

Suivi de la salinité du Domaine du Petit Saint-Jean

Par les étudiantes de Montpellier SupAgro

Alary Solène, Charles Esther, Corre Chloé, Rouleau Maryl

Mars 2023

Remerciements

Nous tenons à remercier nos commanditaires, Valentina Alessandria de la chaire Agrosys, ainsi que Nicolas Beck de la Tour du Valat pour l'aide qu'ils nous ont apporté pendant ce projet.

Merci à Karima Hirech de nous avoir permis de nous rendre sur le terrain, ainsi qu'à Alexia pour nous avoir hébergées.

Nous remercions également toutes les personnes ressources, qui nous ont été particulièrement utiles pour la compréhension des enjeux de Mas du Petit Saint-Jean et la rédaction de ce rapport : Loïc Tendron, vigneron du Petit Saint-Jean, Sébastien Loubier ainsi que Christian Lamazère, président de l'ASA du Bourgidou et du Sylveréal.

Enfin, nous remercions chaleureusement nos professeurs, François Colin, Armand Crabit, Julien Fouché et Gilles Belaud pour leur accompagnement et leur expertise.

Table des matières

Introduction	5
1. Suivi actuel	6
1. Salinité des mares	6
2. Suivi des tâches de salinité	7
2. Suivi préconisé	7
1. La salinité des masses d'eau en profondeur.....	7
1. Intérêt du suivi	7
2. Protocole de pose d'un piézomètre	12
2. La salinité des masses d'eau (mares et canaux) en surface.....	14
1. Intérêt du suivi	14
2. Méthodologie	15
3. Les tâches de mortalité.....	16
1. Intérêt du suivi	16
2. Suivi visuel	16
3. Suivi analyse de sol	17
3. Base de donnée fournie et à compléter	18
Bibliographie	19
Annexe	20

Table des illustrations

Figure 1 : Evolution de la conductivité des mares entre 2014 et aujourd'hui.....	6
Figure 2 : Evolution des tâches de dépérissement sur les parcelles entre 2021 et 2022.....	7
Figure 3 : Localisation des parcelles étudiées.....	9
Figure 4 : Proposition de localisation des piézomètres	10
Figure 5 : Extraits de l'onglet Conductivité et profondeur des piézomètres de la base de données...	11
Figure 6 : Schéma d'un piézomètre installé.....	13
Figure 7 : Localisation des entrées d'eau du Petit Saint Jean	14
Figure 8 : Extrait de l'onglet Conductivité canaux	15
Figure 9 : Extrait de l'onglet Conductivité mares.....	15
Figure 10 : Localisation des différents canaux de la base de données.....	16
Figure 11 : Extrait de l'onglet Surface des patches de mortalité.....	17
Figure 12 : Extraits de l'onglet Surface des patches de mortalité	17
Figure 13 : Localisation des points de mesures EM38	18

INTRODUCTION

La Camargue est confrontée à des problèmes de salinisation de ses eaux et sols dû à plusieurs phénomènes comme la remontée du biseau salé, la diminution des précipitations, l'augmentation de l'évapotranspiration et vraisemblablement les changements de certaines pratiques (non-entretien des ouvrages hydrauliques, mise en eau avec effets sur les recharges des nappes, ...). Plus généralement, la salinité en zone littorale dans le golfe du Lion est un enjeu pour la durabilité de l'agriculture dans cette région.

Le Domaine du Petit Saint Jean ne fait pas exception et fait face à cette même problématique de salinisation, dû à la fois au contexte pédoclimatique (faible pluviométrie, sol composé à 83% de sable, présence d'une nappe salée), mais aussi à l'absence d'aménagement hydraulique fonctionnel permettant de contourner cette contrainte. Les symptômes observés liés à l'augmentation de la salinité ont été en premier lieu le dépérissement des chênes sur le domaine, puis la disparition de deux espèces d'eau douce : la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) et le crapaud à couteau, (*Pelobates cultripes*) et enfin le dépérissement des vignes. La vigueur des vignes diminue, entraînant souvent la mortalité des plants, une baisse des rendements et une qualité organoleptique diminuée (goût de sel des raisins, mou et jus). Bien que l'incidence du sel soit inégalement répartie, l'ensemble du domaine est à prendre en compte pour contenir ses effets. La salinité des sols est donc un enjeu majeur pour le domaine, puisqu'elle affecte les cultures présentes et à forte valeur ajoutée, en particulier la vigne (20% de mortalité à ce jour).

