après les observations du SYMCRAU et les échanges avec l'ASCO de dessèchement des Marais d'Arles, la majeure partie des eaux d'origine agricole sont drainées au droit du site n°2. Cette station permettra donc de mesurer ses apports, hors influence de la nappe.
- Une sonde en amont du canal transversal (site 3)

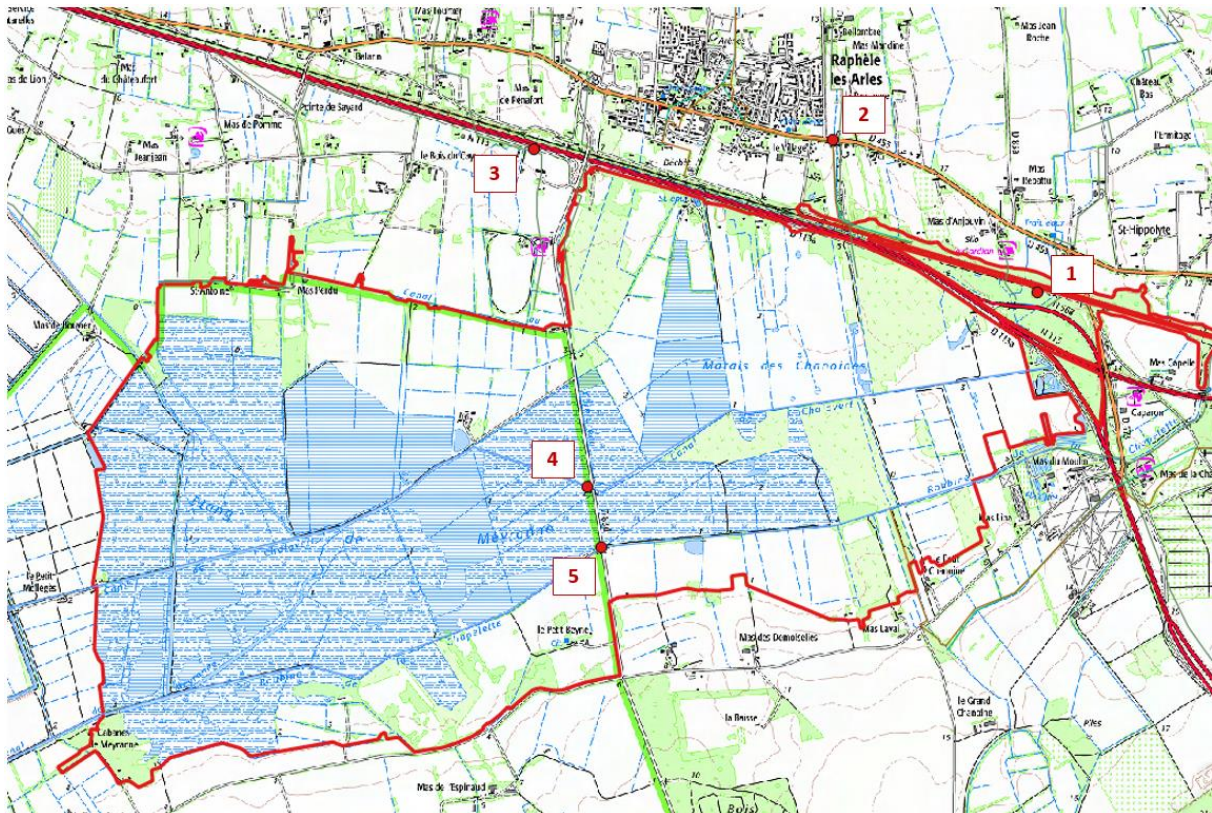




Au nord du marais de Meyranne, un canal draine les eaux d'origines agricole et pluviale de Raphèle-les-Arles. Après le passage sous la N113, une part de l'eau alimente les parcelles au nord du marais de Meyranne. Cette eau ne pénètre pas dans le périmètre du marais puisqu'elle sera collectée, si elle l'atteint, par le canal du Ceintureau. L'autre part rejoint le canal transversal après passage sous la route des marais (D83d). La station sera installée en amont du passage sous la D83d et en aval des martellières permettant l'alimentation des parcelles au nord du marais de Meyranne. Cette station permettra de suivre les débits entrants dans le canal du Ceintureau et provenant de Raphèle-les-Arles.

- Une sonde au croisement du canal du Chalavert avec la D83d (site 4). Elle permettra de suivre le débit sortant du marais des Chanoines via le canal du Chalavert ;
- Une sonde au croisement du canal de la Chapelette avec la D83d (site 5). Elle permettra de suivre le débit sortant du marais des Chanoines via le canal de la Chapelette.

Figure 2-9 : Carte IGN et localisation des sites pour l'installation de sondes canaux



## MARAIS DES COSTIÈRES DE CRAU

Sur le marais des Costières de Crau, nous prévoyons l'emploi de 11 sondes réparties comme suit :

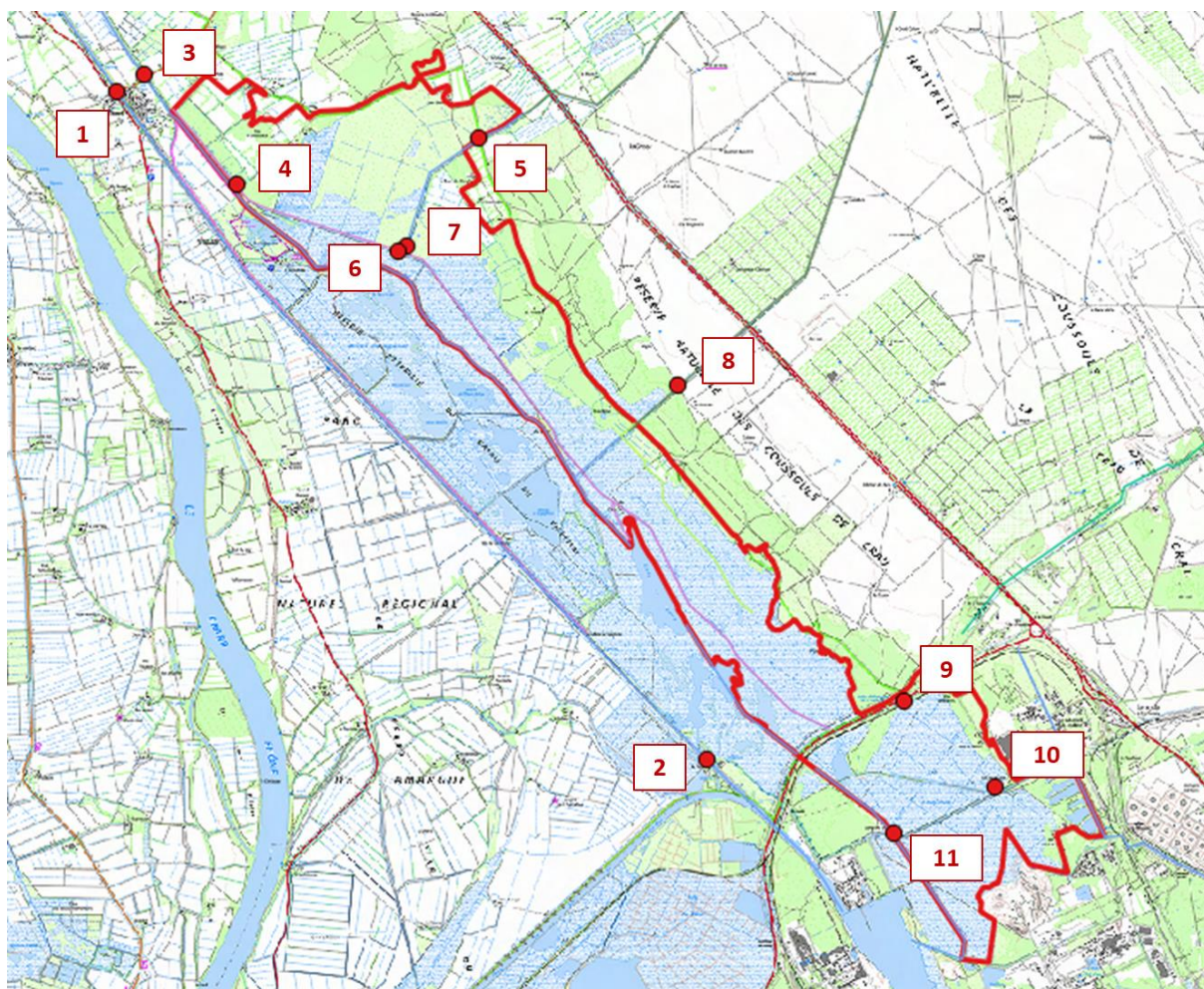
- Sur la partie nord du marais des Costières de Crau
  - Deux sondes sur le canal d'Arles à Bouc (sites 1 et 2). Elles permettront de suivre les variations de débit du canal d'Arles à Bouc en amont et en aval du périmètre occupé par le marais. Ceci permettra de déterminer les échanges ayant lieu entre le canal et la nappe ;
  - Une sonde sur le canal du Vigueirat, au croisement avec la D24 (site 3). Cette sonde permettra de suivre les débits entrants dans le marais via ce canal ;
  - Une sonde sur le canal de Colmatage au droit du chemin partant du Mas Saint-Georges (site 4). Cette sonde permettra de suivre les débits entrants dans le marais via ce canal ;
  - Une sonde sur le canal de Vergière à son entrée dans le marais (site 5). Cette sonde permettra de suivre les débits entrants dans le marais via ce canal ;
  - Une sonde sur le canal du Colmatage, en amont de sa confluence avec le canal de Vergière (site 6). Cette sonde permettra de quantifier les apports de la nappe entre les sites 4 et 6 ;





- Une sonde sur le canal du Vergière, en amont de sa confluence avec le canal du Colmatage (site 7). Cette sonde permettra de quantifier les apports de la nappe entre les sites 5 et 7 ;
  - Une sonde sur le canal Centre Crau, à son entrée dans le marais (site 8). Cette sonde permettra de suivre les débits entrants dans le marais via ce canal ;
- Sur le marais du Tonkin :
- Une sonde permettant de suivre les débits entrants dans le marais du Tonkin (site 9) ;
  - Deux sondes (sites 10 et 11) permettant de suivre les débits sortants du marais du Tonkin.

Figure 2-10 : Carte IGN du marais des Costières de Crau. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux



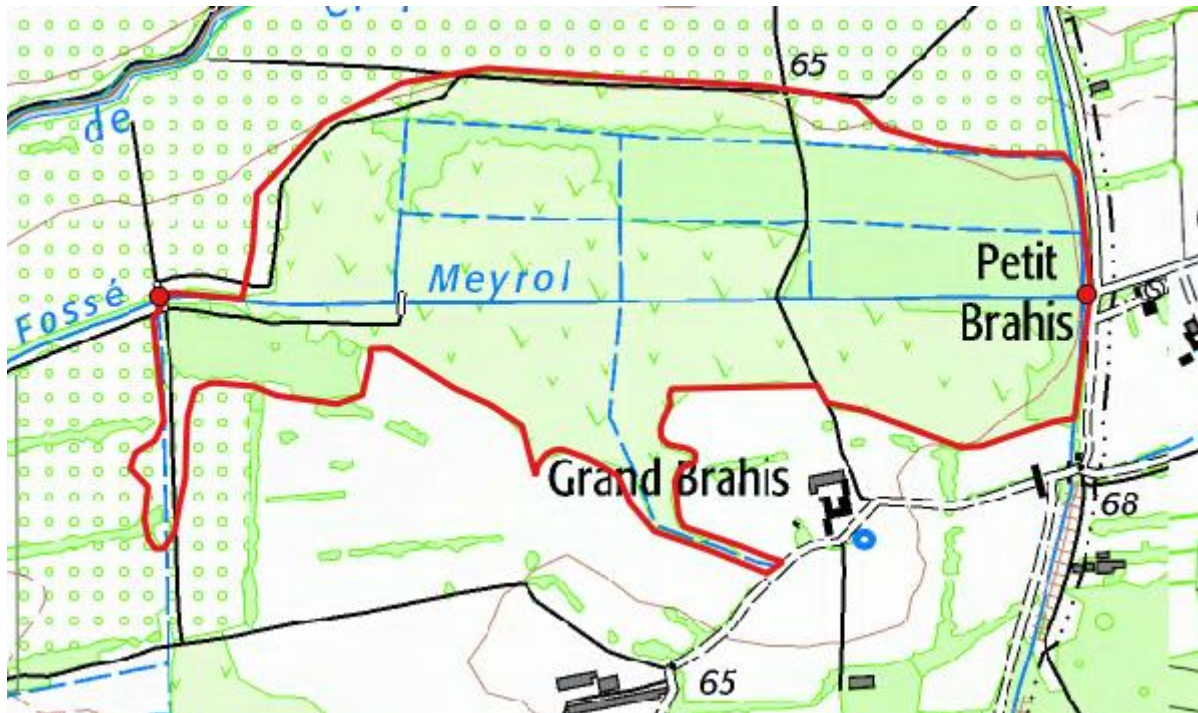
### MARAIIS DU GRAND BRAHIS

Sur le marais du Grand Brahis, nous prévoyons l'installation de 2 sondes réparties comme suit :

- Une sonde sur le Fossé Meyrol à l'entrée du marais ;
- Une sonde sur le Fossé Meyrol à l'exutoire du marais.



Figure 2-11 : Carte IGN du marais du Grand Brahis. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux.



### MARAIS DE BAUSSENQ

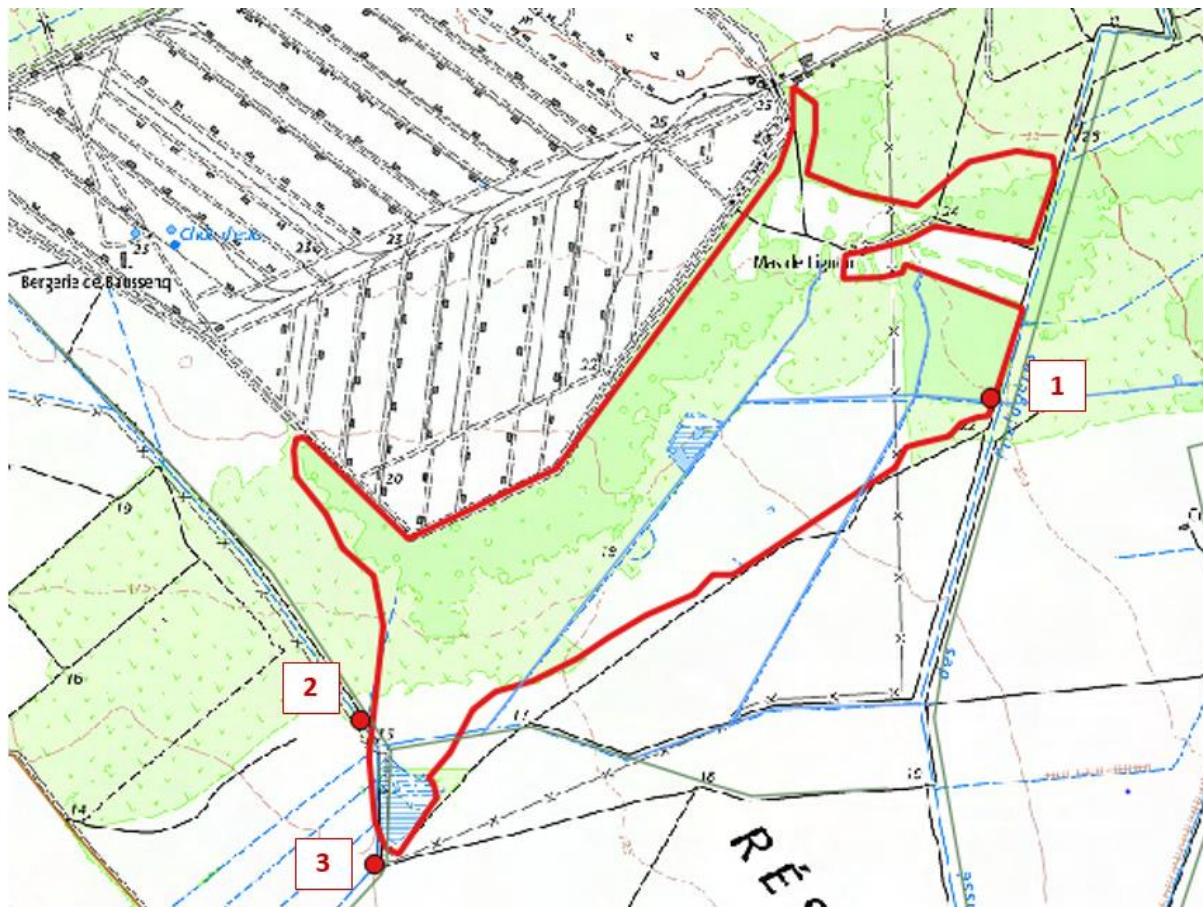
Sur le marais de Bausseq, nous prévoyons l'installation de 3 sondes réparties comme suit :

- Une sonde à l'entrée du fossé des Poulagères dans le marais. Cette sonde permettra de suivre le débit prélevé sur le canal Centre Crau et entrant dans le marais (site 1) ;
- Deux sondes sur le canal de Vergière, en amont (site 2) et en aval (site 3) de la traversé du périmètre du marais. Elles permettront de quantifier le débit sortant du marais.





Figure 2-12 : Carte IGN du marais de Baussenq. Localisation des sites pour l'installation de sondes sur les canaux.



### 2.4.1.2 Sondes dans les habitats

Cette section présente la localisation des sites proposés pour l'installation de sondes « habitat » dans les marais. Ces sondes visent à suivre la variation de hauteur d'eau dans des habitats caractéristiques des marais.

#### MARAIS DE L'ILON

Au sein du marais de l'Ilon, il est nécessaire de distinguer l'Ilon ouest de l'Ilon est. La limite entre les deux marais est constituée par le canal central marqué en orange sur la carte ci-après.

##### ■ Ilon ouest

###### • Zone 1 (Z1) :

La zone est ceinturée par un canal en connexion avec le canal de la Vallée des Baux.

A l'Ouest, la zone 1 est bordée par un merlon, tout comme à l'Est, de part et d'autre du canal qui sépare la zone 1 de la zone 2 (Z2).

###### • Zone 2 (Z2) :

L'Ilon ouest est alimenté à partir du canal de la Vallée des Beaux et par le canal central. Ces deux canaux présentent des brèches permettant à l'eau de circuler librement entre les canaux et l'Ilon ouest.

Deux pompes (P1 et P2 sur la carte ci-après) permettent de prélever de l'eau depuis l'Ilon Ouest et le canal central pour alimenter des vergers situés plus au sud. D'après la représentante du PNR des Alpilles, la pompe P1 n'est plus utilisée. Toutefois, un exploitant agricole souhaiterait la remettre en fonctionnement. La pompe P2 est encore utilisée aujourd'hui.

##### ■ Ilon est

###### • Zone 3 (Z3) :



L'alimentation de l'Ilon Est est indépendante de celle du canal de la Vallée des Beaux, excepté en période d'inondation où de l'eau peut déborder du canal vers le marais.

Au sud-est du marais de l'Ilon Est, de l'eau issue de résurgences alimente le marais.

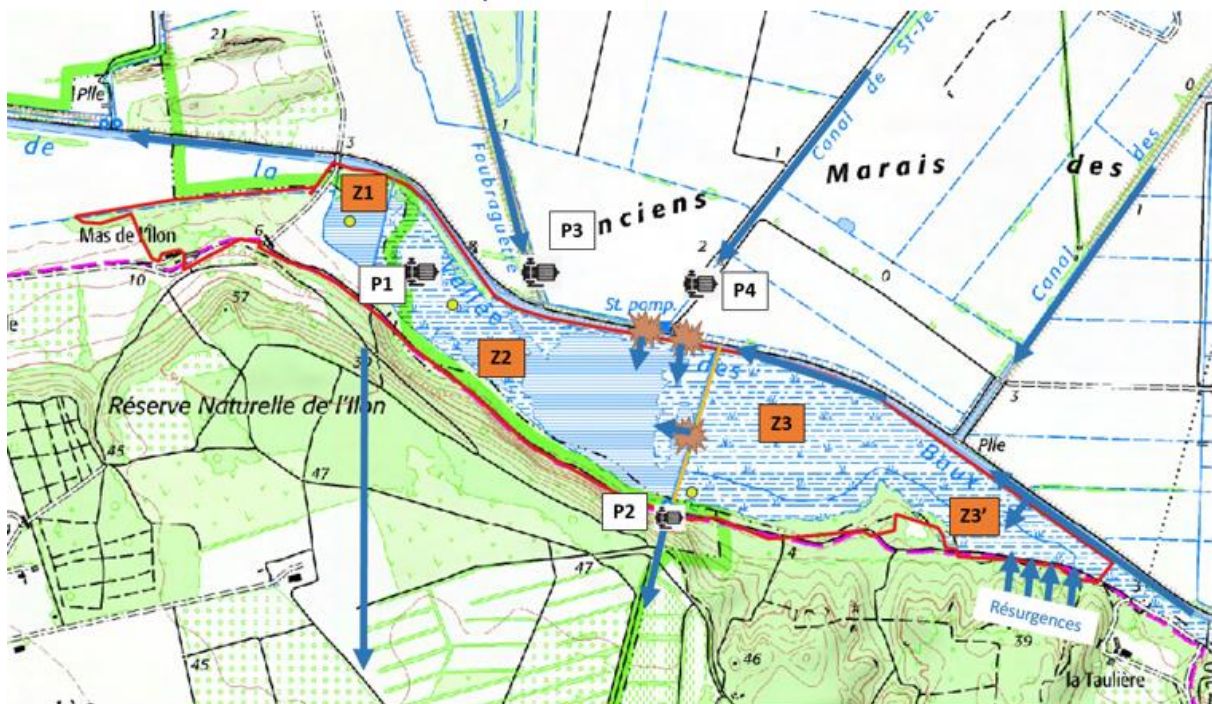
- Zone 3' (Z3') :  
Le long du chemin, le long de la paroi, un surcreusement semble avoir été réalisé. Il ne s'agit a priori pas d'un canal.  
En revanche un canal (alimenté par les résurgences ?) traverse la zone humide d'Est en Ouest.