Les rapports suivants ont été réalisés dans le cadre d'un projet ingénieur de dernière année (spécialisation Biodiversité, Eau, Sol, Climat et Évaluation environnementale). L'étude s'est répartie sur 7 semaines au cours de l'année scolaire, divisée comme suit : un terrain de trois jours pour faire des prélèvements, deux semaines de laboratoire pour traiter et analyser les données et une phase rédactionnelle entrecoupée d'entretiens et de bibliographie pour concevoir les trois rapports.

Ce projet est commandité par la chaire Agrosys en partenariat avec la Tour du Valat, organisme ayant soumis ce projet à la chaire. Les objectifs du projet se répartissent en trois points distincts :

- Procéder à un diagnostic sur le phénomène de salinisation constaté sur l'ensemble du domaine
- Analyser et proposer différentes options d'aménagements hydrauliques pour préserver la vigne mais aussi les autres cultures de la salinisation
- Proposer la mise en place d'un suivi pour évaluer les résultats à moyen terme des aménagements.

Le diagnostic de salinisation permet de faire un état des lieux de la salinité sur le domaine et de comprendre ses dynamiques et sa répartition dans les sols, et dans les différentes masses d'eau. Les aménagements hydrauliques du domaine sont un des leviers principaux de gestion de la salinité. Certains ouvrages nécessitent un entretien ou une remise en état, d'autres pourront être aménagés. Le suivi quant à lui est indispensable pour suivre cette salinité sur le long terme et pouvoir anticiper ses nouveaux effets à la fois à l'échelle annuelle et sur plusieurs années.

Ce présent rapport traite du suivi de la salinité sur le Domaine du Petit Saint Jean.

1. SUIVI ACTUEL

1. Salinité des mares

Actuellement les mares des pinèdes sont suivies, en termes de niveaux d'eau et de salinité, depuis 2014. Ce suivi est irrégulier et dépend de la disponibilité des personnes travaillant à la Tour du Valat pour venir faire des relevés de hauteur d'eau et de conductivité. Il n'y a eu, par exemple, aucun relevé en 2016, seulement deux en 2017 et une dizaine en 2020. Ce suivi des mares permet néanmoins une première approche des dynamiques des masses d'eau et l'évolution de la salinité sur le domaine. La conductivité des mares atteint des valeurs particulièrement élevées, notamment pour la mare de Madame, pour laquelle ces valeurs dépassent 50 mS/cm (Figure 1). On observe également ce qui semble être des dynamiques annuelles pour les mares, ce qui confirme l'intérêt d'y poursuivre le suivi qui y est réalisé.

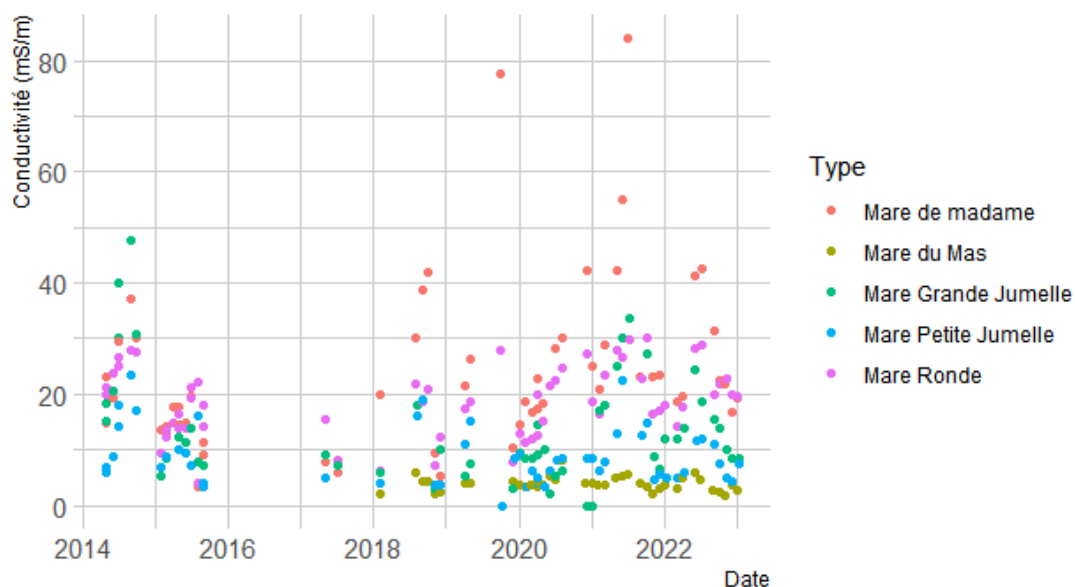


Figure 1 : Evolution de la conductivité des mares entre 2014 et aujourd'hui

2. Suivi des tâches de salinité

Le suivi actuel des tâches de mortalité est effectué par prospection dans les parcelles et par relevé spatial à l'aide d'un SIG (Figure 2).

Entre 2021 et 2022, la surface de vigne dépérit a augmenté de 91%.



Figure 2 : Evolution des tâches de dépérissement sur les parcelles entre 2021 et 2022

2. SUIVI PRECONISE

1. La salinité des masses d'eau en profondeur

1. Intérêt du suivi

Les masses d'eau en profondeur, à savoir les nappes, sont sources de salinité dans les sols viticoles (comme l'a montré l'analyse de la conductivité dans les fosses (cf Rapport Diagnostic Salinité)). Cependant les mesures de salinité dans l'eau des fosses n'ont pas permis de conclure quant à la présence d'une nappe entièrement salée sur l'intégralité des parcelles (conductivité comprise entre

2,40 et 17,00 mS/cm). Par ailleurs, nos mesures de salinité ont été faites en hiver, à la période où la nappe est la plus haute et donc théoriquement la moins concentrée en sel (*Heurteaux & Servant, 1979*). Ces résultats sont donc très variables selon les saisons et nécessitent d'être complétés et mis en perspective avec des mesures réalisées en été. Avoir un suivi saisonnier de la salinité dans les nappes permettrait de bénéficier d'une meilleure compréhension des dynamiques de sel en profondeur. Deux paramètres sont à étudier, la conductivité de la nappe et sa hauteur.

Méthodologie

Pour réaliser ce suivi, il peut être proposé de poser des piézomètres sur les parcelles d'intérêts ("Grillo", "Turiga Nacional", "Sangiovese", "Cot", "Marsanne", "Grenache Noir", "Roussane", "Tempranillo" et "Marselan", regroupées sous le terme "Vigne Ouest", "Merlot", "Alvarino" et "Floréal", regroupées sous le terme "Vigne Est", et enfin "Anciennes vignes") (Figure 3) pour réaliser un suivi efficace des nappes en profondeur (hauteur et conductivité).



Figure 3 : Localisation des parcelles étudiées

Pour cela nous proposons de placer 14 piézomètres écartés d'environ 100 m dans les différentes parcelles. Il a été décidé de réaliser des piézomètres environ tous les 100 m (François Colin (Professeur d'hydrologie à l'Institut Agro)) car au vu de l'évolution rapide des tâches de salinité lors de l'année passée (+91% entre 2021 et 2022), les placer en fonction de ces tâches de salinité aurait été peu

pertinent. Cette distance permettra d'avoir un quadrillage fin des gradients piézométriques. Les piézomètres seront répartis sur le domaine comme suit (Figure 4) :

- 6 sur les parcelles de "Vignes Ouest",
- 3 sur les parcelles de "Vignes Est" (Attention : Penser au passage des machines agricoles),
- 3 sur la parcelle "Anciennes vignes" (Attention : Penser à la possible implantation de vigne),
- 2 sur l'ensemble des vergers.