Sur le marais de l'Ilon, nous prévoyons l'installation de 3 sondes réparties comme suit :

- Une sonde dans la zone Z1 ;
- Une sonde dans la zone Z2 ;
- Une sonde pour les zones Z3 et Z3'.

La figure suivante présente les sites envisagés pour l'installation des sondes.

Figure 2-13 : Carte IGN du marais de l'Ilon. Sites envisagés pour l'installation de sondes de pression enregistrées pour le suivi des habitats



## Légende

- |   |  |
|---|--|
|  Sonde habitat         |  Pompe  |
|  Flux d'eau            |  Brèche |
|  Absence de flux d'eau |  |

## MARAIS DE RAPHELE (MEYRANNE ET CHANOINES)

Sur les marais de Meyranne et des Chanoines, nous prévoyons l'installation de 4 sondes réparties comme suit :

- Deux sondes pour suivre les niveaux d'eau des habitats dans le marais de Meyranne ;
- Deux sondes pour suivre les niveaux d'eau des habitats dans le marais des Chanoines.





Figure 2-14 : Carte IGN des marais de Meyranne et des Chanoines. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats.



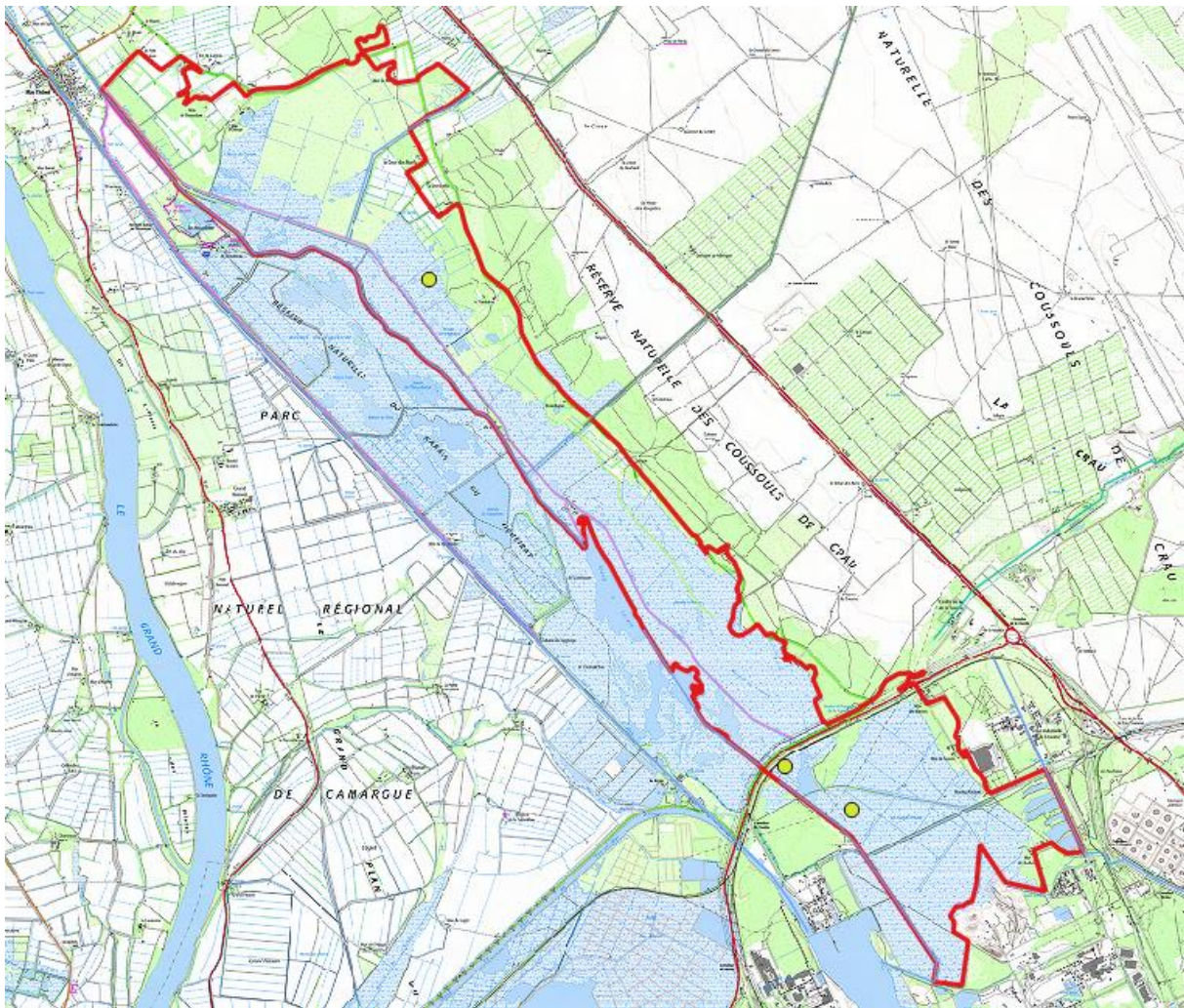
### MARAI DES COSTIÈRES DE CRAU

Sur les marais des Costières de Crau, nous prévoyons l'emploi de 3 sondes réparties comme suit :

- Une sonde dans la partie nord du marais des Costières de Crau ;
- Deux sondes dans le marais du Tonkin.



Figure 2-15 : Carte IGN du marais des Costières de Crau. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats



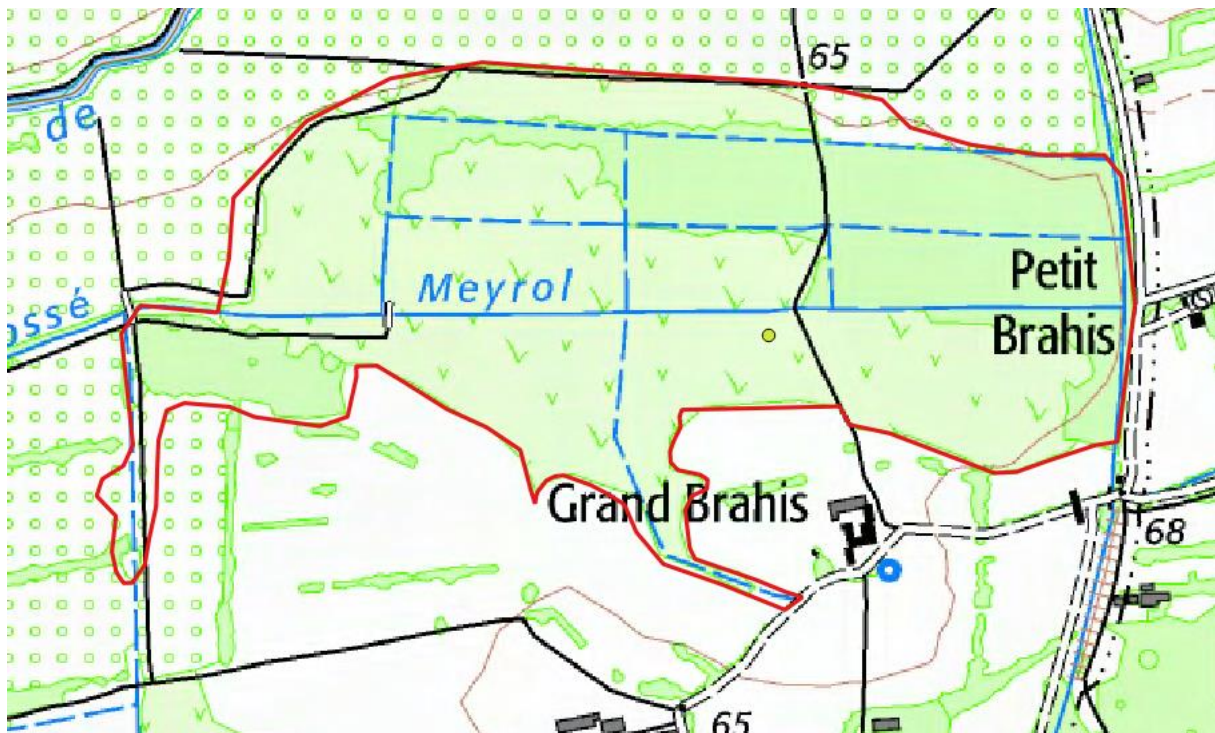
### MARAIS DU GRAND BRAHIS

Sur le marais du Grand Brahis, nous prévoyons une sonde pour le suivi des niveaux d'eau dans les habitats.





Figure 2-16 : Carte IGN du marais du Grand Brahis. Localisation du site proposé pour l'installation d'une sonde de suivi du niveau d'eau dans les habitats



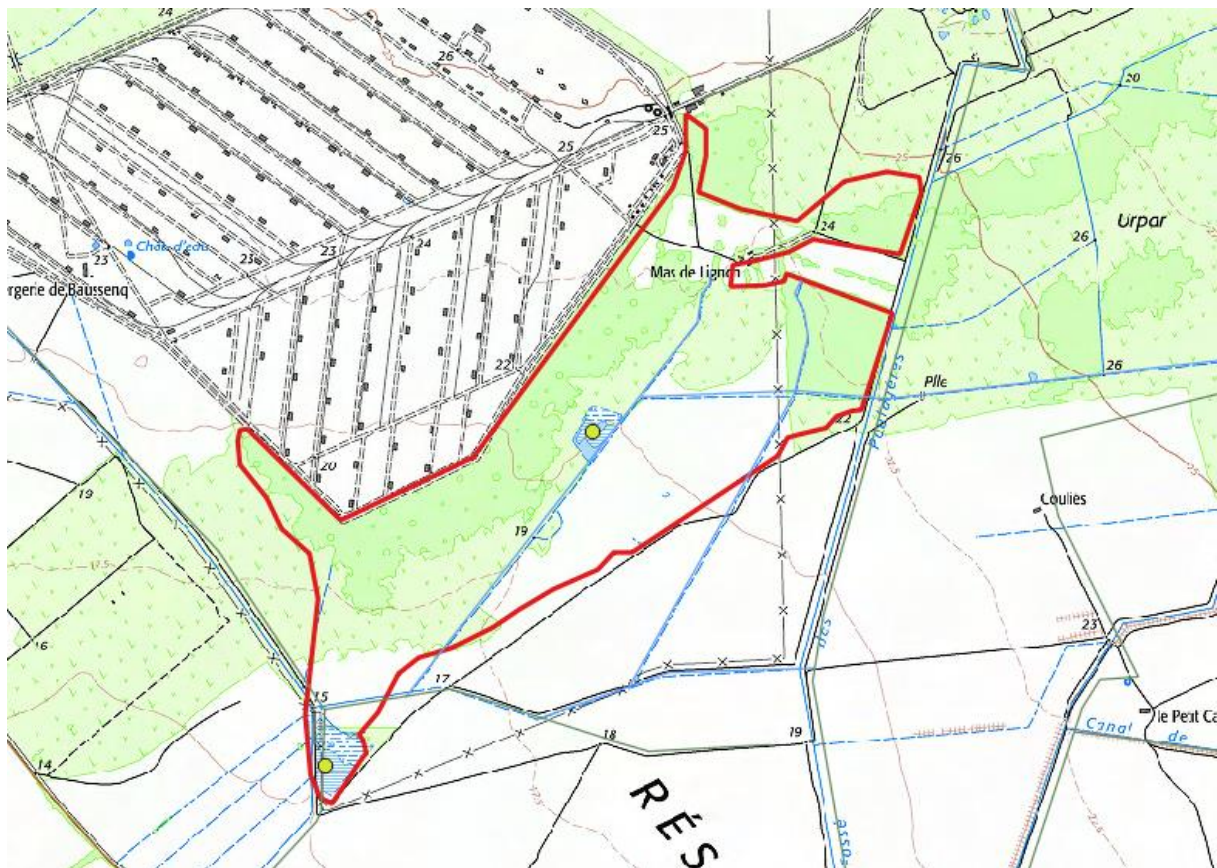
### MARAIS DE BAUSSENQ

Sur le marais de Bausseq, nous prévoyons l'installation de 2 sondes réparties comme suit :

- Une sonde centrale par rapport au marais ;
- Une sonde située dans une zone qui semble en eau de façon permanente, et située à l'exutoire du marais.



Figure 2-17 : Carte IGN du marais de Baussenq. Localisation des sites pour l'installation de sondes pour le suivi des habitats.



### 2.4.1.3 Sondes pour le suivi de la nappe

#### UNE EXPLOITATION DES DONNÉES DU RESEAU DE SUIVI EN PLACE

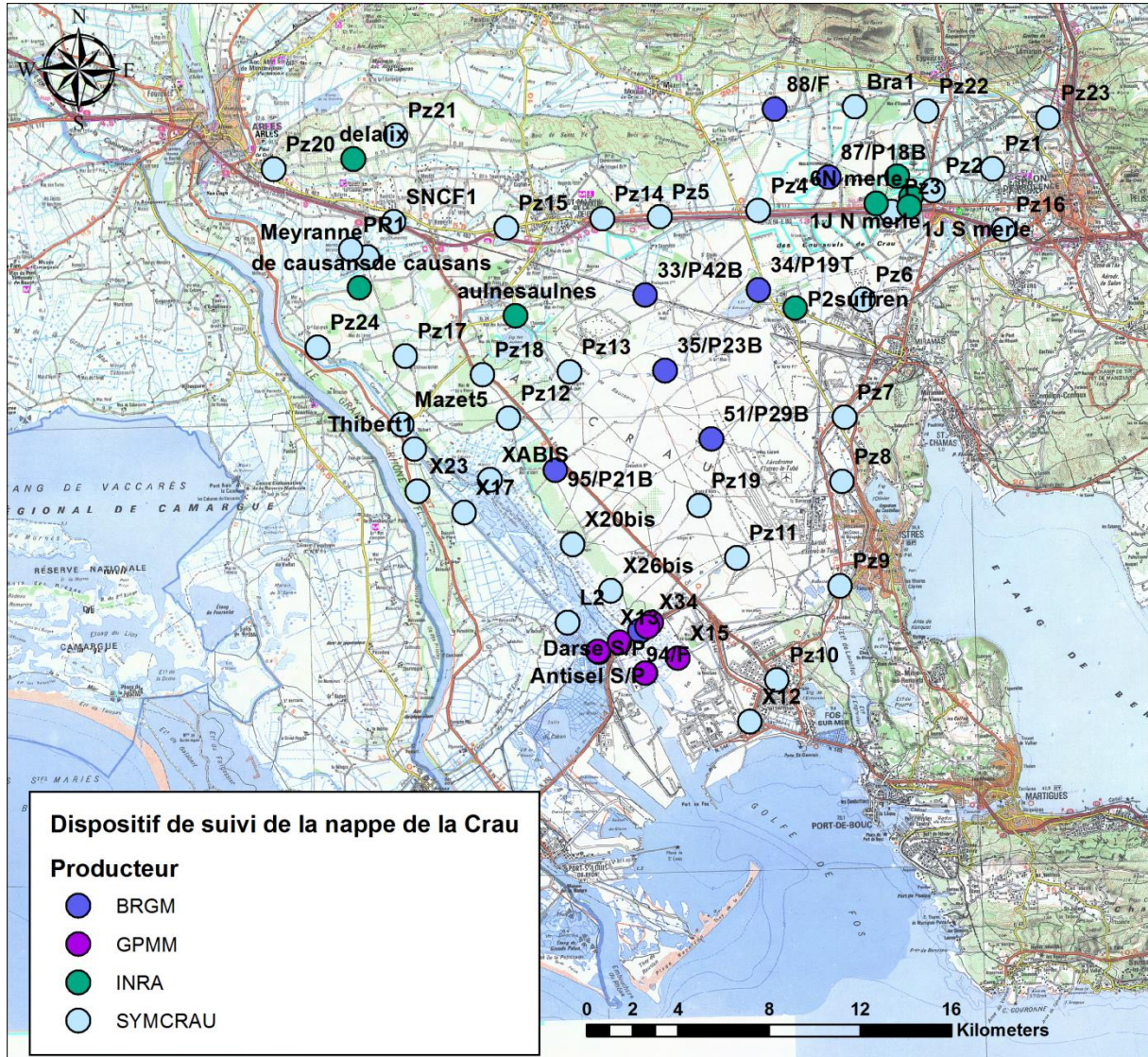
Rappelons que la quantification de la contribution des apports d'eaux souterraines se fera de manière indirecte par une approche déductive autorisée par la connaissance de tous les autres termes du bilan d'alimentation des zones humides.

L'enjeu principal de la métrologie est donc de construire une courbe de « tarage » qui, à partir d'un nombre limité de photographies sur les termes du bilan, sera capable de nous renseigner sur les apports de la nappe aux zones humides hors période de mesures ponctuelles.

Dans cette optique, l'enjeu principal est de vérifier que la nappe des cailloutis de Crau, seul hydro-système susceptible d'apporter une alimentation significative aux zones humides, présente un comportement homogène autour de la zone humide (baisse ou augmentation homogène et synchronisée à l'échelle de la zone humide). Nous rappelons dans la carte ci-dessous le réseau piézométrique actuellement en place :



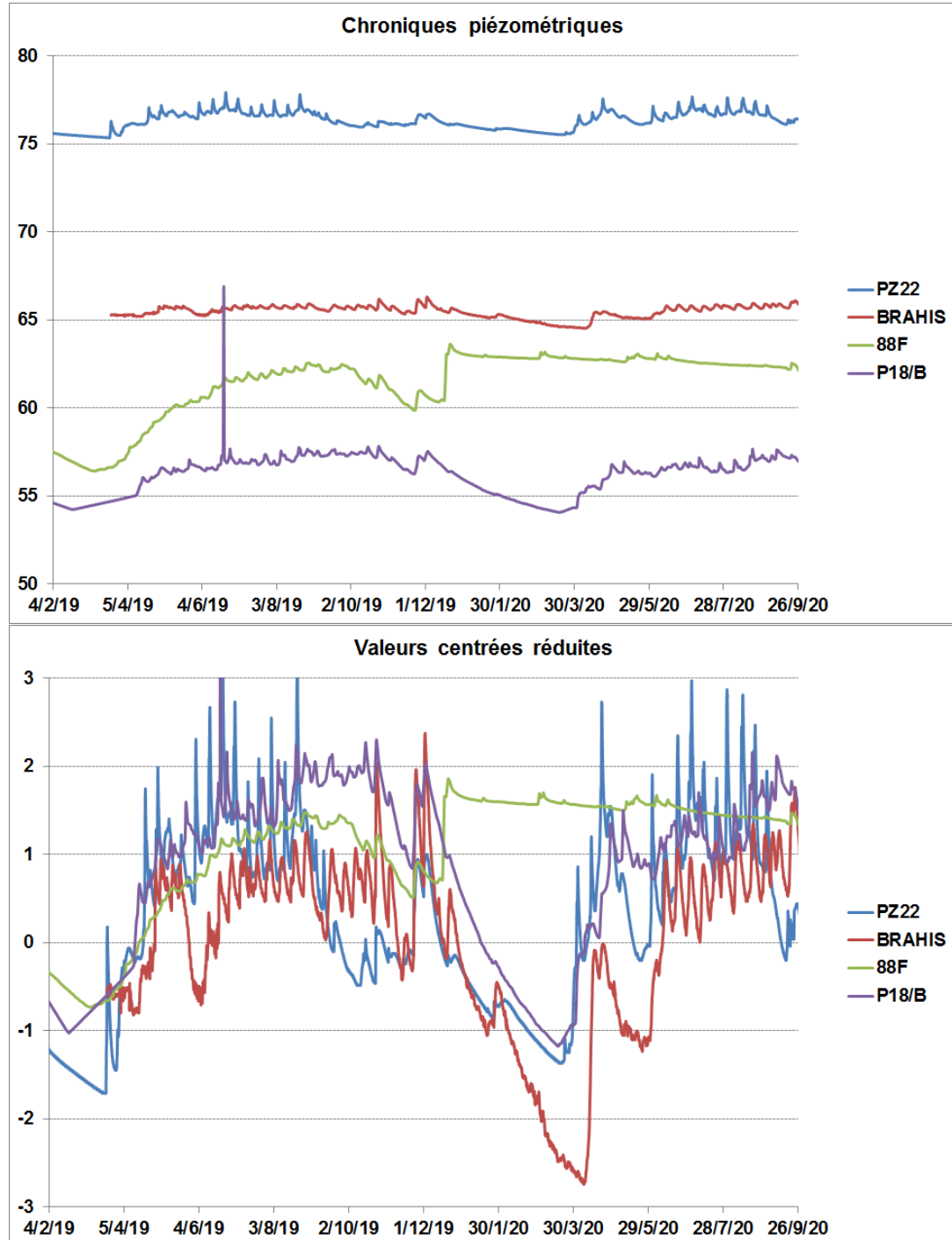
Figure 2-18 : Réseau de suivi piézométrique de la nappe des cailloutis de Crau.