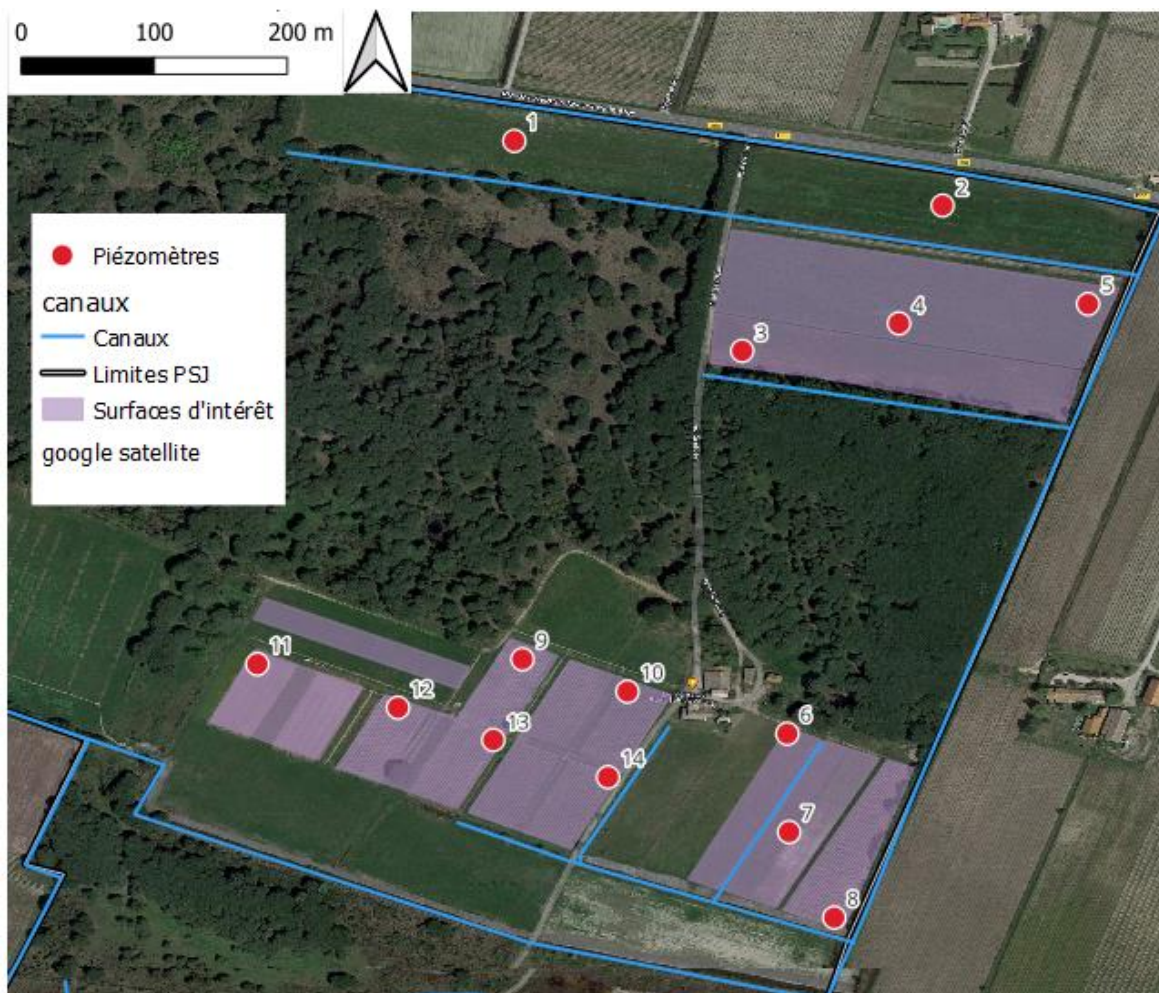


Figure 4 : Proposition de localisation des piézomètres

D'une manière générale, il est intéressant de positionner un capteur de pression qui enregistre en continu les variations piézométriques (type Diver/ 800€ pièce selon François Colin (Professeur d'hydrologie à l'Institut Agro)) voire un capteur de pression qui mesure également la conductivité électrique (type CTD/ 1300€ pièce selon François Colin (Professeur d'hydrologie à l'Institut Agro)). Si ce matériel n'est pas à disposition, il est possible de réaliser des mesures manuelles rapprochées, par exemple 1 fois par semaine, fréquence à ajuster en fonction de l'intensité des processus suivis.

Les données seront rentrées dans la base de données mentionnée dans la partie 3 et rentrées dans l'onglet "Conductivité et profondeur piézomètre" (Figure 5).

Conductivité Piézomètre (µS/cm)															
Date \ Piézomètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
Profondeur de la nappe (m)															
Date \ Piézomètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

Figure 5 : Extraits de l'onglet Conductivité et profondeur des piézomètres de la base de données

2. Protocole de pose d'un piézomètre

Les différents piézomètres pourront être installés (Figure 6) grâce au protocole décrit ci-dessous qui nous a été fourni par François Colin (Professeur d'hydrologie à l'Institut Agro):

1. Réaliser plusieurs tarières à 2 m de profondeur pour analyser la pédologie du sol
2. Préparer un tubage crépiné 1,80 m (les 20 cm restant du piézomètre dépasseront du sol) de profondeur pour commencer (la nappe ne descendant pas sous 1,5 m de profondeur même en été). Cependant si lors des analyses pédologiques (étape 1) une discontinuité a été aperçu (ex : couche d'argile) à X m de profondeur il est judicieux d'enfoncer un piézomètre jusqu'à X m de profondeur pour voir l'impact des discontinuités pédologiques sur la salinité.
3. Réaliser un forage d'un diamètre un peu supérieur au diamètre du tube
4. Enfoncer le tubage et introduire un matériau filtrant (i.e. gravier siliceux) sur la hauteur crépinée entre le diamètre foré et le tube
5. Comblé jusqu'à la surface l'espace entre le diamètre foré et le tube avec un matériaux étanche (i.e. bentonite)
6. Réaliser un collier avec un matériaux étanche (i.e. bentonite) afin d'éviter les infiltrations préférentielles au droit du tube
7. Mettre un grillage afin de protéger le piézomètre des animaux en pâture
8. Réaliser plusieurs pompages dans le piézomètre afin d'éliminer les matières en suspension liée à l'installation du piézomètre
9. Mesurer le niveau d'eau dans le piézomètre
10. Faire un pompage destiné à évacuer l'eau stagnante dans le piézomètre avant de réaliser un prélèvement

Remarque : La principale difficulté en conditions très sableuses réside dans l'effondrement du forage avant l'introduction du tubage.