Ce travail a été réalisé sur la base d'une analyse statistique des chroniques piézométriques existantes ; il a permis de vérifier cette hypothèse d'homogénéité sur toutes les zones humides et d'identifier certains points de mesure comme peu représentatifs (principalement à cause de particularités géologiques locales).



Figure 2-19 : Exemple de traitement statistique des piézomètres qui « encadrent » la zone humide de Brahis.







### DES COMPLEMENTS UTILES SUR DEUX ZONES HUMIDES

Deux des zones humides présentent un comportement spécifique qui mérite d'être rappelé : leur alimentation en eaux souterraines dépend du niveau de nappe très localement (forte dépendance aux niveaux de nappe).

Ce constat nous a conduit à rechercher la possibilité d'avoir une mesure piézométrique au plus près, voire dans la zone humide. La densité du réseau actuel de suivi de la nappe des cailloutis de Crau n'est en effet pas suffisante pour assurer un degré de confiance suffisant pour conjecturer les niveaux piézométriques sous ces deux zones humides.

Pour la zone humide de Brahis, devant l'absence de puits ou de forages existants répondant à cette demande, il a été décidé de mettre en place un piézomètre dans la zone humide. Il devra être foré au plus tôt et équipé d'un capteur de suivi de pression en continu. La carte ci-dessous présente la localisation pressentie pour ce nouvel ouvrage.

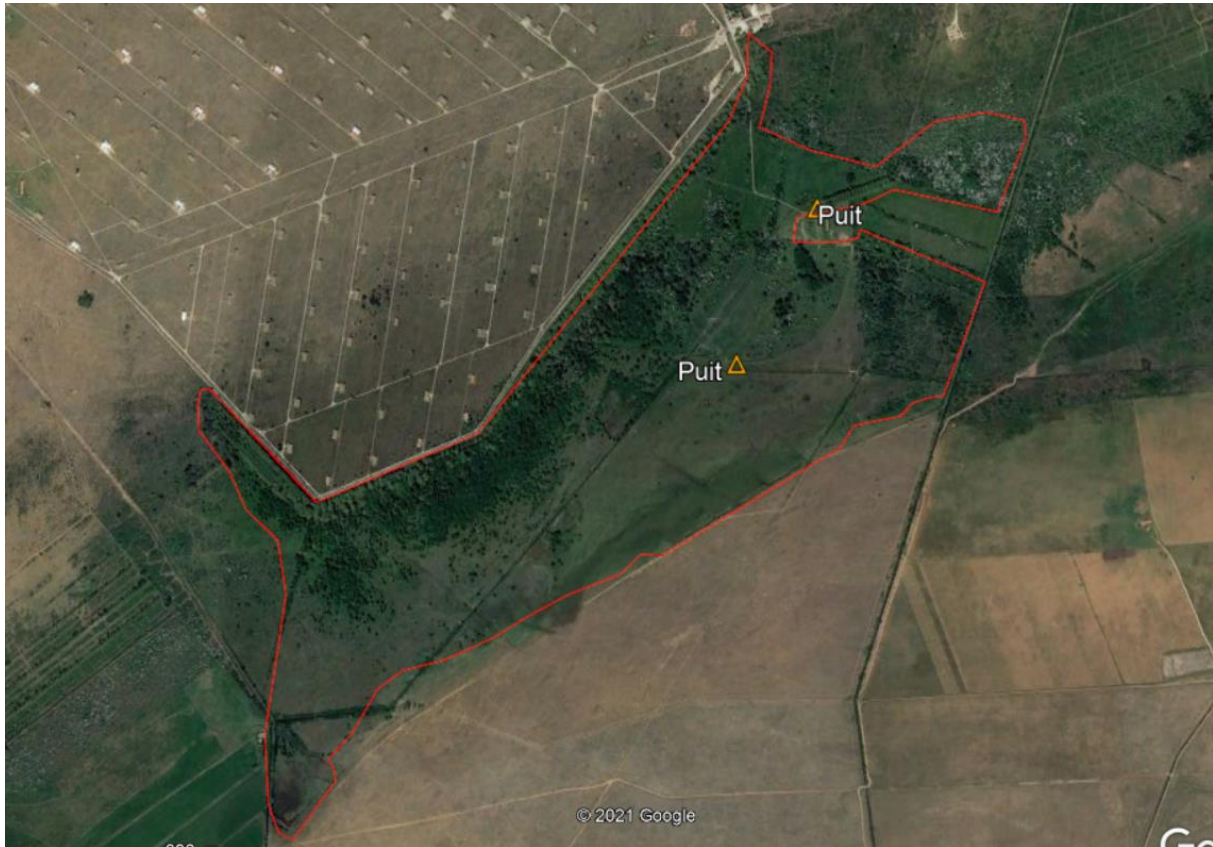
Figure 2-20 : Localisation du piézomètre dans le marais du Grand Brahis



Pour la zone humide de Baussenq, il a été décidé d'équiper deux ouvrages en place (puits à usage domestique). La carte ci-dessous présente la localisation pressentie des ouvrages.



Figure 2-21 : Localisation du piézomètre et du puit dans le marais de Baussenq



## 2.4.2 Campagnes de jaugeages

Cette section présente le protocole concernant la réalisation des campagnes de jaugeages. Dans un premier temps, nous présentons des généralités concernant la réalisation de ces campagnes. Puis, nous détaillons pour chaque marais les sites où la réalisation de mesures de débit est envisagée.

### 2.4.2.1 Généralités concernant la réalisation des jaugeages

Notre prestation comprend la réalisation de 4 campagnes de jaugeages répartis sur une année hydrologique. Chaque campagne inclut la réalisation de 34 jaugeages répartis sur les 5 marais faisant l'objet de l'étude. Nous présentons la localisation et les modalités de réalisation de ces jaugeages à la section suivante.

#### REALISATION DES CAMPAGNES DANS L'ANNEE HYDROLOGIQUE

Afin de caractériser les débits entrants et sortants via les canaux d'irrigation et d'assainissement, nous prévoyons de réaliser 4 campagnes de jaugeages. Chaque campagne fera l'objet de 5 jours de terrain permettant de couvrir l'ensemble des 5 marais de l'étude.

Le débit dans les canaux dépend, **entre autres** :

- De l'irrigation du foin de Crau et l'entretien des canaux de la Crau. La culture du foin de Crau est spécifique à la plaine de la Crau, sa période d'irrigation s'étend de mars à octobre. Durant cette période, les canaux en Crau sont fonctionnels. Durant les mois de novembre à février, les canaux en Crau sont généralement à sec afin que les travaux d'entretien soient réalisés. Le débit des canaux est impacté par l'irrigation et l'entretien des canaux en Crau ;





- du climat : la plaine de la Crau est caractérisée par un étiage marqué de juin à septembre. À cette période, les demandes des cultures, donc les débits des canaux en Crau, sont plus importants. La pluviométrie est plus importante durant les mois d'octobre à mai avec un maximum en novembre.

Le tableau ci-après synthétise les facteurs pouvant influencer sur le débit dans les canaux et la période de l'année durant laquelle ils ont lieu.

Figure 2-22 : Principaux facteurs influençant le débit des canaux au cours de l'année

Mois	Janv.	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.
Irrigation (foin de Crau principalement)												
Entretien des canaux												
Pâturage et agnelage												
Étiage												
Campagnes de mesure de débits et de qualité de l'eau		X			X			X			X	

Sur cette base, nous suggérons de réaliser les 4 campagnes de mesures de débit aux périodes clés suivantes :

- À la fin du mois de février – début du mois de mars : avant la reprise de la période d'irrigation et à la fin de la période d'entretien des canaux ;
- Durant les mois d'avril et mai : durant la période d'irrigation du foin et avant l'étiage ;
- À la fin du mois d'août/début du mois de septembre : durant la période d'étiage ;
- À la fin du mois de novembre/début du mois de décembre : après la période d'irrigation et avant la période d'entretien des canaux.

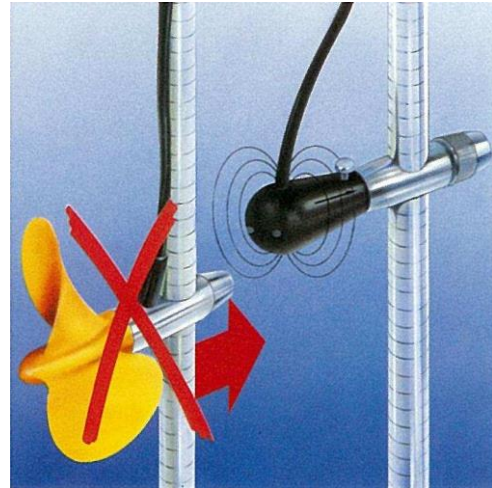
## MATERIEL UTILISE

Le matériel à disposition inclut les éléments décrits ci-dessous.

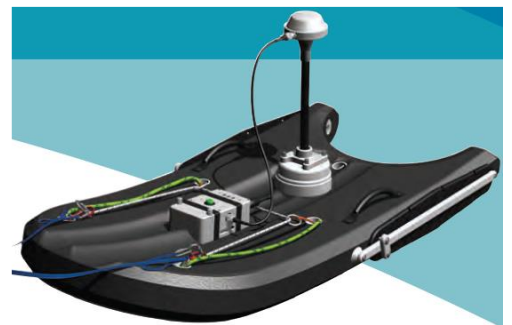
- Un courantomètre portable électromagnétique Flo-Mate 2000, permettant la mesure de débit en rivière, canaux et conduits d'assainissement.

Son principe est basé sur la loi de Faraday, établissant qu'un liquide conducteur traversant un champ magnétique (généralisé par une bobine) crée une différence de potentiel (DDP), proportionnelle à la vitesse d'écoulement. Cette DDP est recueillie par les électrodes moulées dans le capteur, puis transmise via le câble de liaison au boîtier électronique.

Il fournit immédiatement des mesures de vitesse d'écoulement et peut même détecter les débits négatifs. Son capteur électromagnétique sans pièce mobile ne retient pas les déchets.



- Un ADCP (profileurs acoustiques de vitesse par effet Doppler), permettant la réalisation de jaugeages y compris sur des sections de profondeur importante qui rendraient difficile une mesure à pied (modèle RiverSurveyor M9 associé au SonTek Hydroboard II, voir documentation technique en annexe).



### 2.4.2.2 Sites envisagés pour la réalisation de mesure de débit

Afin de caractériser le fonctionnement des marais, le présent protocole prévoit la réalisation de 34 jaugeages.

Les paragraphes suivants présentent, pour chaque marais :

- La caractérisation des écoulements superficiels ;
- Les données disponibles sur le marais ;
- Les sites proposés pour la réalisation de mesures de débit. Cela comprend :
  - Les sites où une sonde est installée dans un canal (voir section 2.4.1.1) ;
  - Des sites supplémentaires où la réalisation de jaugeages est jugée pertinente.

Dans ce dernier paragraphe, les sites proposés sont listés dans un tableau. Chaque site peut être repéré sur une carte qui suit le tableau. La figure suivant présente la légende des figurés présents sur chacune des cartes.









# Légende

## Jaugeages

- Jaugeage au droit d'une sonde sur canal
- Jaugeage sur canal uniquement

## Éléments de description

- |   |                                       |   |                |
|---|---------------------------------------|---|----------------|
|  | Flux d'eau                            |  | Puits / forage |
|  | Absence de flux d'eau                 |   | Pompe          |
|  | Existence d'une station hydrométrique |   | Brèche         |

## MARAIS DE MEYRANNE ET DES CHANOINES

### *Caractérisation des écoulements superficiels*

#### ■ Marais des Chanoines

Les débits entrants au niveau du canal de la Chapelette sont mesurés par une station - Y4306510 La Chapelette à Arles - dont les données sont téléchargeables sur le site HydroFrance.

A l'est du marais des Chanoines, un réseau de canaux draine les eaux d'origines agricole et pluviale de la commune de Raphèle-les-Arles vers le canal du Chalavert. Le suivi des débits drainés (site 1) permettrait de connaître les apports en eau au canal du Chalavert, hors influence de la nappe.

A priori, les prairies du Nord-Ouest du site sont drainées par les canaux présents, le terrain étant surélevé et le gestionnaire et le SYMCRAU indiquant que les canaux n'inondent jamais les terrains à cet endroit (alors que cela peut être le cas sur la partie Sud suite à de gros orages drainant Saint-Martin de Crau).

Au nord du marais des Chanoines, plusieurs apports alimentent un canal qui longe le marais. Ces apports sont constitués d'eau drainée depuis Raphèle-les-Arles et de laurons. Le canal longe le nord du marais puis la partie ouest du marais, le long de la D83d. L'eau rejoint alors le canal du Chalavert au niveau du site 4.

#### ■ Marais de Meyranne

Le marais de Meyranne est longé au nord par le canal du Ceintureau. Le départ de ce canal se situe au bord de la D83d. Il ne traverse pas la route. Le canal du Ceintureau rejoint la roubine de Viage à proximité du Mas de Bouvier. D'après M. MASSEZ, aucun apport d'eau n'a lieu depuis la roubine de Viage vers le marais de Meyranne, les passages sont bouchés ou fermés par une martellière.

Au sud du marais de Meyranne, un canal draine les eaux des parcelles avoisinantes. Celles-ci sont alimentées en eau par le canal de Langlade. Les débits drainés pourraient représenter un apport conséquent au canal de la Chapelette.

### *Synthèse des données disponibles*

Au niveau des marais de Meyranne et des Chanoines, les principales données disponibles sont :



- Les données de hauteur d'eau au droit d'une sonde (LAL) installée dans un lauron du marais des Chanoines. Cette station a été installée dans le cadre du projet Osrose 1 ;
- Les données de débit et de hauteur d'eau de la station de la Chapelette à Arles [Y4306510] : station gérée par le SPC ;
- Les données de hauteur d'eau au droit de 10 échelles limnimétriques gérées par les Amis des Marais du Vigueirat (AMV) ainsi que des mesures de hauteur hebdomadaire au mètre au droit de 5 sites.
- Les données de 2 sondes OTT qui mesurent la hauteur d'eau de la Chapelette et du Chalavert à l'exutoire du marais.

### **Sites proposées pour la réalisation de mesure de débit et l'installation de sondes**

Sur l'ensemble des marais des Chanoines et de Meyranne, il est envisagé de réaliser 7 jaugeages répartis comme suit.

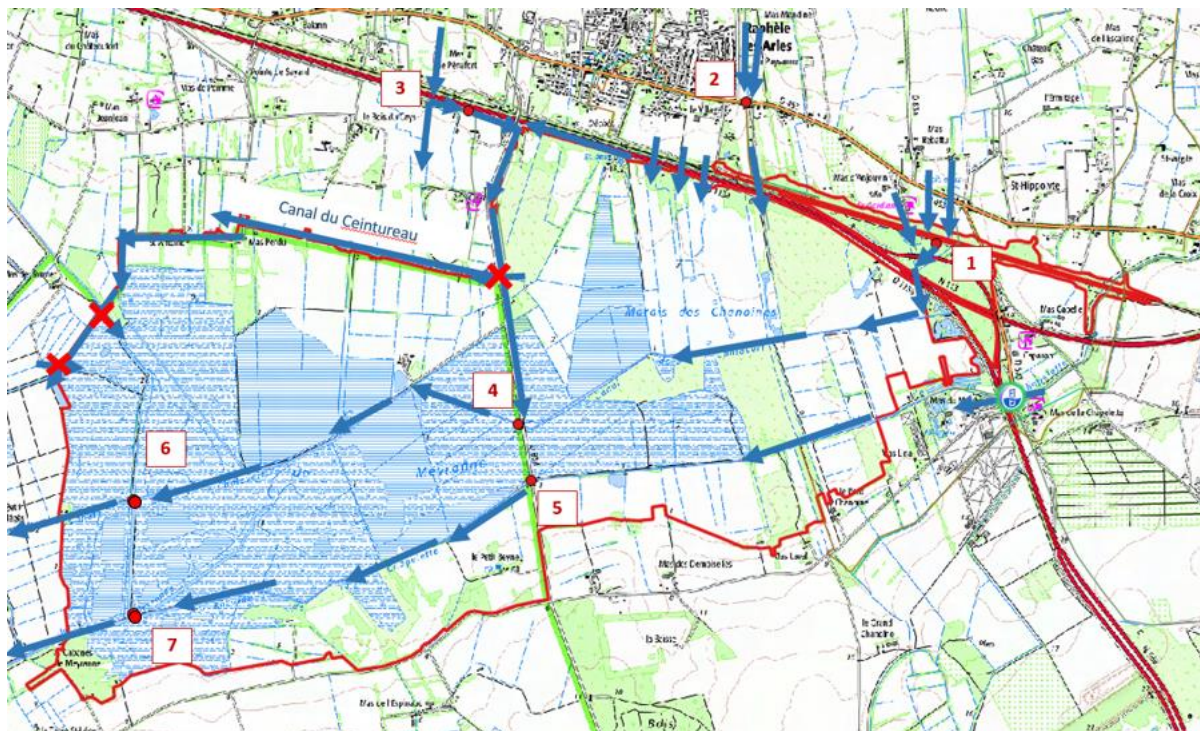
Tableau 2-2 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais des Chanoines et de Meyranne

Site sur la carte	Objectif
1	Mesurer les apports en eau d'irrigation drainés provenant des fossés Saunier et Mendon
2	Mesurer les apports en eau provenant des réseaux de drainage de Raphèle-les-Arles vers le marais des Chanoines
3	Mesurer les apports en eau provenant des réseaux de drainage de Raphèle-les-Arles vers le marais le canal transversal
4	Mesurer les débits sortants du marais des Chanoines et entrants dans le marais de Meyranne via le canal du Chalavert
5	Mesurer les débits sortants du marais des Chanoines et entrants dans le marais de Meyranne via le canal de la Chapelette
6	Mesurer le débit sortant du marais de Meyranne via le canal du Chalavert
7	Mesurer le débit sortant du marais de Meyranne via le canal de la Chapelette





Figure 2-23 : Localisations des sites pour l'installation de sondes et la réalisation de mesures de débit



### MARAIS DES COSTIÈRES DE CRAU

#### Caractérisation des écoulements superficiels

##### ■ Partie nord du marais des Costières de Crau

La partie nord du marais des costières de Crau est essentiellement alimentée par :

- Le canal du Vigueirat (site 3) ;
- Le canal de Colmatage (site 4) ;
- Le canal de Vergière (site 5) ;
- Le canal centre Crau (site 8).

D'après le SYMCRAU, le canal de Vergière, entre son entrée dans le marais et la jonction avec le canal du Colmatage, draine l'eau des parcelles adjacentes. Il est suggéré de mesurer le débit du canal de Vergière à son entrée dans la zone humide (site 5) et avant son intersection avec le canal de Colmatage (site 7).

Enfin, que l'on considère le canal du Vigueirat ou le canal d'Arles à Bouc comme limite sud-ouest du marais, les apports ont la même origine et les sorties d'eau se font au niveau de barrage du Galéjon (sites n°9).

##### ■ Marais du Tonkin

Le marais du Tonkin est alimenté en eau de surface au niveau des sites 1 et 2 (voir Figure 2-25). Dans le cadre du projet Osmose 1, plusieurs mesures de vitesse et débit au droit de ces sites ont été effectuées. Selon le SYMCRAU, les débits entrants au niveau du site 1 sont très faibles voire négligeables. Ceux entrants au niveau du site 2 peuvent être plus importants.

D'après le SYMCRAU, aucun apport d'eau n'a lieu depuis les canaux du Vigueirat et du Colmatage. Ces canaux sont bouchés au niveau de leur passage sous la D268.

Les deux principaux exutoires du marais du Tonkin sont les sites 3 et 4 sur la Figure 2-25. Au niveau de ces sites, l'eau est évacuée via des buses.



### Synthèse des données disponibles

Dans le cadre du projet Osrose 1, 6 sondes ont été installées dans les marais des Costières de Crau :

- Sonde Td1 permettant le suivi du niveau d'eau d'un Lauron au nord du marais ;
- Sonde Verg1 permettant le suivi du niveau d'eau dans le canal de Vergière ;
- Sonde CC3 permettant le suivi du niveau d'eau du canal Centre Crau à son entrée dans le canal ;
- Sonde PSL1 permettant le suivi d'un lauron dans la partie centrale du marais ;
- Sonde PSL2 permettant le suivi d'un lauron dans la partie sud du marais ;
- Sonde LauMTK permettant le suivi d'un lauron dans le marais du Tonkin.

En complément, d'autres sondes sont présentes mais ne sont pas gérées par le Symcrau :

- Sonde « étourneau » permettant le suivi du canal du Viguerait en amont du marais, gérée par AMV ;
- Sonde « ligagneau » permettant le suivi du canal du Viguerait en amont de la confluence avec le canal du colmatage, gérée par AMV ;
- Sonde « liaison Landre » permettant le suivi des apports du canal de Colmatage au canal de liaison, gérée par GPMM ;
- Sonde « Arles-Bouc » permettant le suivi de la hauteur d'eau du canal d'Arles à Bouc, gérée par AMV.

### Sites proposées pour la réalisation de mesure de débit et l'installation de sondes

Afin de caractériser les écoulements dans le marais des Costière de Crau, nous prévoyons la réalisation de mesures de débit en 13 sites.

Tableau 2-3 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais des Costières de Crau

Site sur la carte	Objectif
<b>Partie nord du marais des Costières de Crau</b>	
1	Mesurer le débit du canal d'Arles à Bouc en amont de la ZH
2	Mesurer le débit du canal d'Arles à Bouc en aval de la ZH
3	Mesurer le débit entrant via le canal du Vigueirat
4	Mesurer le débit entrant via le canal du Colmatage
5	Mesurer le débit entrant via le canal de Vergière
6	Mesurer le débit entrant dans le canal du Colmatage en amont de sa confluence avec le canal de Vergière
7	Mesurer le débit entrant dans le canal de Vergière en amont de sa confluence avec le canal du Colmatage
8	Mesurer le débit entrant dans le marais via le canal Centre Crau
9	Mesurer les débits sortant au niveau du barrage du Galéjon
<b>Marais du Tonkin</b>	
1	Mesurer les débits entrants dans le marais du Tonkin
2	Mesurer les débits entrants dans le marais du Tonkin
3	Mesurer les débits sortants du marais du Tonkin
4	Mesurer les débits sortants du marais du Tonkin





Figure 2-24 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeage et l'installation de sondes dans la partie nord du marais des Costières de Crau

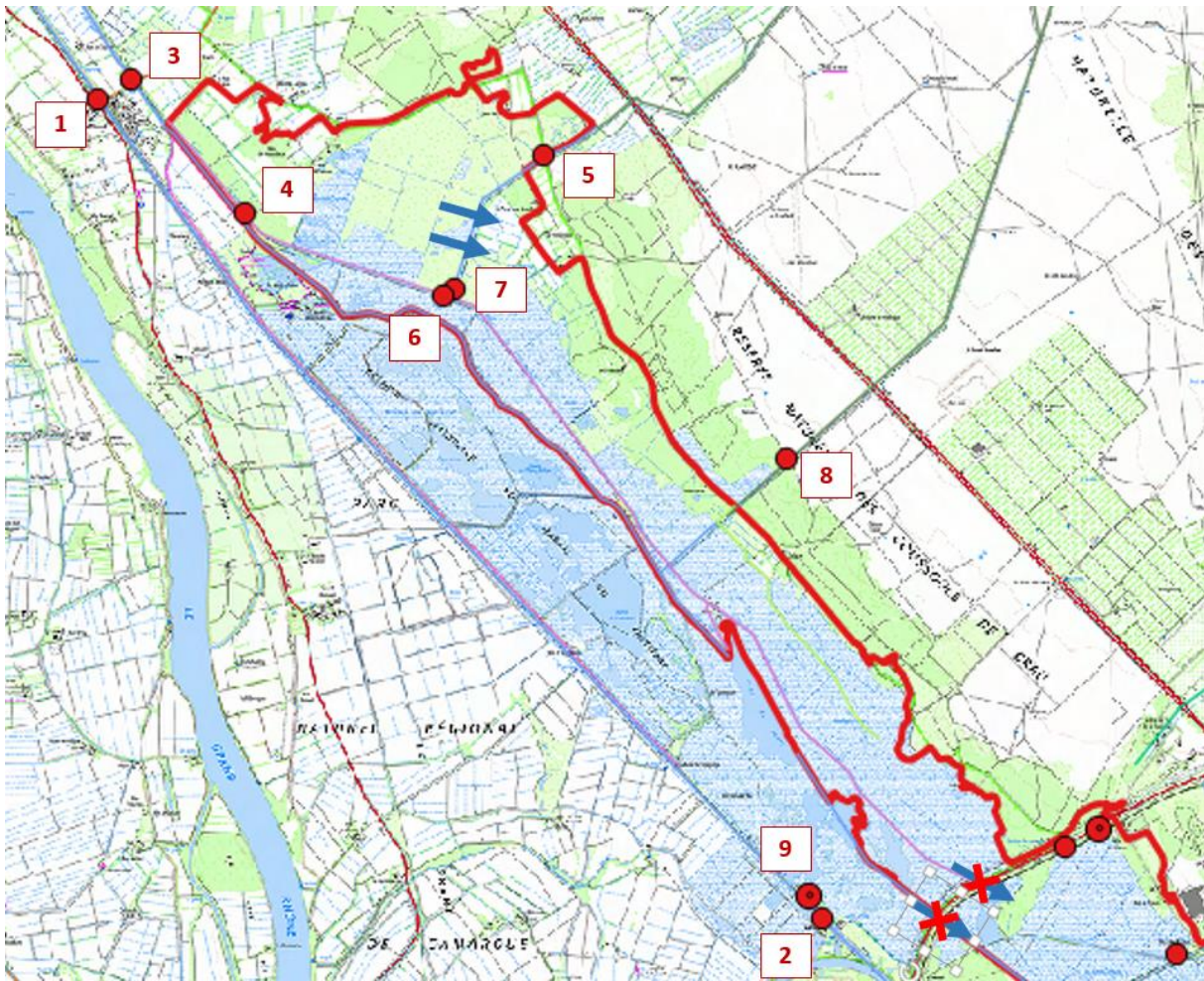
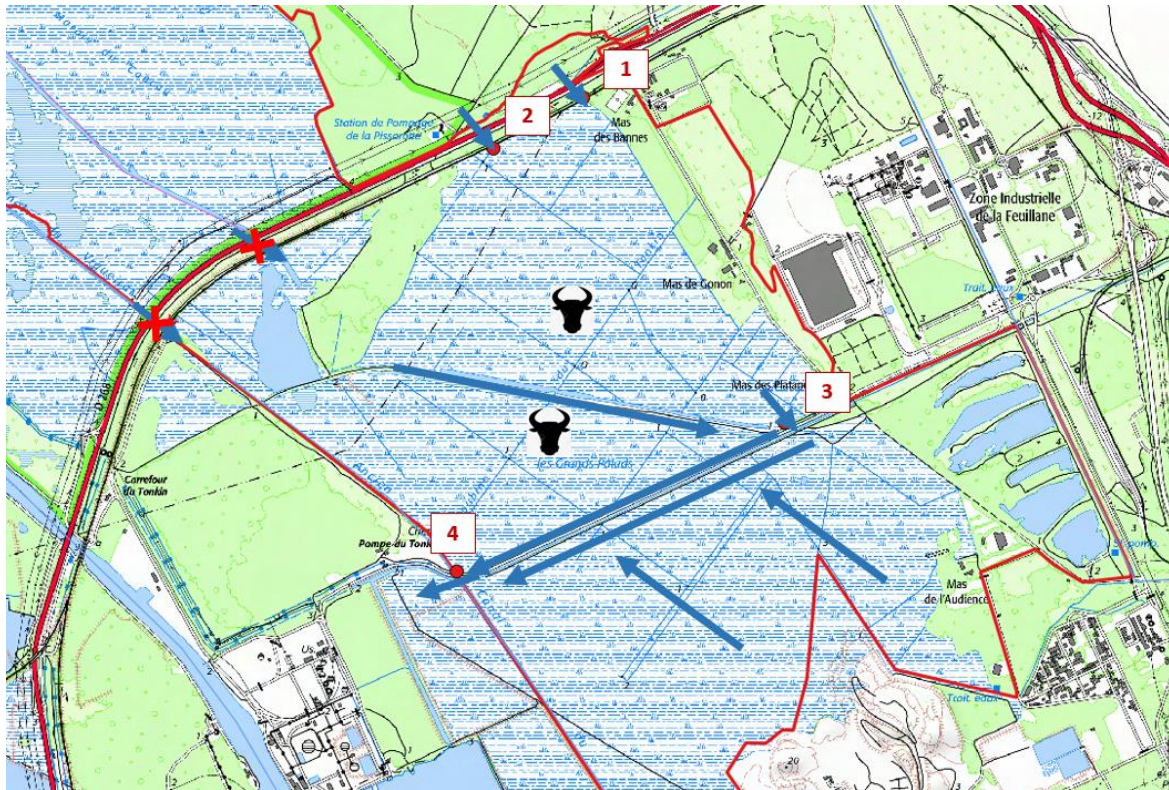


Figure 2-25 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sonde dans le marais du Tonkin





## MARAI DE BAUSSENQ

### Caractérisation des écoulements superficiels

36

Les canaux du marais de Baussenq sont alimentés en eau à partir de 2 sources :

- Le canal Centre Crau : M. Gillet, éleveur sur le marais, dispose d'une prise d'eau (site 1 sur la Figure 2-26) sur le canal Centre Crau. Cette prise d'eau se matérialise par une buse sans système de contrôle. L'alimentation en eau est tributaire du fonctionnement du canal Centre Crau. Ce dernier est principalement alimenté de mai à octobre/novembre (période d'irrigation du foin) et est à sec de novembre à avril. L'eau prélevée sur le canal Centre Crau sert à alimenter le canal principal du marais de Baussenq. L'eau est quelquefois utilisée pour irriguer une partie du marais ;
- Le puits situé au Mas de Lignon. D'après M. Gillet, le niveau d'eau dans le puits est tributaire de la nappe de la Crau. M. Gillet pompe l'eau de ce puits pour alimenter le marais de Baussenq.

Entre le Mas Lignon et la prise sur le canal Centre Crau (voir carte ci-après), plusieurs rigoles rejoignent le canal alimenté par le Centre Crau. D'après M. Gillet, ces rigoles sont toujours à sec, sauf lors d'évènements pluvieux importants.

L'eau du canal principal rejoint le canal de Vergière en aval du site 3. Le débit sortant du canal principal peut être contrôlé par une vanne installée à l'exutoire du canal principal. Lors de la visite de terrain, cette vanne était en position fermée, ce qui permettait le maintien d'un plan d'eau stagnant. D'après M. Gillet, la vanne est maintenue en position ouverte lorsque le canal Centre Crau est en eau, ce qui permet d'évacuer l'eau perçue. Autrement, elle est fermée.

En ce qui concerne le canal de Vergière, celui-ci est à sec sur toute sa partie amont (le long des parties ouest et nord du camp militaire de Baussenq). Cependant, de l'eau resurgit dans le canal dans sa traversée de la zone humide ou sud-ouest du marais de Baussenq. Cette alimentation peut être attribuée à une résurgence de la nappe de la Crau, d'où l'intérêt de mesurer son débit avant la jonction avec l'exutoire du marais (site 3).



### Synthèse des données disponibles

Dans le cadre du projet OSMOSE 1, le marais de Baussenq n'a fait l'objet d'aucun suivi des débits superficiels.

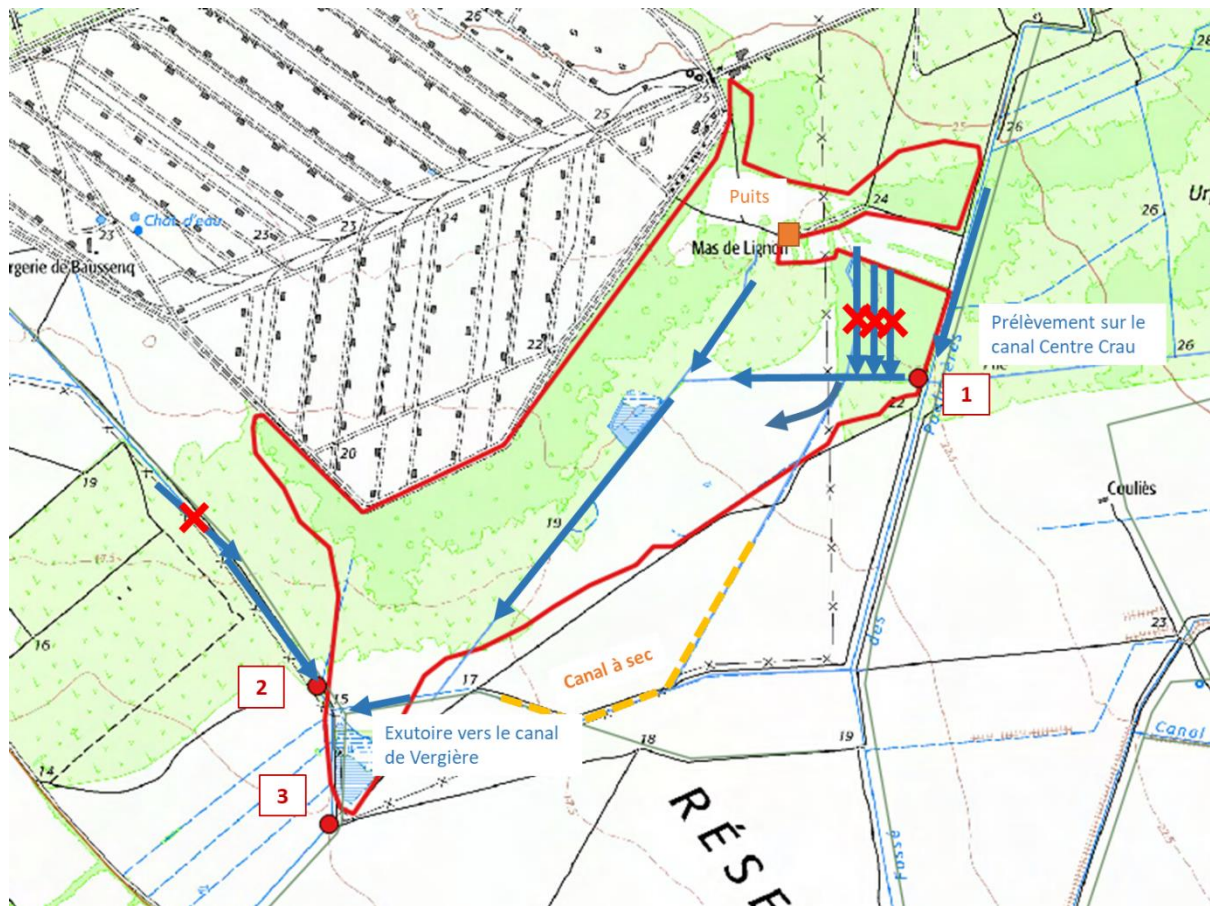
### Sites proposés pour la réalisation de mesure de débit et l'installation de sondes

Afin de caractériser les écoulements dans le marais des Costière de Crau, nous prévoyons la réalisation de 3 mesures de débit.

Tableau 2-4 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages ouet l'installation de sondes

Site sur la carte	Objectif
1	Mesurer les apports en eau depuis le canal Centre Crau.
2	Mesurer la résurgence de la nappe dans le canal de Vergière.
3	Mesurer les apports du marais de Baussenq au canal de Vergière

Figure 2-26 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes dans le marais de Baussenq







## MARAIS DU GRAND BRAHIS

### *Caractérisation des écoulements superficiels*

Un canal, alimenté par le canal de Craponne branche d'Arles, longe la limite est du marais du Grand Brahis. Ce canal est surélevé par rapport au marais mais ne l'alimente pas directement à l'Ouest. En revanche, il est probable qu'il alimente les parcelles irriguées du sud du site, elles-mêmes susceptibles d'alimenter le marais vers le Nord. Se renseigner auprès de l'irrigant sur le cheminement de l'eau et ses pratiques (tour d'eau notamment).

Le marais du Grand Brahis est alimenté via un canal de drainage (voir site 1 sur la carte), à l'est, passant sous le canal alimenté par le canal de Craponne. Toutefois, les difficultés d'accès le jour de la visite de terrain n'ont pu permettre de vérifier si d'autres sources d'alimentation existent sur la partie est du marais.

Le jour de la visite de terrain, le marais présentait un niveau d'eau important, provenant, a priori, en partie de la nappe et du ressuyage des terres.

Les principaux canaux du marais ont été parcourus à pied le jour de la visite. Le fond IGN indique la présence d'un canal qui n'a pu être observé le jour de la visite. Ce canal est indiqué en rouge sur la carte.

L'unique exutoire des eaux superficielles se situe à l'ouest du marais (site 2 sur la carte).

### *Synthèse des données disponibles*

Dans le cadre du projet OSMOSE 1, aucune sonde n'a été installée afin de suivre le niveau des eaux superficielles.

### *Sites proposés pour la réalisation de mesure de débit et l'installation de sondes*

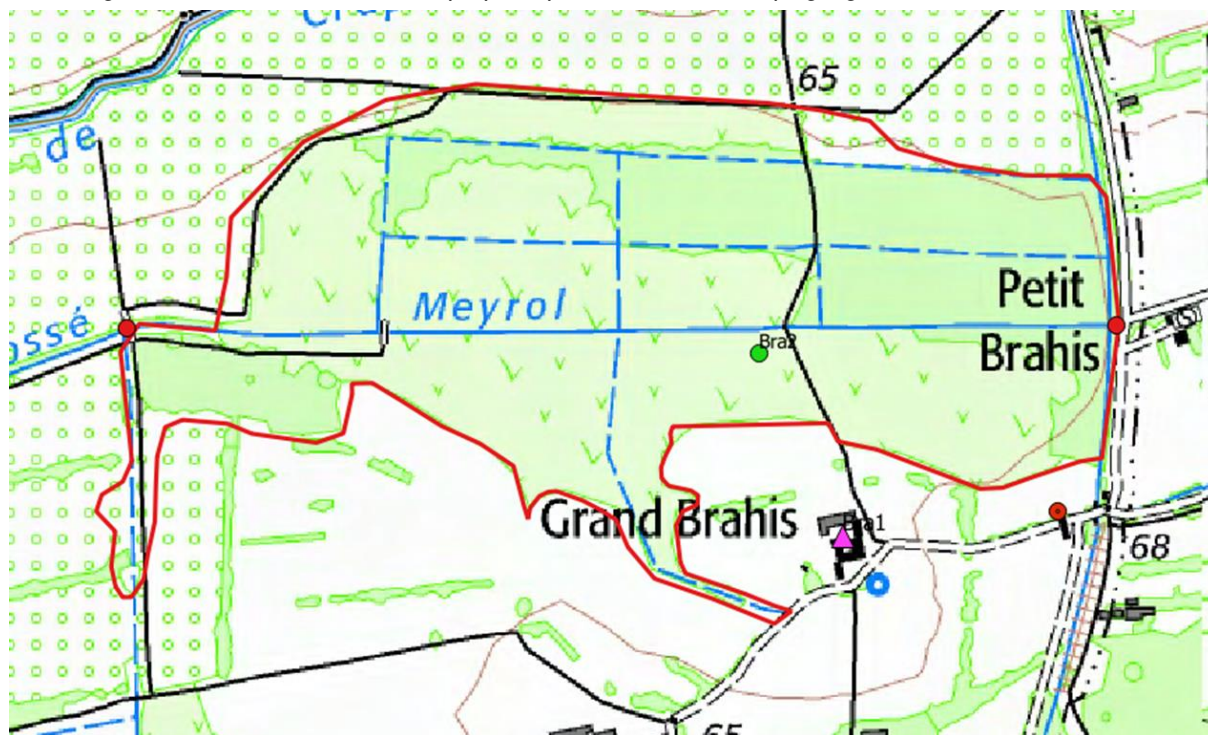
Afin de caractériser les écoulements dans le marais du Grand Brahis, nous envisageons d'installer une sonde à l'entrée et une à l'exutoire du marais. Au niveau de ces sondes, des mesures de débit seront réalisées afin d'élaborer une courbe de tarage. En complément, nous proposons de mesurer le débit apporté pour l'irrigation des parcelles situées à proximité du marais.