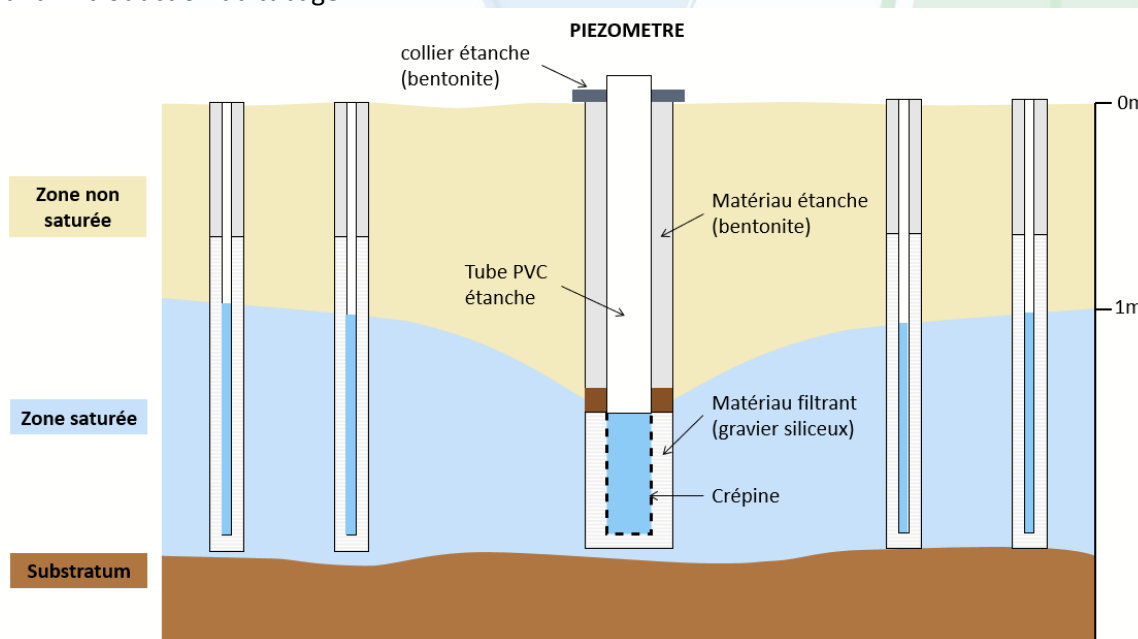


Figure 6 : Schéma d'un piézomètre installé

La pose de piézomètres va engendrer un coût qui va dépendre de la profondeur du forage et des instruments de mesures utilisés. Dans le cas de piézomètres peu profonds, le montant d'installation d'un piézomètre s'élève à environ cent d'euros si l'installation est réalisée par le domaine du Petit Saint Jean. Dans le cas où une entreprise de forage est engagée, le prix s'élève à 1000 € du mètre, d'après François Colin (Professeur d'hydrologie à l'Institut Agro).

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux coûts engendrés par la pose de piézomètre :

Tableau 1 : Coût du piézomètre

Matériel	Coût maximal (€)		Coût minimal (€)
Pose du piézomètre	28 000€		1 400€
Suivi du piézomètre	Diver : 11 200€	CDT : 18 200€	Conductimètre : 1200€ *
Total	39 200€	46 200€	2 600€

*Grosseron.com

2. La salinité des masses d'eau (mares et canaux) en surface

1. Intérêt du suivi

Les canaux qui bordent les parcelles sont pour la majorité des canaux d'eau douce. Ils peuvent servir de zone tampon ou permettre l'infiltration d'eau vers les parcelles conduisant ainsi à une baisse de la salinité. Cependant, les entrées et sorties d'eau dans les canaux se font au mêmes endroits (Figure 7). Ainsi, si les canaux se chargent en sel, notamment en hiver où la nappe salée est à son niveau le plus haut, ils ne pourront plus assurer leur rôle. Ainsi, la non-salinité des cours d'eau n'étant pas garantie, il est impératif d'avoir un suivi régulier de cette salinité dans les masses d'eau de surface.



Figure 7 : Localisation des entrées d'eau du Petit Saint Jean

Les mares, quant à elles, sont des zones d'études pertinentes pour comprendre les dynamiques de la salinité en surface, comme expliqué au paragraphe 1.