Tableau 2-5 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sonde au niveau du marais du Grand Brahis

Site sur la carte	Objectif
1	Mesurer les apports en eau superficielle dans le marais
2	Mesurer les sorties d'eau superficielle dans le marais
3	Mesurer les apports pour l'irrigation



Figure 2-27 : Localisation des sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes



### MARAIS DE L'ILON

#### Caractérisation des écoulements superficiels

Le marais de l'Ilon est bordé au nord par le canal de la Vallée des Beaux. Ce canal s'écoule d'est en ouest et est alimenté, au passage du marais, par le canal des pompes, le canal de Saint-Jean et le canal de la Faubraguette. A l'exception du canal des Pompes, ces canaux ne sont pas directement connectés au canal de la Vallée des Beaux. Ils alimentent ce dernier par des pompes installées à leur extrémité (P3 et P4).

Le canal de la vallée des Beaux alimente deux canaux qui traversent le marais de l'Ilon du nord au sud. Un premier canal se situe à l'ouest du marais de l'Ilon. Le second est situé centralement par rapport au marais, nous y ferons référence sous le nom de « canal central » dans la suite du document.

Au sein du marais de l'Ilon, il est nécessaire de distinguer l'Ilon ouest de l'Ilon est. La limite entre les deux marais est constituée par le canal central et est marquée en orange sur la carte ci-après.

#### ■ Ilon ouest

##### • Zone 1 (Z1) :

La zone est ceinturée par un canal en connexion avec le canal de la Vallée des Baux.

A l'Ouest, la zone 1 est bordée par un merlon, tout comme à l'Est, de part et d'autre du canal qui sépare la zone 1 de la zone 2 (Z2).

##### • Zone 2 (Z2) :

L'Ilon ouest est alimenté à partir du canal de la Vallée des Beaux et par le canal central. Ces deux canaux présentent des brèches permettant à l'eau de circuler librement entre les canaux et l'Ilon ouest.

Deux pompes (P1 et P2 sur la carte ci-après) permettent de prélever de l'eau depuis l'Ilon Ouest et le canal central pour alimenter des verges situés plus au sud. D'après la représentante du PNR des Alpilles, la pompe P1 n'est plus utilisée. Toutefois, un exploitant agricole souhaiterait la remettre en fonctionnement. La pompe P2 est encore utilisée aujourd'hui.

#### ■ Ilon est

##### • Zone 3 (Z3) :





L'alimentation de l'Ilon Est est indépendante de celle du canal de la Vallée des Beaux, excepté en période d'inondation où de l'eau peut déborder du canal vers le marais.

Au sud-est du marais de l'Ilon Est, de l'eau issue de résurgences alimente le marais.

- Zone 3' (Z3') :

Le long du chemin, le long de la paroi, un surcreusement semble avoir été réalisé. Il ne s'agit a priori pas d'un canal.

En revanche un canal (alimenté par les résurgences ?) traverse la zone humide d'Est en Ouest.

### **Synthèse des données disponibles**

Deux sondes ont été installées dans le cadre du projet Osmose 1 :

- Une sonde permettant le suivi du niveau dans l'Ilon est ;
- Une sonde permettant le suivi du niveau d'eau dans un des canaux qui alimente le canal d'assèchement de la vallée des Beaux : FM1. Ce canal serait alimenté par un lauron. Toutefois, le canal de la vallée des Beaux présente d'autres sources d'alimentation.

### **Sites proposées pour la réalisation de mesure de débit et l'installation de sondes**

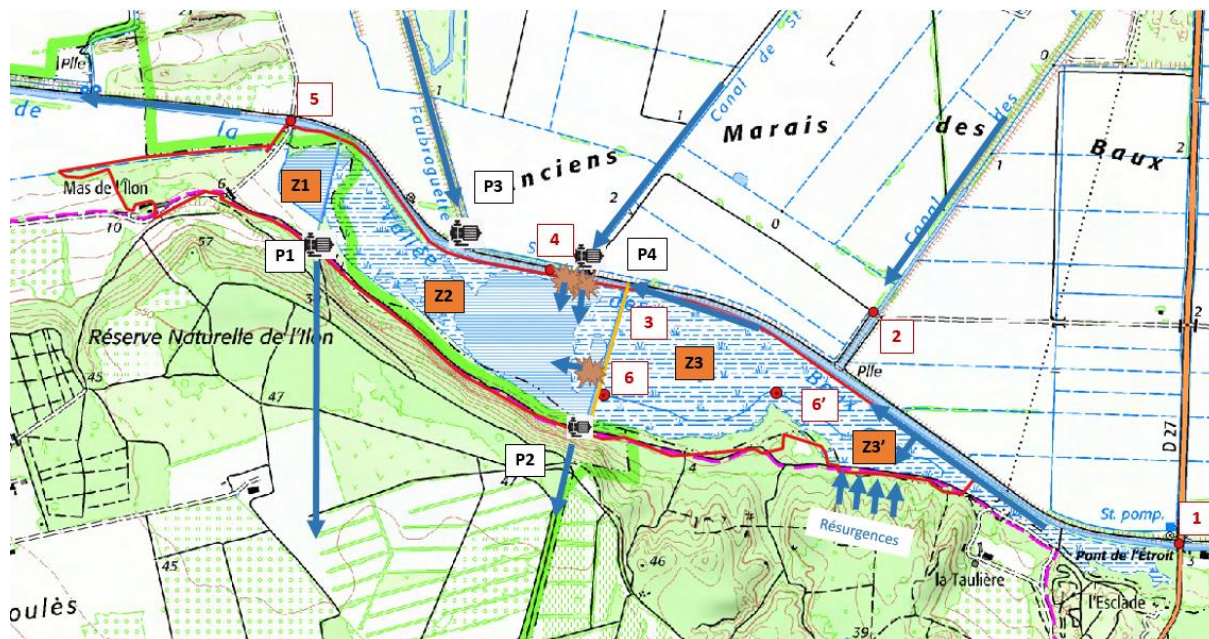
Afin de caractériser le fonctionnement du marais de l'Ilon, nous proposons de réaliser 7 jaugeages.

Tableau 2-6 : Sites proposés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes sur le marais de l'Ilon

Site sur la carte	Objectif
1	Mesurer le débit entrant dans le canal de la Vallée des Beaux
2	Mesurer le débit entrant via le canal des Pompes
3 et 4	Mesurer la pente de l'eau dans le canal et déterminer les interactions entre le canal et le marais de l'Ilon ouest
5	Mesurer le débit sortant du canal de la Vallée des Beaux
6	Mesurer le débit sortant de l'Ilon est
6'	Mesurer les apports des résurgences



Figure 2-28 : Sites identifiés pour la réalisation de jaugeages et l'installation de sondes dans le marais de l'Illon



### 2.4.3 Mesures de paramètres de qualité in situ

Le protocole prévoit la mesure de la température, du pH, de la conductivité et de la transparence de l'eau pour chacun des marais. Ces mesures nous fourniront des informations sur l'origine de l'eau (souterraines, superficielles). Nous prévoyons d'effectuer ces mesures :

- Au droit des sites où seront réalisés des jaugeages ;
- Au droit des sites où seront installées des sondes pour le suivi de la hauteur d'eau dans les habitats ;
- En des sites supplémentaires pour certains marais.

Pour cela, nous utiliserons une sonde multiparamètres HI991300 Hanna ainsi qu'un disque Secchi.

Les paragraphes suivants présentent la localisation des sites de mesure des paramètres physico-chimique dans les marais. Pour chacun des marais, la localisation des sites est matérialisée sur une carte sur laquelle figure la localisation des sites de jaugeages (points rouges), des sites pour l'installation de sondes dédiées au suivi du niveau d'eau dans les habitats (points jaunes) et des mesures supplémentaires (points bleus).

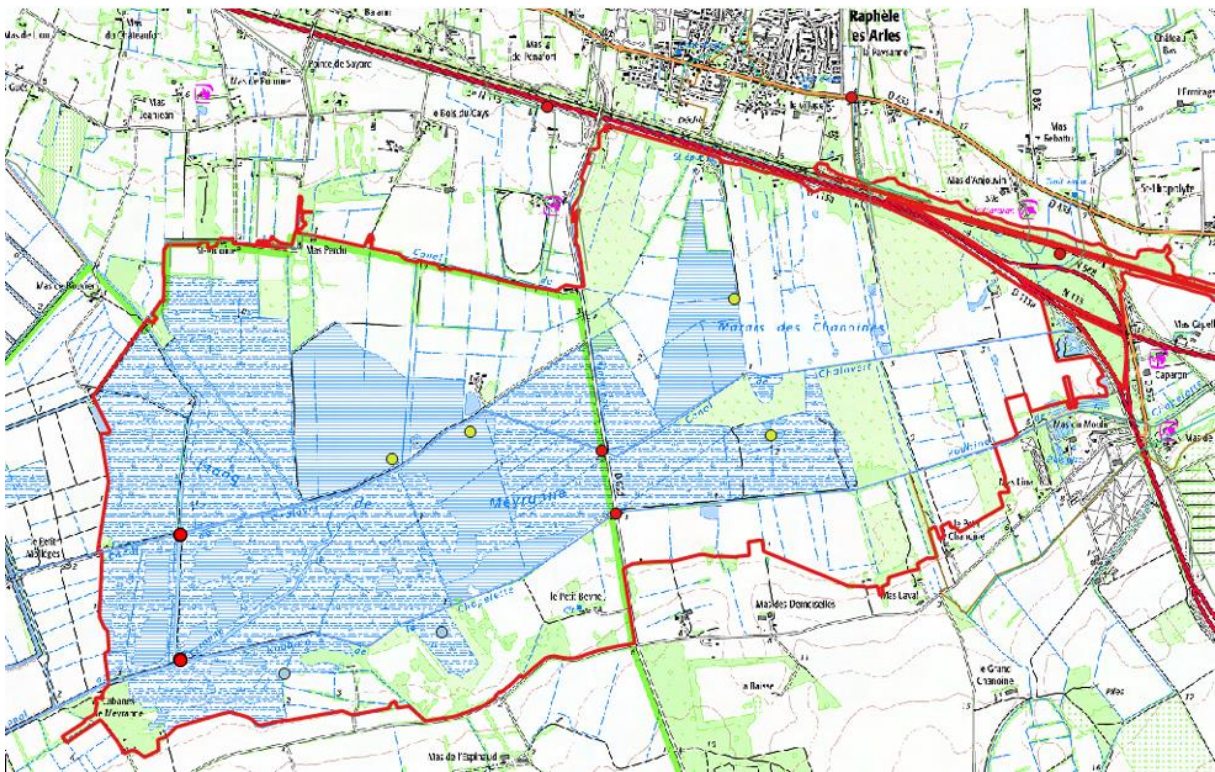
#### MARAIS DE MEYRANNE ET DES CHANOINES

Dans le marais de Meyranne et des Chanoines, nous prévoyons la mesure des paramètres physico-chimique au droit de 13 sites (voir Figure 2-29).

Les mesures supplémentaires en bordure de la roubine de la Chapelette permettront de compléter l'échantillonnage dans un secteur où la végétation traduit la complexité des sources d'alimentation en eau.



Figure 2-29 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de Meyranne et des Chanoines



## MARAIS DES COSTIÈRES DE CRAU

42

Dans le marais des Costières de Crau, nous prévoyons la mesure des paramètres physico-chimique au droit de 20 sites (voir Figure 2-30).

Les quatre mesures supplémentaires proposées visent, d'une part, à caractériser les gradients hydriques qui déterminent les transitions entre Crau sèche et dépression du Vigueirat (2 mesures dans le marais du Coucou) et, d'autre part, à caractériser les transitions avec les zones littorales (2 mesures au sud-ouest du marais de l'Audience).





Figure 2-30 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais des Costières de Crau



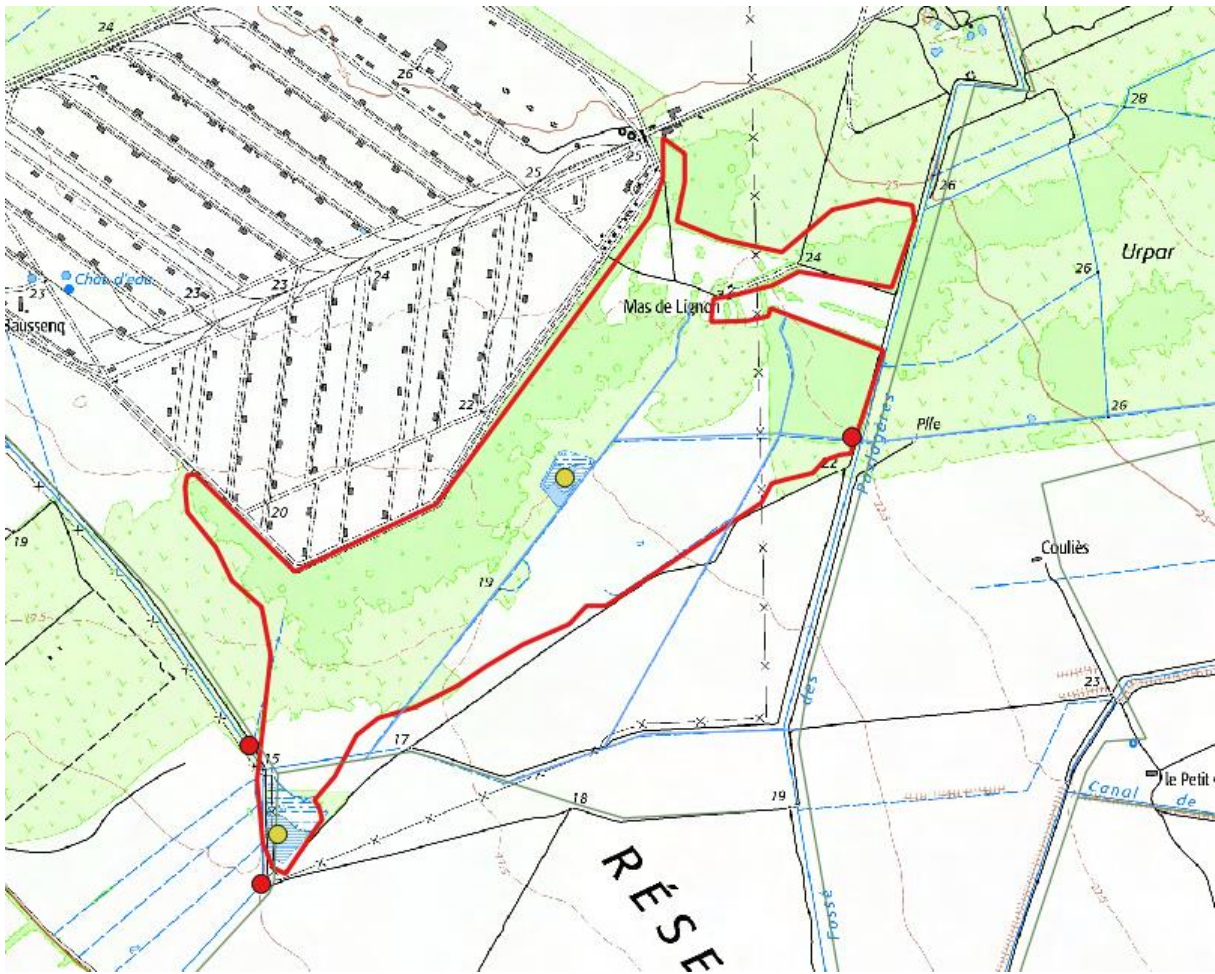
### MARAIS DE BAUSSENQ

Dans le marais de Baussenq, nous prévoyons la mesure des paramètres physico-chimique au droit de 5 sites.





Figure 2-31 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de Baussenq



44

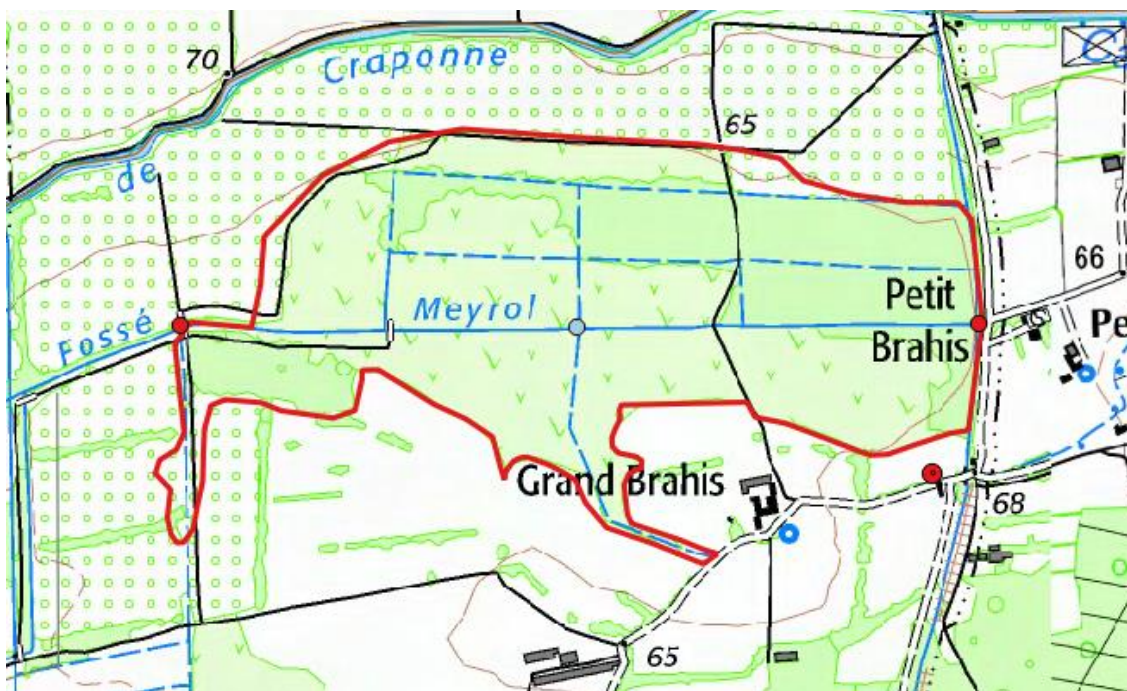
### MARAIS DU GRAND BRAHIS

Dans le marais du Grand Brahis, nous prévoyons la mesure des paramètres physico-chimique au droit de 4 sites.

La réalisation d'une mesure au cœur du système permettra de corrélérer la diversité du couvert végétal avec les variations de la ressource en eau



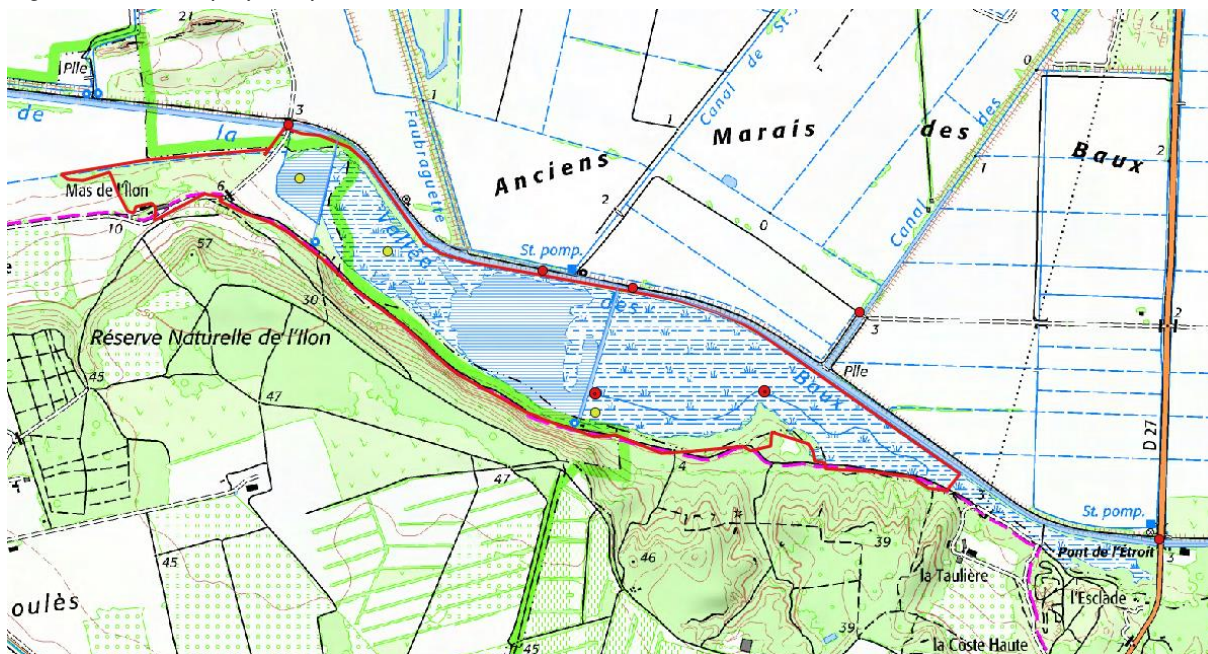
Figure 2-32 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais du Grand Brahis



### MARAIS DE L'ILON

Dans le marais de l'Ilon, nous prévoyons la mesure des paramètres physico-chimique au droit de 10 sites.

Figure 2-33 : Sites proposés pour l'installation de sondes de suivi du niveau d'eau dans les habitats – marais de l'Ilon





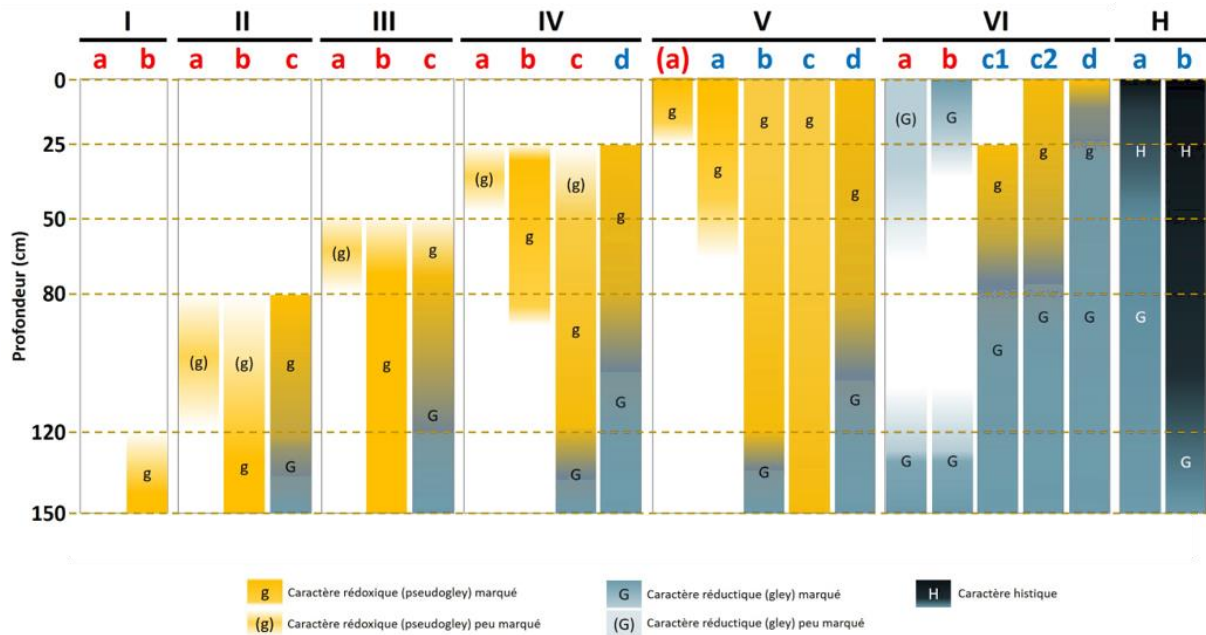


## 2.4.4 Sondages pédologiques

### 2.4.4.1 Généralités concernant la réalisation des sondages pédologiques

Les expertises pédologiques auront pour objectif de diagnostiquer les solums afin de mettre en évidence et de localiser les caractéristiques d'hydromorphie de chaque site.

Il s'agira à partir de sondages à la tarière à main de caractériser les sols à partir d'un plan d'échantillonnage préalablement positionné. Cette analyse s'inspirera des éléments de la circulaire du 18 janvier 2010 qui précise les protocoles pour délimiter les zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du Code de l'environnement.



46

Les conditions d'engorgement prolongé ou temporaire en eau peuvent se témoigner par des traces d'hydromorphie dans les différents horizons. Dès lors, pour apprécier si un sol est hydromorphe, la classification du Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée est utilisée. Cette classification permet de classer les sondages pédologiques en fonction de la distinction des traits rédoxiques (traces de rouille - pseudogley) ou des traits réductiques (couleur gris-bleu - gley) au cours des carottages effectués à la tarière à main sur une profondeur de 120 cm.

Dans le schéma ci-dessus, les classes de sols en bleu (IVd, Va, Vb, Vc, Vd, VIc1, VIc2, Vid et H) correspondent aux sols hydromorphes et caractéristiques des zones humides. Les classes en rouge ne sont pas considérées comme hydromorphes.

### 2.4.4.2 Sites envisagés pour la réalisation des sondages pédologiques

Une trentaine de sondages à la tarière à main (Edelman diamètre 7 cm) seront effectués par site pour diagnostiquer les contextes pédologiques, soit 120 sondages au total.

Les paramètres relevés au niveau de chaque sondage seront :

- Profondeur (refus) ;
- Hydromorphie (horizons, profondeur) ;
- Saturation en eau, et toit de la nappe ;
- Classe et type de sol selon Référentiel Pédologique.





L'appréciation du contexte topographique et hydraulique a permis de positionner des points de relevés pour disposer d'informations homogènes à l'échelle de l'ensemble de chaque zone humide.

L'appréciation de l'occupation des sols permet également d'adapter le plan d'échantillonnage et d'élargir la zone de prospection au-delà des limites des zones humides cartographiées.

A l'issue des expertises qui auront lieu au cours d'une campagne de terrain à mener entre les mois d'avril et mai 2021, les résultats obtenus permettront de distinguer les conditions d'engorgement en eau des solums, de cartographier l'emprise de sols hydromorphes (à une échelle de l'ordre du 1/10 000°) et d'apprécier globalement les évolutions attendues d'un abaissement des hauteurs de nappe.

Nous présentons ci-après le plan d'échantillonnage pour chaque zone humide. Cela comprend :

- La présentation des principales caractéristiques de la zone humide ;
- L'hypothèse que nous faisons concernant la dépendance de l'alimentation de la zone humide par la nappe ;
- La localisation des sites proposés pour la réalisation des sondages pédologiques. Ces sites sont matérialisés par des points marron sur chacune des illustrations suivantes.

### MARAI DE L'ILON :

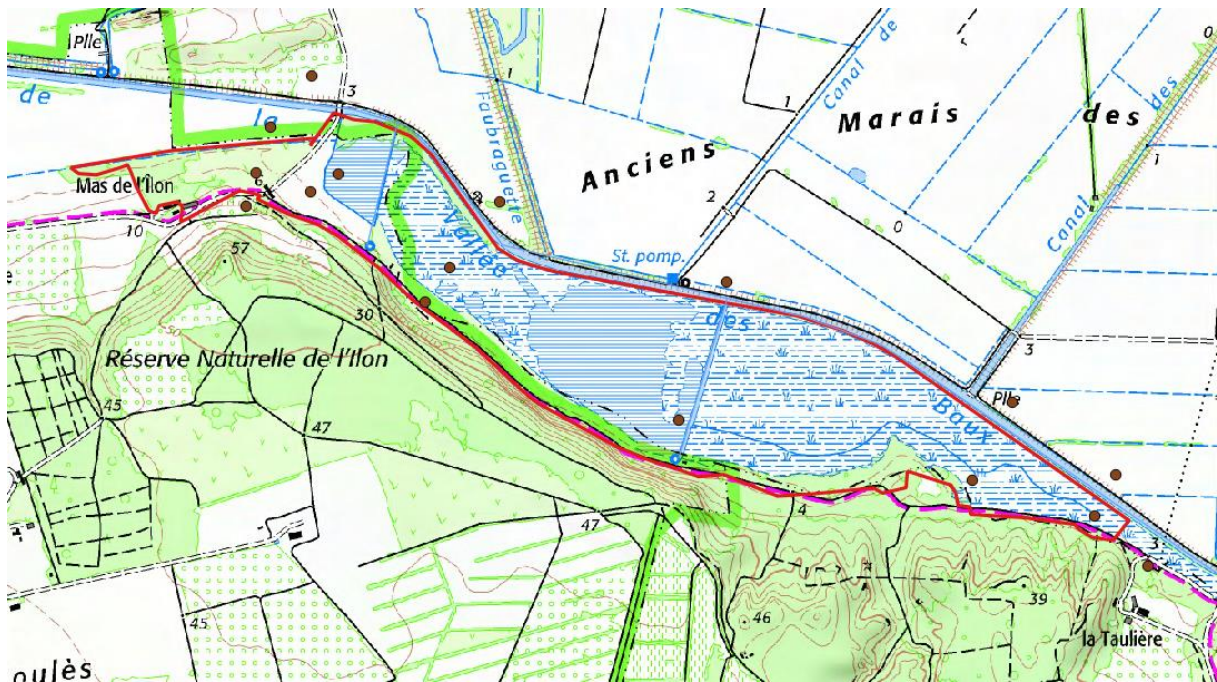
Le marais de l'Ilon est caractérisé par :

- Des formations diverses de type prés salés méditerranéens, des roselières et des cladiaies ;
- Un contexte local de plaine agricole cultivée ;
- Une topographie plane avec altitude maximale inférieure à 5m ;
- La présence de nombreux canaux et fossés de drainage,
- Des sols caractéristiques des zones humides : Réductisols (sols hydromorphes à gley) et Rédoxisols (engorgement temporaire dans les 50 premiers centimètres des solums).

Sur la base de ces éléments, la figure suivant présente la localisation des sites pour la réalisation des sondages pédologiques dans le marais de l'Ilon.



Figure 2-34 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais de l'Illon



## MARAIS DES COSTIERES DE CRAU

Ce marais est caractérisé par :

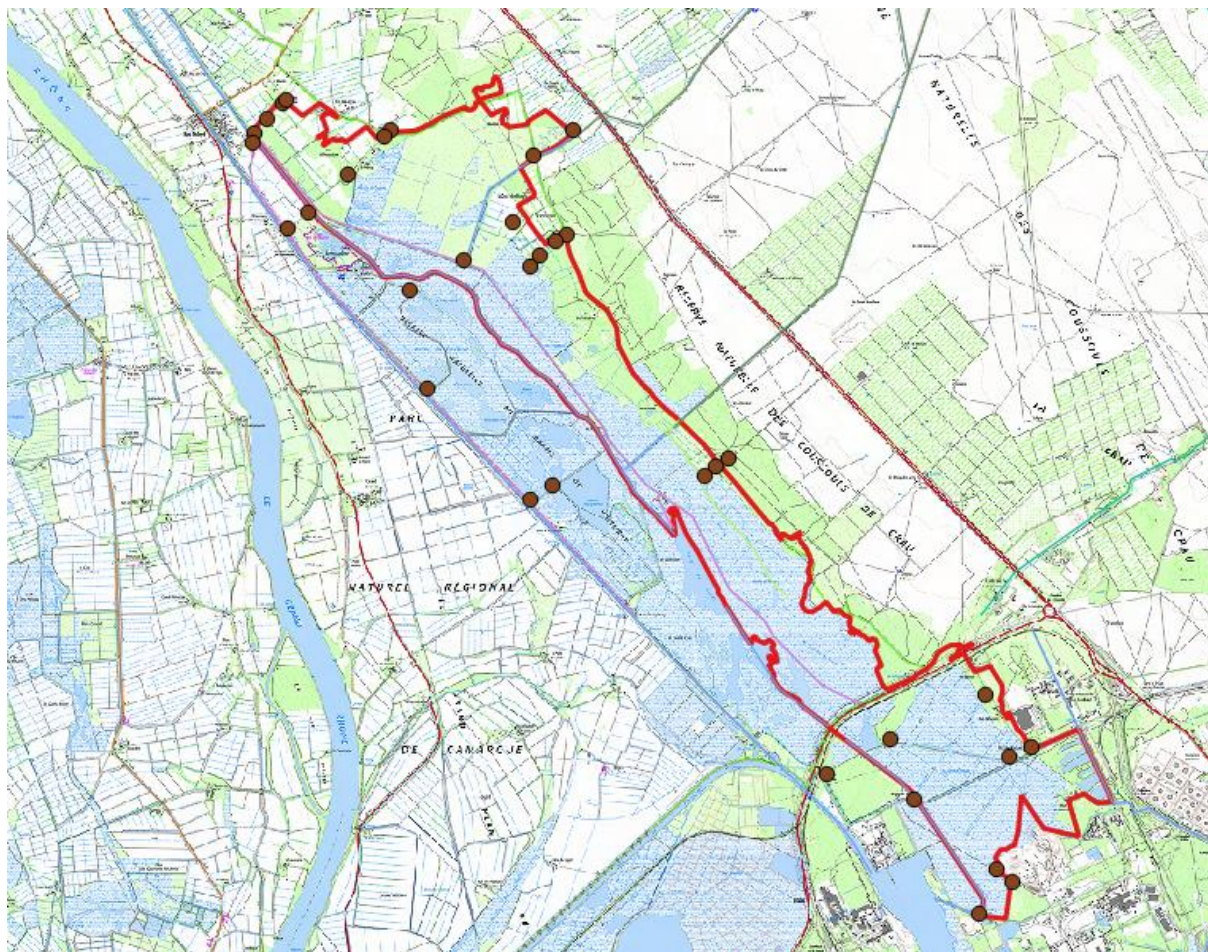
- Des formations diverses de type prés salés méditerranéens, des roselières et des cladiaies ;
- La présence du delta rhodanien ;
- Une topographie plane avec altitude maximale inférieure à 5m ;
- La présence de nombreux canaux ;
- Des sols caractéristiques des zones humides : Réductisols (sols hydromorphes à gley) et Rédoxisols (engorgement temporaire dans les 50 premiers centimètres des solums) ;

Sur la base de ces éléments, la figure suivant présente la localisation des sites pour la réalisation des sondages pédologiques dans le marais des Costières de Crau.





Figure 2-35 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais des Costières de Crau



### MARAI DE BAUSSENG

Ce marais est caractérisé par :

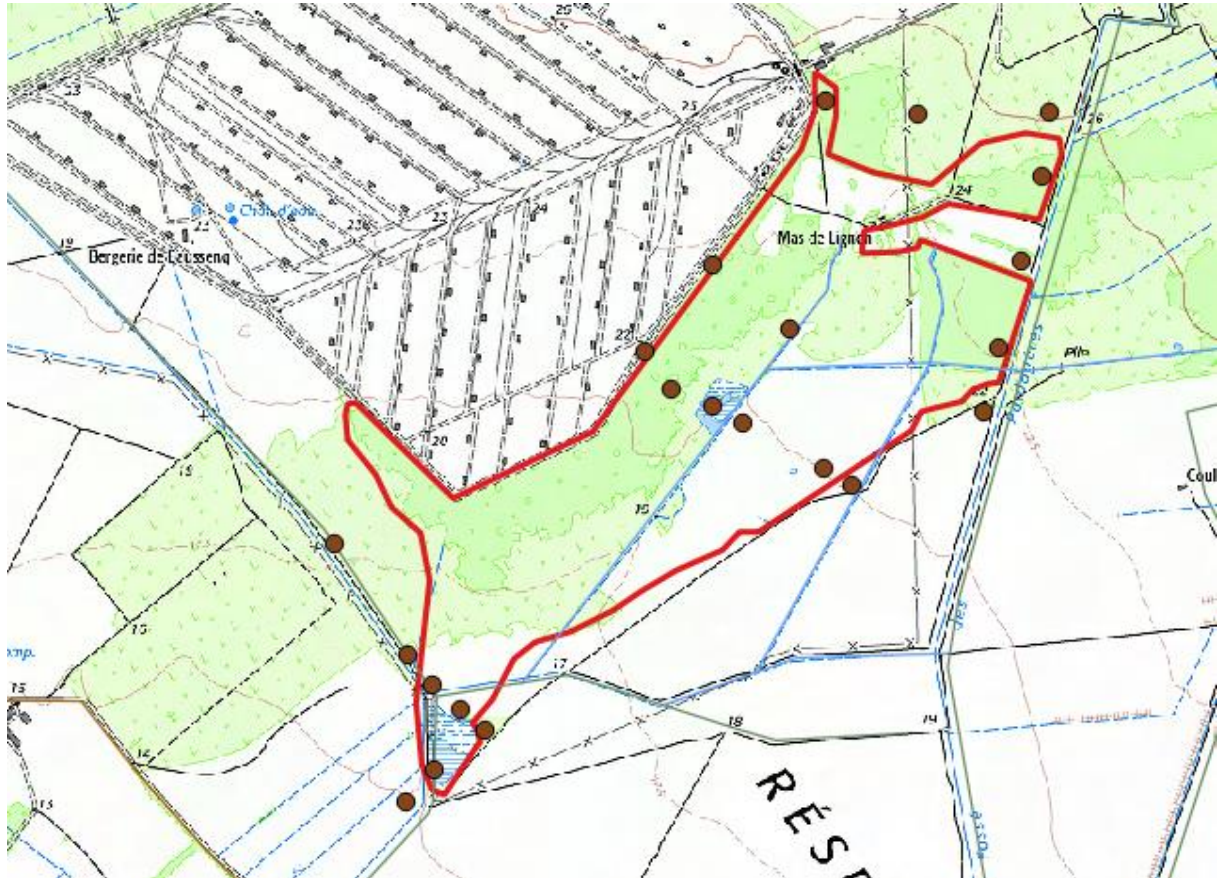
- Des formations diverses de type prairies humides méditerranéennes et peuplements de Peupliers et Frênes ;
- Des parcelles pâturées par des troupeaux de bovins ;
- Une topographie plane et géologie dominée par cailloutis de Crau ;
- Des sondages à la tarière difficiles à prévoir (risque de refus des premiers centimètres).

Sur la base de ces éléments, la figure suivant présente la localisation des sites pour la réalisation des sondages pédologiques dans le marais de Bausseng.





Figure 2-36 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais de Baussenq



## MARAIS DE RAPHELE

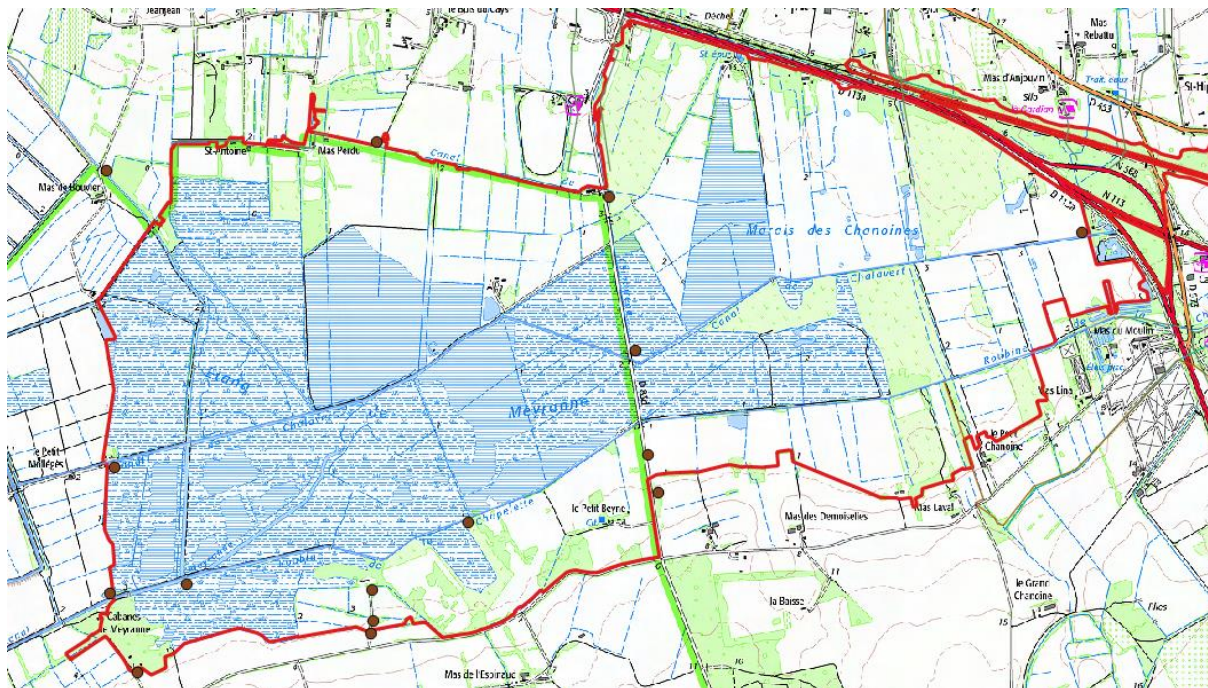
Ce marais est caractérisé par :

- Des formations diverses de type prairies humides méditerranéennes et cladiaies ;
- Un contexte local de plaine agricole cultivée ;
- La présence de nombreux canaux et fossés de drainage.

Sur la base de ces éléments, la figure suivant présente la localisation des sites pour la réalisation des sondages pédologiques dans les marais de Raphèle.