2. Méthodologie

Le suivi des canaux pourra être hebdomadaire, avec une mesure pas section de canal. Idéalement la mesure doit être faite au milieu du canal, afin de limiter les effets “bords”. Ce suivi sera réalisé grâce à un conductimètre.

Le suivi actuel des mares pourrait être amélioré par des mesures plus régulières, par exemple toutes les semaines (ou au moins tous les mois de façon régulière chaque année). La mesure de la hauteur d’eau doit être conservée mais précisée sur le lieu de la mesure (bord ou centre de la mare). Une partie “complément” peut être ajoutée qui permettrait de préciser si un événement de pluie ou de sécheresse à eu lieu avant la mesure afin de la mettre en perspective.

Les données récoltées seront à rentrer dans la base de données dans l’onglet : “**Conductivité canaux**” (Figure 8) et “**Conductivité mare**” (Figure 9).

	A	B	C	U	V	W	X	Y
1	Conductivité canaux							
2	ID_canaux							
	Date	1	2	20	21	22	23	Commentaire
3	17/01/2023	695	700	992	904	763	741	
4								
5								
6								
7								
8								
9								

Figure 8 : Extrait de l’onglet Conductivité canaux

Conductivité mare								
Date	ID_mare	Mare du Mas	Mare de madame	Mare Ronde	Mare de la Grande Jumelle	Mare de la Petite Jumelle	La Petite	Commentaire
		mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm	
2/5/2014			15	21,1	15,1	5,99		
16/5/2014			2,3	20,1	18,28	6,83		
3/6/2014			1,947	23,8	20,6	8,76		
3/7/2014			25	25,1	30,2	14,09		
29/7/2014			29,5	26,5	40	17,9		
5/9/2014			37,1	27,8	47,8	23,6		
10/10/2014			30	27,5	30,7	17		
18/2/2015			13,45	9,53	5,42	6,9		
3/3/2015								
18/3/2015			13,4	12,38				

Figure 9 : Extrait de l’onglet Conductivité mares

Conductivité canaux : Les identifiants utilisés dans l’onglet de cette base de données sont répertoriés dans la carte ci-dessous (Figure 10).

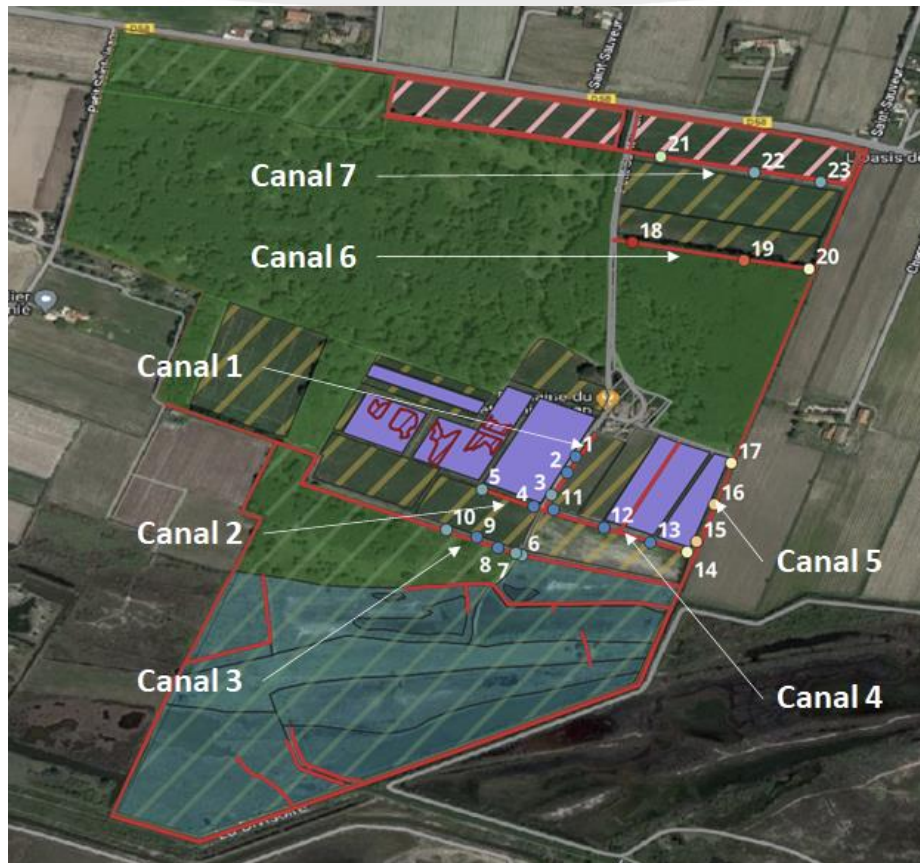


Figure 10 : Localisation des différents canaux de la base de données

3. Les tâches de mortalité

1. Intérêt du suivi

Dans les parcelles de vigne, certains pieds dépérissent, formant des tâches de mortalité. Il est intéressant de suivre leur évolution au cours du temps : certaines peuvent apparaître et d'autres s'étendre comme cela a été expliqué au paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Réaliser un suivi de vigueur des ceps au moins une fois par an permettra de connaître la dynamique de la mortalité au sein des parcelles.