Figure 2-37 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans les marais de Raphèle



### GRAND BRAHIS

Ce marais est caractérisé par :

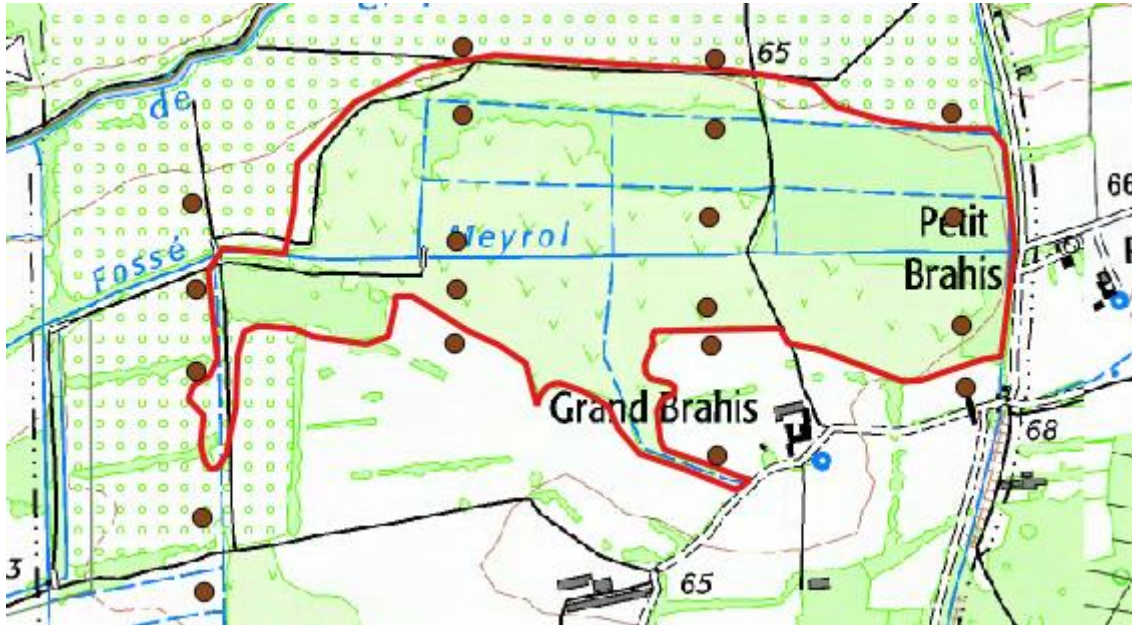
- Des formations diverses de type prairies humides méditerranéennes et peuplements de Peupliers et Frênes ;
- Un fond de vallon cultivé (prairies de fauche, cultures, oliviers) ;
- Des sols caractéristiques des zones humides : Fluviosols et Colluviosols avec caractéristique rédoxique (engorgement temporaire dans les 50 premiers centimètres des solums).

Sur la base de ces éléments, la figure suivant présente la localisation des sites pour la réalisation des sondages pédologiques dans le marais du Grand Brahis.





Figure 2-38 : Sites proposés pour la réalisation de sondages pédologiques dans le marais du Grand Brahis



### 2.4.5 Relevés de végétation

140 relevés de végétation seront réalisés dans l'ensemble des sites d'étude, au droit des points de mesure des paramètres physico-chimique. Un relevé de végétation sera réalisé sur une surface homogène centrée si possible sur le point de mesure ou à défaut très proche de celui-ci. Sur ces stations d'environ 30 m<sup>2</sup> (un cercle de 3m de rayon environ) le relevé floristique consistera à établir la liste des espèces présentes, accompagnées d'un coefficient d'abondance-dominance qui traduit son niveau d'occupation dans l'espace.

Le but de ces relevés n'est pas la recherche d'espèces patrimoniales ni la caractérisation des habitats naturels, mais de disposer d'un descripteur pertinent à partir duquel la réponse de la végétation aux variations des paramètres hydrauliques pourra être mise en évidence. La composition floristique de stations sera corrélée aux variations des variables du milieu : données quantitatives et qualitatives issues des mesures réalisées au niveau des sondes à l'entrée et au sein des zones humides, complétées par des profils pédologiques permettant de caractériser les niveaux d'eaux dans les sols.

L'ensemble des données collectées sur les 140 stations (listes des espèces végétales présentes et données qualitatives et quantitatives relatives à l'eau et au sol) sera analysé au moyen d'une Analyse canonique des correspondances (ou Analyse Factorielle des Correspondances sur Variables Instrumentales). Cette analyse permettra de définir des groupes d'espèces dépendants des caractéristiques particulières de la ressource en eau. Cette méthode d'analyse permet également d'objectiver les gradients écologiques (hydrauliques et édaphiques) qui déterminent l'organisation des groupements végétaux. Grâce à la mise en évidence de ces gradients, il sera possible de caractériser les trajectoires évolutives des groupements végétaux (donc des habitats naturels et des habitats des espèces patrimoniales) en cas de modifications des facteurs hydrauliques.

## 2.5 SYNTHÈSE DU PROTOCOLE PAR SITE D'ÉTUDE

Cette section synthétise la démarche proposée pour comprendre le fonctionnement de chaque marais et répondre aux objectifs de l'étude. Pour cela, nous présentons :

- **Le contexte** : nous présentons les éléments de compréhension du fonctionnement du marais ;
- **Les hypothèses** concernant la dynamique d'alimentation en eau du marais. Ces hypothèses sont issues de la pré-analyse des données Osrose 1 et de notre compréhension du fonctionnement du marais ;





- **Les questions** auxquelles nous cherchons à répondre ;
- **L'instrumentation** et la méthode qu'il est proposé de mettre en œuvre pour répondre aux questions ;
- **La localisation des sites de mesure.**

Pour ce dernier point, nous illustrons la localisation des sites de mesure par une carte. La légende employée pour les différents figurés est la suivante.

### Légende

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| ● Jaugeage au droit d'une sonde sur canal | ● Relevé phyto-socio               |
| ● Jaugeage sur canal uniquement           | ● Mesure de qualité supplémentaire |
| ● Suivi du niveau d'eau dans les habitats | ▲ Puits / forage                   |
| ● Sondage pédologique                     |                                    |

### 2.5.1 Marais de l'Illon

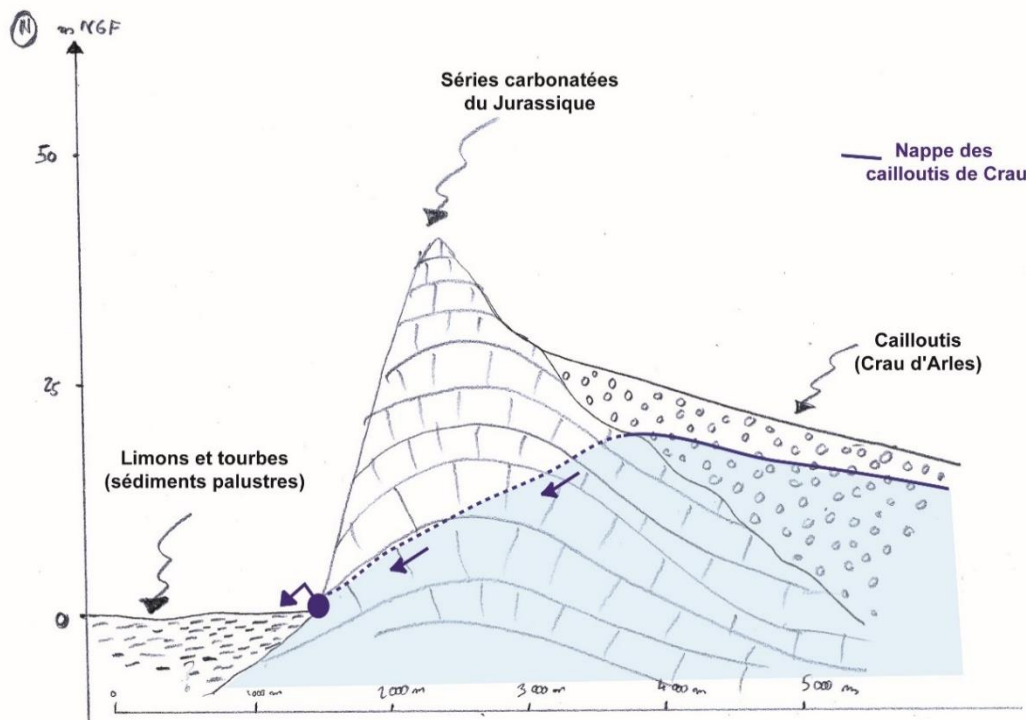
#### CONTEXTE

- Historique de gestion et de mesure ;
- Système très complexe en raison de la présence de nombreuses brèches et de plusieurs stations de pompage ;
- 3 compartiments, voire 4, au fonctionnement distinct.
- La zone humide repose sur les sédiments quaternaires qui forment la dépression des Baux. Au droit de la zone humide, selon carte la géologique, il s'agit « limons d'origine colluviale, parfois tourbeux : il s'agit essentiellement des limons de décantation piégés dans la cuvette allongée des marais des Baux. Les limons gris proviennent du lessivage des formations environnantes ».

D'un point de vue hydrogéologique, ces limons sont peu perméables ; l'enjeu en termes d'alimentation par les eaux souterraines est de bien caractériser et quantifier les apports latéraux en provenance des séries carbonatées du massif de l'Anellier qui joue le rôle de relais hydraulique entre la Dépression et la nappe des cailloutis de Crau.



Figure 2-39 : Schéma de la géologie du marais de l'Ilon selon une orientation nord-sud



## HYPOTHESES

- Influence de la nappe limitée en quantité et en surface (apports principaux par débordement franc, drainance ascendante a priori faible)
- Forte influence du canal, ZH se rempliraient et se videraient en symétrique du canal (bassines)

## QUESTIONS

- Fonctionnement bassine dominant sur cette zone humide ?
- Différences de fonctionnement entre les 3 compartiments ?
- Nature et épaisseurs des sédiments palustres ?
- Quelle relation entre le niveau de nappe dans les cailloutis de Crau et le débit des sources ?
- Confirmation et origine de la salinité

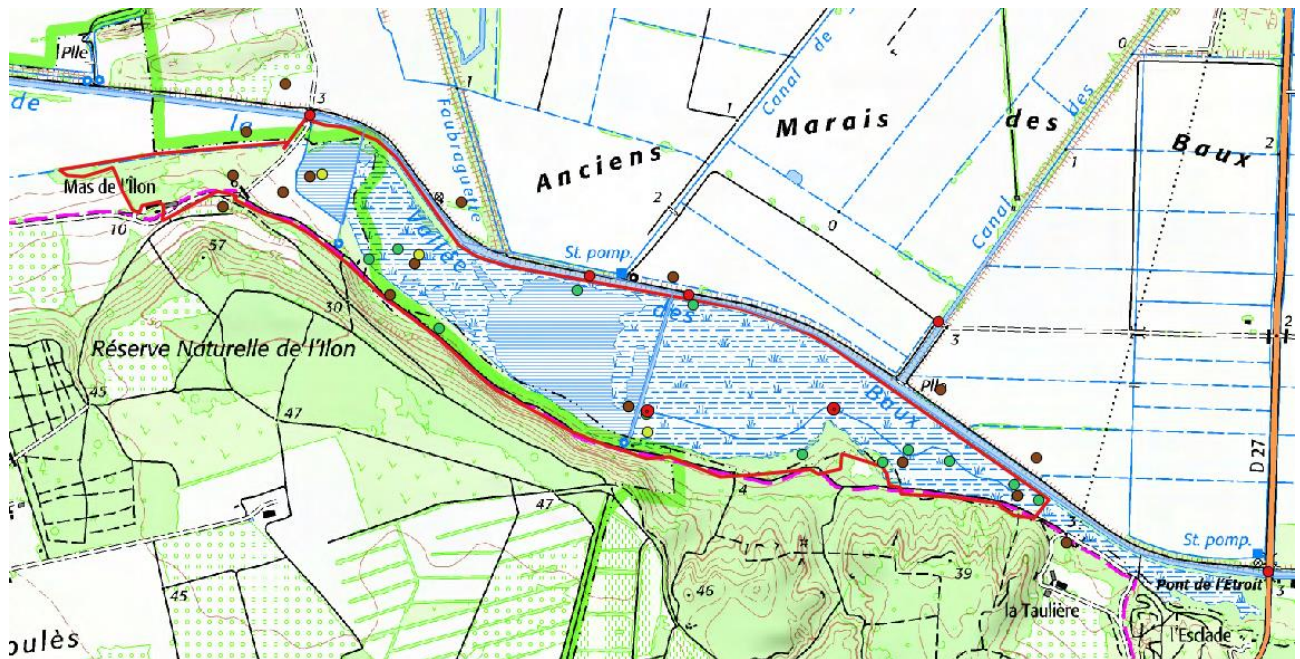
## INSTRUMENTATION / METHODE SPECIFIQUE

- Mesure d'un gradient de conductivité
- Mesure du sens d'écoulement au niveau des brèches ?
- Analyses de sol ?



## LOCALISATION DES MESURES

Figure 2-40 : Localisation de l'ensemble des mesures effectuées sur le marais de l'Ilon



### 2.5.2 Marais des costières de Crau

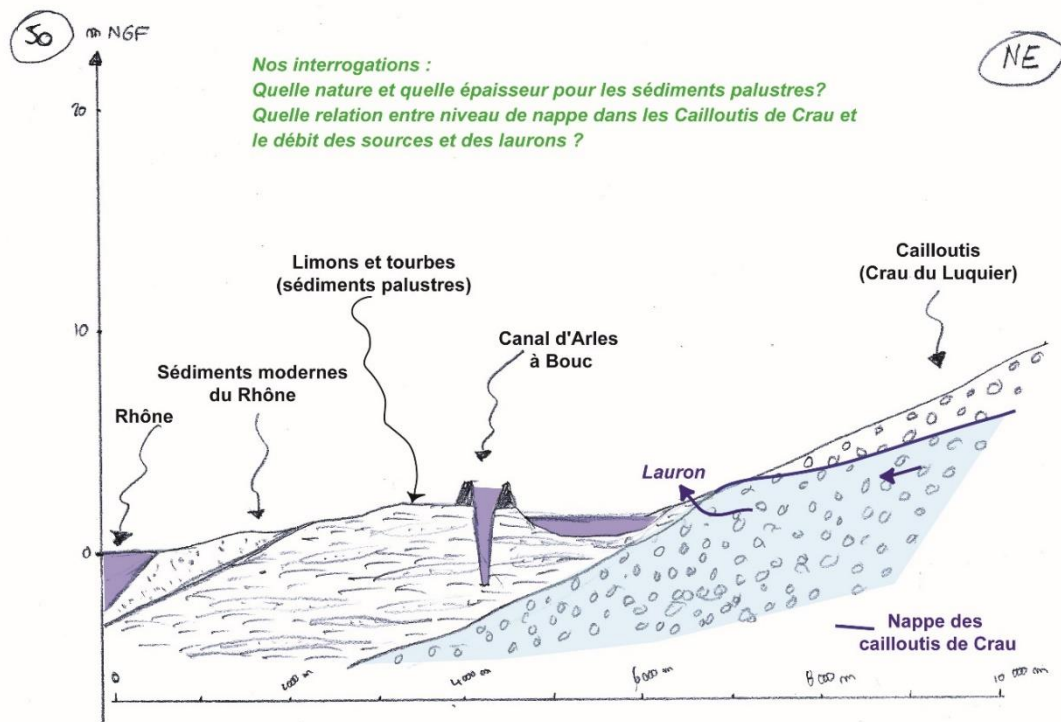
#### CONTEXTE

- 2 sites en 1 : Costières / Tonkin
  - Fonctionnement différent
  - Habitats liés aux résurgences forment une bande plus étroite sur le Tonkin que sur les Costières
- Réseau de piézomètres très complet
- Influence de l'irrigation lointaine peu visible dans le signal nappe en entrée du site
- La zone humide repose sur les sédiments quaternaires qui viennent en recouvrement des cailloutis de Crau. Il s'agit principalement de sédiments palustres réputés peu perméables.
- D'un point de vue hydrogéologique, les sédiments quaternaires sont peu perméables ; l'alimentation de la zone humide peut se faire deux manières : par des sources de bordure au contact avec les cailloutis de Crau ou par des Laurons.





Figure 2-41 : Schéma de la géologie du marais des Costières de Crau, selon une coupe nord-est sud-ouest



## HYPOTHESES

- Forte corrélation entre gradient topographique et influence de la nappe ;
- 95% des sorties de la nappe se fait par les sources et laurons en début de zone humide à l'ouest. Eau de nappe très peu mobile dans les aquitars ;
- Contributions équivalentes des apports souterrains et superficiels.

## QUESTIONS

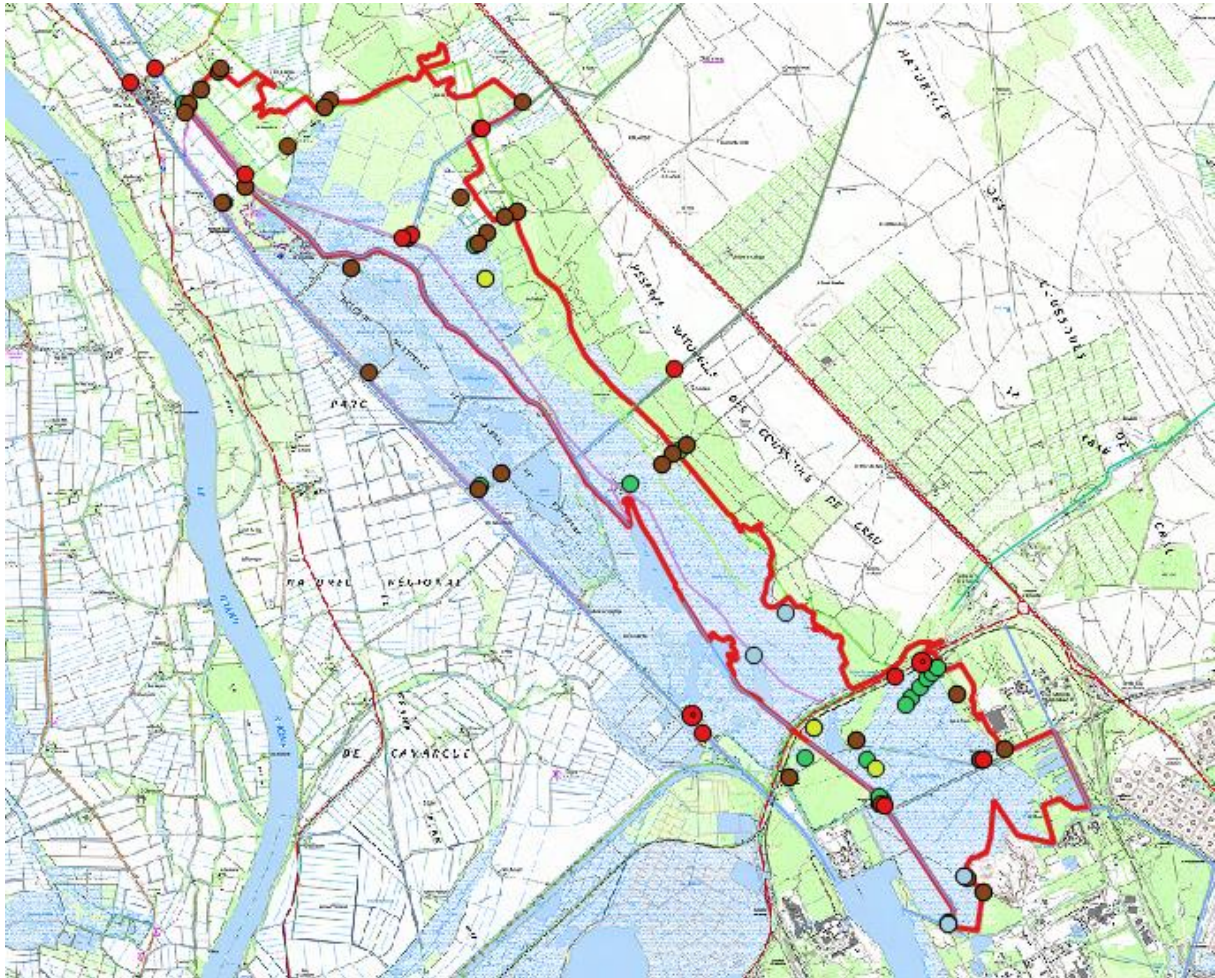
- Les Canaux drainent-ils la nappe ?
- Alimentent-ils la zone humide par débordement lors des épisodes pluvieux ?
- Quel degré de compartimentation du système ?
- Épaisseur et nature des sédiments palustres ?
- Relation entre niveau de nappe dans les Cailloutis de Crau et débit des sources et laurons ?

## INSTRUMENTATION / METHODE SPECIFIQUE

- Mesures entrées / sorties appliquées au système dans son ensemble (Vigueirat compris) et non au périmètre d'étude strict
- Importance des mesures physico-chimiques lors des jaugeages
- Jaugeage de l'ensemble du site en 1 journée si possible
- Déplacement des sondes Osmose 1 (actuellement placées dans des Laurons)
- Caler les transects pédologiques sur les mesures hydro (compte tenu de la taille du site)
- Cartographie de l'évolution spatiale et temporelle des zones inondées

## LOCALISATION DES MESURES

Figure 2-42 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais des Costières de Crau



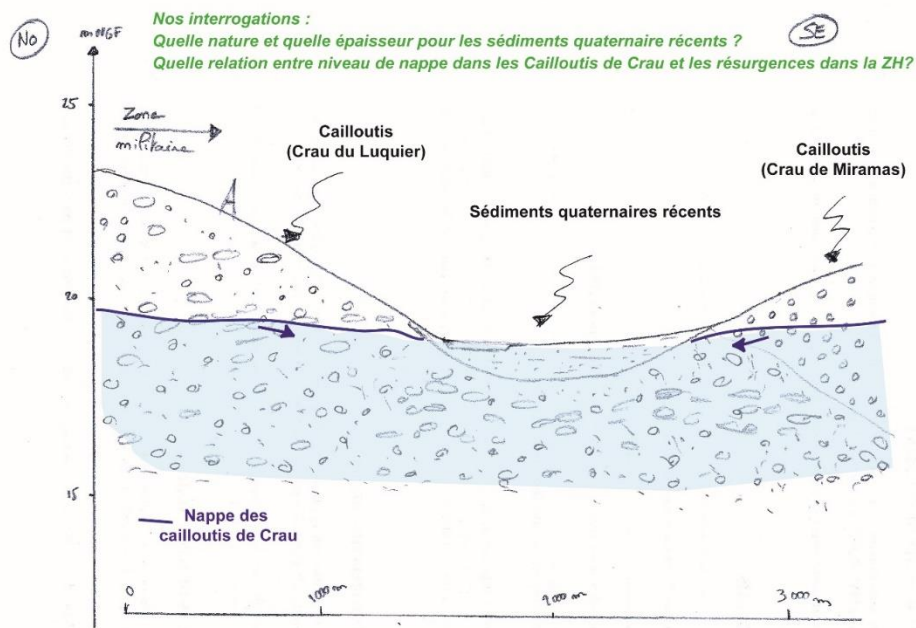
### 2.5.3 Marais de Baussenq

#### CONTEXTE

- Très peu de sol
- Terrain militaire
- Connaissances relativement faibles
- La zone humide repose sur les sédiments quaternaires qui viennent en recouvrement des cailloutis de Crau. Selon la carte géologique, il s'agit de « limons fluviatiles : ces sédiments colmatent les dépressions qui jalonnent les contacts entre les différentes nappes de cailloutis. ».
- D'un point de vue hydrogéologique, les sédiments quaternaires sont a priori peu perméables (point à vérifier).



Figure 2-43 : Schéma de la géologie du marais de Baussenq selon une coupe nord-ouest sud-est



## HYPOTHESES

- ZH alimentée préférentiellement par contact avec le toit de la nappe et résurgence au niveau des mares ;
- Forte variabilité spatiale et temporelle de la présence d'eau.

## QUESTIONS

- Apports et plus-value de l'irrigation locale ?

## INSTRUMENTATION / METHODE SPECIFIQUE

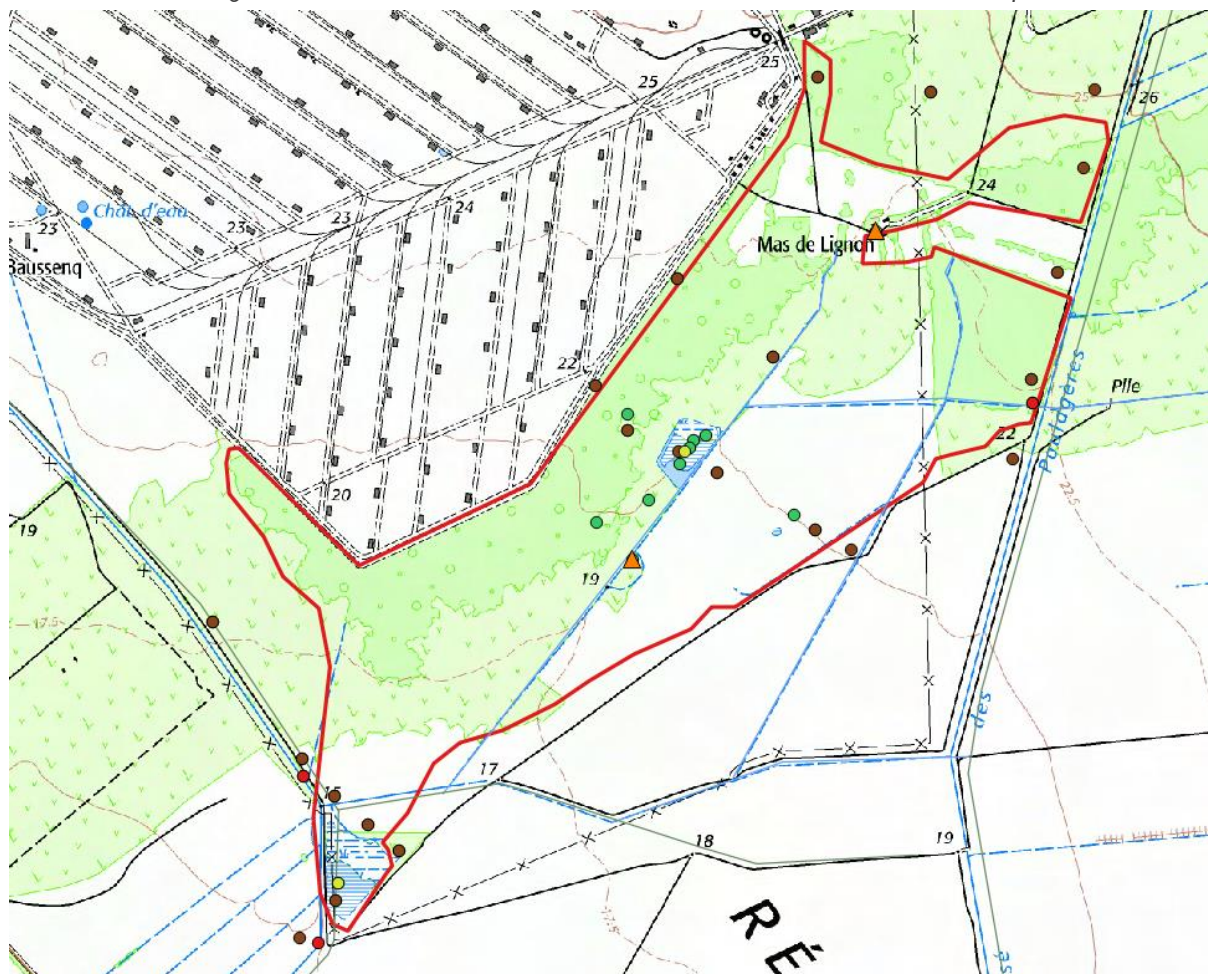
- Création d'un piézomètre au centre du site ;
- Mesure du niveau d'eau dans le puit du Mas Lignon ;
- Malgré sol peu présent, maintien de sondages pédologiques pour mesurer la variabilité de la profondeur de sol sur le site (refus).





## LOCALISATION DES MESURES

Figure 2-44 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais de Baussenq



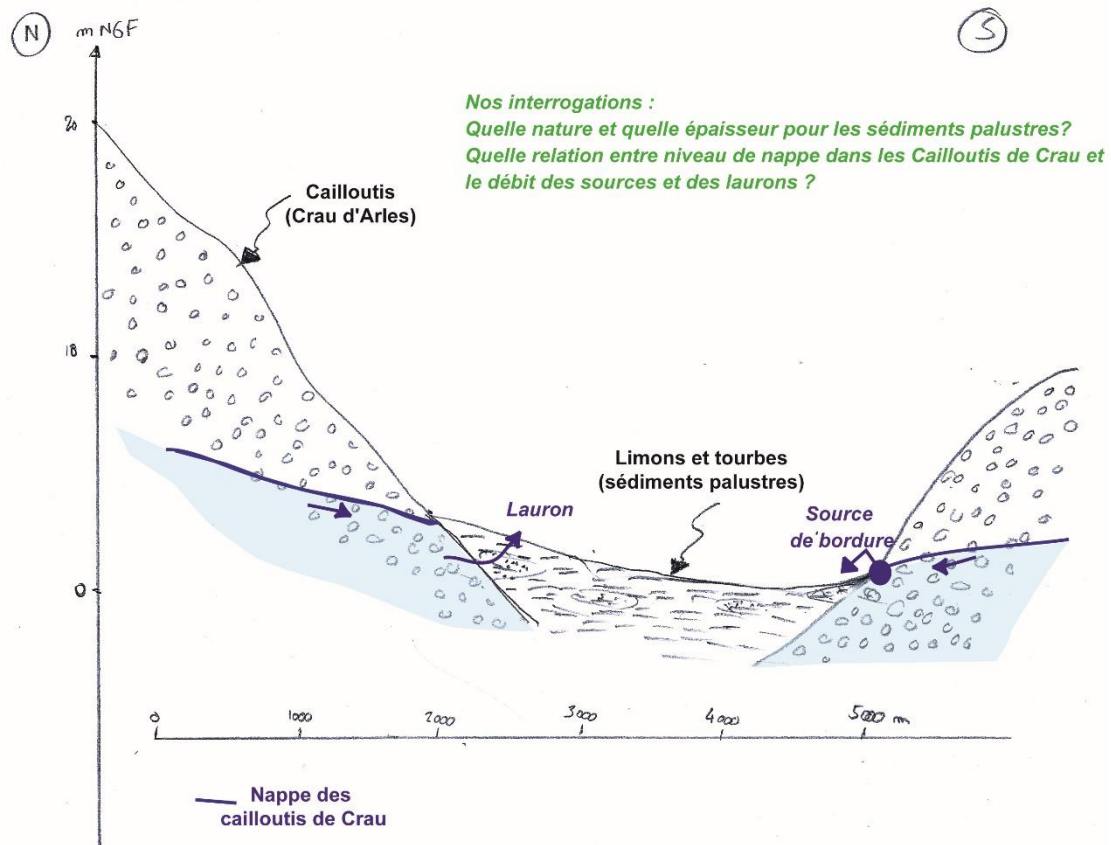
### 2.5.4 Marais de Raphèle (Chanoines et Meyranne)

#### CONTEXTE

- Lecture cartographique complexe des relations canaux-zone humide (cf. Ceintureau) ;
- Importance des mesures des AMV sur Meyranne.
- La zone humide repose sur les sédiments quaternaires qui viennent en recouvrement des cailloutis de Crau. Il s'agit principalement de sédiments palustres réputés peu perméables.
- D'un point de vue hydrogéologique, les sédiments quaternaires sont peu perméables ; l'alimentation de la zone humide peut se faire deux manières : par des sources de bordure au contact avec les cailloutis de Crau ou par des Laurons.



Figure 2-45 : Schéma de la géologie du marais des Meyranne et des Chanoines selon une coupe nord sud



60

## HYPOTHESES

- Contexte géologique partie ouest davantage favorable à la formation de laurons ;
- Site très compartimenté ;
- Fonctionnement hydro très complexe (pluvial, canaux, compartimentation, résurgences et contact de la nappe sous la zone humide).

## QUESTIONS

- Nature et épaisseur des sédiments palustres ?
- Relation entre niveau de nappe dans les cailloutis de Crau et débits des sources et laurons ?
- Valider les entrées et sorties du réseau superficiel et identifier l'origine de l'eau drainée par ce réseau
- Degré de compartimentation
- Influence géographique des canaux

## INSTRUMENTATION / METHODE SPECIFIQUE

- Besoin d'au moins 4 sondes de niveau d'eau dans la zone humide





## LOCALISATION DES MESURES

Figure 2-46 : Localisation de l'ensemble des mesures sur les marais de Raphèle



### 2.5.5 Marais du Grand Brahis

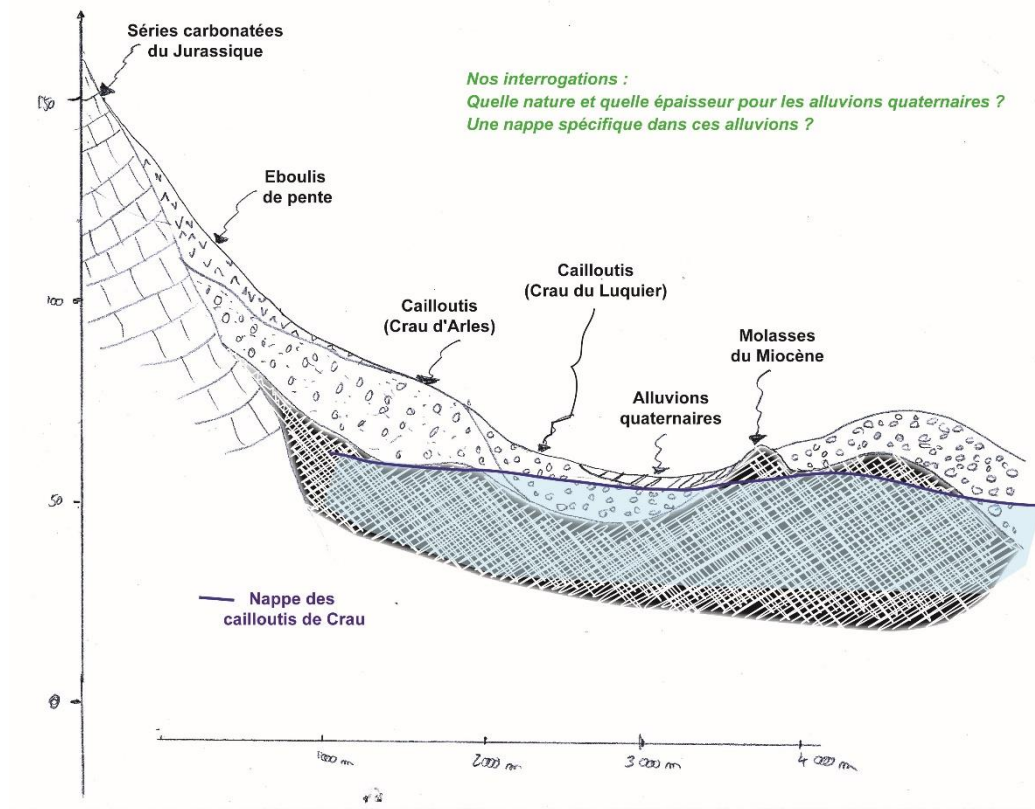
#### CONTEXTE

- Forte influence anthropique (recolonisation forte au cours des 20 dernières années)
- Connaissances limitées (absence de plan de gestion)
- Secteur sud irrigué
- Variations de niveaux de nappe cohérentes entre les différents piézomètre mais piézomètres existants ne permettent pas de savoir à quel niveau se situe la nappe des cailloutis sous la zone humide.
- La géologie de ce secteur est complexe. Les cailloutis de Crau sont peu épais et sont en recouvrement de la molasse miocène qui est elle-même aquifère ; localement, cette molasse miocène affleure. Latéralement, des éboulis de pente viennent en recouvrement des cailloutis de Crau. La zone humide elle-même est située dans un creux topographique caractérisé par une accumulation de sédiments quaternaires ; au nord, selon la carte géologique, il s'agit « des alluvions indifférenciées sont représentées uniquement dans la vallée qui occupent le Meyrol à la jonction des Crau de Saint-Pierre de Vence et du Luquier. Il s'agit alors essentiellement de matériaux provenant de l'érosion et du lessivage des formations pléistocènes liés par une matrice limoneuse. ». Sous la zone, Cz selon la carte géologique : « limons fluviaux : ces sédiments colmatent les dépressions qui jalonnent les contacts entre les différentes nappes de cailloutis. »
- Il en résulte une certaine complexité hydrogéologique ; on, a potentiellement trois nappes : une nappe puissante dans les cailloutis de Crau, une nappe plus inerte dans la molasse miocène et une nappe superficielle dans les limons (à vérifier) ; les interrelations entre ces trois nappes doivent être considérées comme inconnues.





Figure 2-47 : Schéma de la géologie du marais du Grand Brahis selon une coupe nord sud



62

## HYPOTHESES

- Alimentation par la nappe des cailloutis limitée

## QUESTIONS

- Nature et épaisseur des alluvions quaternaires ? Existence d'une nappe superficielle spécifique dans ces alluvions ?
- La nappe de la Crau vient-elle toucher le TN ? Suralimenter la ZH ?
- Quelle capacité de drainage des drains ?
- Part de l'irrigation locale (sud) par rapport aux apports du canal central ?
- Origine de l'eau du canal central ?
- Part de l'influence des activités anthropiques par rapport fonctionnement hydrologique dans la distribution des habitats

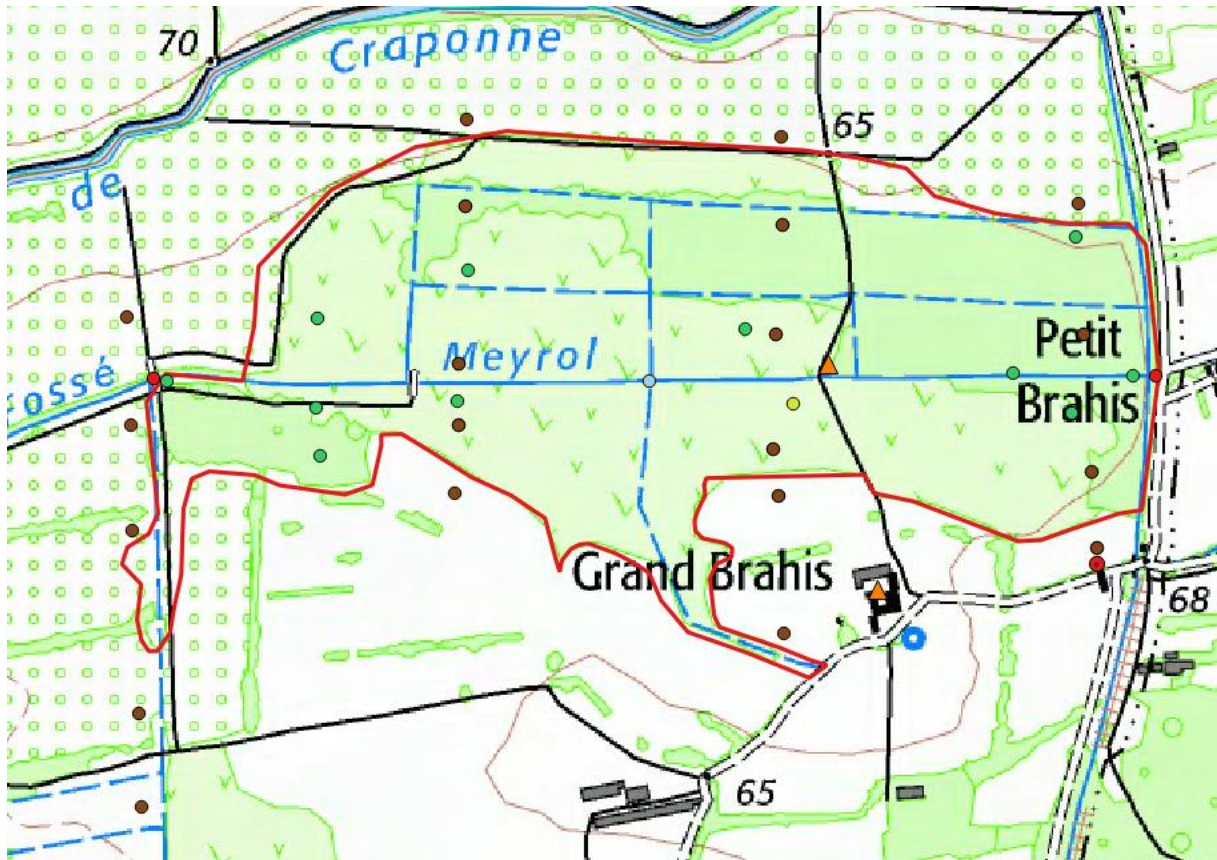
## INSTRUMENTATION / METHODE SPECIFIQUE

- Création d'un piézomètre dans la zone humide (cailloutis)



## LOCALISATION DES MESURES

Figure 2-48 : Localisation de l'ensemble des mesures sur le marais du Grand Brahis







# BIBLIOGRAPHIE

Syndicat Mixte de Gestion de la Nappe Phréatique de la Crau. (2020). *Etude de détermination du besoin d'alimentation en eau des zones humides de la Crau (OSMOSE). Annexe du CCTP. Présentation des sites d'étude.* Istres.



**BRL**  
*Ingénierie*



[www.brl.fr/brli](http://www.brl.fr/brli)

*Société anonyme au capital de 3 183 349 euros  
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862  
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19*

1105, avenue Pierre Mendès-France  
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5  
FRANCE  
Tél. : +33 (0) 4 66 87 50 85  
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09  
e-mail : [brli@brl.fr](mailto:brli@brl.fr)