2. Suivi visuel

Dans un premier temps, l'évolution spatiale des zones de dépérissement peut être observée à l'œil lorsque la vigne est en état végétatif. La prospection au sein des parcelles est une première piste à suivre : il suffira de relever les contours des zones dépéries à l'aide d'une application telle que MerginMaps ou Qfield (application de relevé géoréférencés sur le terrain). La mesure de la vigueur de la vigne peut être suivie par la méthode des apex via l'application Apex-Vigne (*IFV Occitanie*) de façon

mensuelle (par exemple 5 ceps par rang, un rang sur deux pour chaque modalité). Une autre possibilité pour suivre l'évolution des tâches de mortalité est la photographie aérienne. L'utilisation d'un drone peut être envisagée pour réaliser les clichés des zones de dépérissement, qui pourront eux-mêmes être importés sur un système d'information géographique.

Une fois les tâches de mortalité repérées, il est intéressant de mesurer la surface de ces tâches, afin d'en suivre l'évolution. Les données récoltées seront à rentrer dans la base de données dans l'onglet : **“Surface des patchs de mortalité”** (Figure 11).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	AD	AE
1	Surface des patchs de mortalité										
2	Parcelle	Saperavi		Grillo		Turriga Nacional		Sangiovese		Total	
3	Année	Surface (m²)	Augmentation de la surface (%)	Surface (m²)	Augmentation de la surface (%)	Surface (m²)	Augmentation de la surface (%)	Surface (m²)	Augmentation de la surface (%)	Surface (m²)	Augmentation de la surface (%)
4	2021	0 /		519 /		1206 /		1353 /		4550 /	
5	2022	0 /		873	68	2870	138	1554	15	8676	91
6		/		/		/		/		/	
7		/		/		/		/		/	
8		/		/		/		/		/	
9		/		/		/		/		/	
10		/		/		/		/		/	

Figure 11 : Extrait de l'onglet Surface des patchs de mortalité

3. Suivi analyse de sol

D'après le diagnostic de salinité, les tâches de mortalités sont situées sur les zones où la salinité est la plus forte. Le suivi de la salinité du sol de ces zones permettra de connaître les tendances d'évolution du dépérissement.

Des prélèvements de sol aux profondeurs 0-20 cm, 40-60 cm et 80-100 cm dans et hors de ces zones permettront d'effectuer des analyses conductimétriques en laboratoire (protocole dilution 1/5 en Annexe 1). Les données récoltées seront à rentrer dans la base de données dans l'onglet : **“Conductivité sondage”** (Figure 12).

Conductivité sondage (mS/cm)											
ID_sondage		Parcelle Saperavi_Sain		Parcelle Saperavi_Dépéris		Parcelle Merlot_Sain		Parcelle Merlot_Dépéris		Parcelle AncienneVigne	
Date	Profondeur (cm)	Conductivité 1/5e	Conductivité équivalent pâte saturée	Conductivité 1/5e	Conductivité équivalent pâte saturée	Conductivité 1/5e	Conductivité équivalent pâte saturée	Conductivité 1/5e	Conductivité équivalent pâte saturée	Conductivité 1/5e	Conductivité équivalent pâte saturée
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0	

Figure 12 : Extraits de l'onglet Surface des patchs de mortalité

S'il est possible de disposer d'un EM38-MK2 (lors d'un projet étudiant par exemple) il serait intéressant de refaire un quadrillage des parcelles comme cela a été fait pour le diagnostic de salinité (Figure 13). En effet, cela permettra d'observer l'évolution dans le temps de la conductivité électromagnétique du sol.

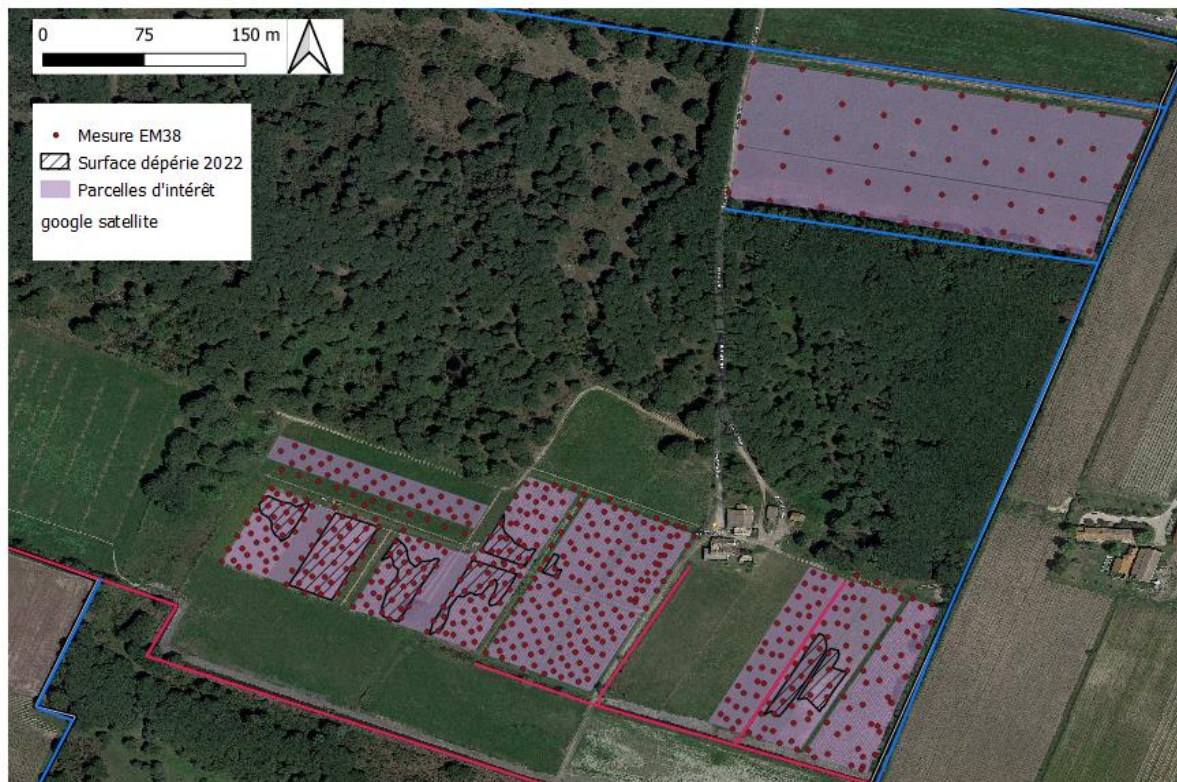


Figure 13 : Localisation des points de mesures EM38

3. BASE DE DONNEE FOURNIE ET A COMPLETER

Une base de données a été créée afin de permettre le suivi des différents paramètres suggérés ci-dessus. Cette base de données a été complétée avec des données récoltées en janvier 2023, et pourra être complétée avec d'autres données antérieures si elles existent.

Base de données à compléter : [Base de données - Google Sheets](#)

Il faudra être vigilant à utiliser les mêmes unités pour la conductivité quel que soit le type de milieu étudié.

BIBLIOGRAPHIE

Grosseron.com. s. d. Consulté le 16 mars 2023. https://www.grosseron.com/wtw-conductimetre-serie-3110_48-373-1-815-1-2033.html?source=GoogleMerchant.

Heurteaux, Pierre, et Jean Servant. 1979. « Transferts et stockage de l'eau et des sels dans le profil pédologique des sols halomorphes camarguais ». *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 51-91.

IFV Occitanie. s. d. « Méthode des apex ». Consulté le 2 mars 2023. vignevin-occitanie.com.

ANNEXE

Annexe 1

- Peser 5 g de terre fine (éliminer les cailloux) dans un bécher de 50 ml et ajouter 25 ml d'eau distillée.
- Agiter 30 minutes sur agitateur magnétique.
- Laisser reposer une demi-heure
- Effectuer les mesures de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (CE 1 :5) plonger la cellule du conductimètre dans l'extrait aqueux et lire la conductivité λ (mS/cm) directement sur l'échelle appropriée.
- Mesurer la température t de l'extrait aqueux. Noter la température de la solution pour une correction éventuelle à la température de référence à 25°C. Cette correction est réalisée à l'aide d'un facteur de température $f(t)$ donné par une table.
- La conductivité 25Λ à 25°C de l'extrait aqueux est égale à :

$$25\Lambda = \lambda \cdot f(t) \text{ en mS/cm à } 25^\circ\text{C}$$

λ en mS/cm, $f(t)$ est le facteur de correction qui est fonction de la température de l'extrait aqueux (Tableau page suivante)