



ISTOM

Ecole Supérieure d'Agro-Développement International

4, rue Joseph Lakanal, 49 000 ANGERS

Tél. : 02 53 61 84 60 istom@istom.fr



Mémoire de fin d'études

Caractérisation des problématiques de gestion de l'eau pluviale, à l'échelle de parcelle agricole, dans les îles de la façade atlantique française : cas d'une parcelle maraîchère de l'île d'Yeu



Figure 1 : Excès d'eau dans une parcelle de pâturage d'un élevage de brebis, Mars 2021, Ile d'Yeu (Berthou, 2021)

BERTHOU, Enora

Promotion 107



Stage effectué à l'Île d'Yeu, France

du 01/03/21 au 10/09/21

Au sein du Réseau Agricole des Îles Atlantiques (RAIA)

Maître de stage : Bouyer Arthur

Maître de stage secondaire : Bassoleil Mary-Anne

Tuteur pédagogique : Durand Matthieu

Mémoire de fin d'études soutenu le 04/11/21



ISTOM

Ecole Supérieure d'Agro-Développement International

4, rue Joseph Lakanal, 49 000 ANGERS

Tél. : 02 53 61 84 60 istom@istom.fr



Mémoire de fin d'études

Caractérisation des problématiques de gestion de l'eau pluviale, à l'échelle de parcelle agricole, dans les îles de la façade atlantique française : cas d'une parcelle maraîchère de l'île d'Yeu

BERTHOU, Enora

Promotion 107



Stage effectué à l'Île d'Yeu, France

du 01/03/21 au 10/09/21

Au sein du Réseau Agricole des Îles Atlantiques (RAIA)

Maître de stage : Bouyer Arthur

Maître de stage secondaire : Bassoleil Mary-Anne

Tuteur pédagogique : Durand Matthieu

Mémoire de fin d'études soutenu le 04/11/21

Résumé

Les changements globaux appréhendés pour les années à venir, poussent les territoires, comme les îles de la façade Atlantique Française, dans une démarche de sécurité alimentaire. Pour y répondre ces îles tendent à développer leur agriculture. Cette activité fortement dépendante de la ressource en eau, se voit limitée par la disponibilité de cette dernière. La fluctuation hydrologique due en partie aux variations climatiques saisonnières, entraînent des excès et des déficits de l'eau dans les parcelles. L'île d'Yeu, territoire vendéen de la façade atlantique, est concerné par cette problématique. Les agriculteurs de cette île, impactés par ces fluctuations annuelles en eau, mettent en place à leur échelle des solutions. Cependant, ils sont parfois limités par les moyens financiers, techniques ou encore fonciers. Une étude a donc été initiée par le Comité de Développement de l'Agriculture (CDA) de l'île et le Réseau Agricole des Îles Atlantiques (RAIA). Elle a pour objectif d'améliorer la compréhension des besoins des agriculteurs insulaires vis-à-vis de la gestion de la ressource en eau pluviale, en s'intéressant plus particulièrement au cas de l'île d'Yeu. L'étude s'est focalisée sur la caractérisation des problématiques de gestion de l'eau pluviale à l'échelle d'une parcelle test. Cette parcelle test, cultivée en maraîchage à l'île d'Yeu, a mobilisé un certain nombre d'outils. Cela a permis de définir à l'échelle de la parcelle les besoins spécifiques en eau et les problématiques liées à la gestion de cette ressource ainsi que leurs caractéristiques temporelles et spatiales. Certaines causes de l'apparition de ces problématiques ont pu également être identifiées. Les résultats ont montré que l'excès d'eau contraint l'activité maraîchère entre octobre et avril, sur 35% de la surface de la parcelle. L'analyse localisée de la problématique a permis l'identification de la pédologie, de la topographie, de la géologie et de l'aménagement du réseau hydrologique de surface comme facteurs aggravants de l'engorgement de la zone. Le déficit en eau est quant à lui présent entre mai et septembre sur la totalité de la parcelle et serait en partie dû aux caractéristiques pédologiques des premiers horizons. Malgré les limites imposées par la disponibilité des données ou encore la performance des outils mobilisés, l'étude a permis l'identification d'axes de réflexion pour la mise en place de solutions adaptées aux besoins de la parcelle. Des solutions agronomiques mais aussi la modification du réseau hydrologique de surface ont été énoncées. Pour finir, l'étude ouvre la question sur la complémentarité de ces problématiques et des potentiels leviers à mettre en place.

Mots clés : eau, îles de la façade Atlantique française, agriculture, île d'Yeu, excès en eau, déficit en eau, eau pluviale

Abstract

The global changes anticipated for the years to come, push the territories, such as the islands of the French Atlantic coast, in an approach of food security. To answer this these islands tend to develop their agriculture. This activity, which is highly dependent on water resources, is limited by the availability of the latter. Hydrological fluctuation, due in part to seasonal climatic variations, leads to excess and deficit of water in the plots. The island of Yeu, Vendée territory on the Atlantic coast, is concerned by this issue. The farmers of this island, impacted by these annual fluctuations in water, are implementing solutions on their own scale. However, they are sometimes limited by financial, technical or even land resources. A study was therefore initiated by the Island's Agriculture Development Committee (CDA) and the Atlantic Islands Agricultural Network (RAIA). Its objective is to improve the understanding of the needs of island farmers with regard to the management of rainwater resources, with a particular focus on the case of the island of Yeu. The study focused on the characterization of rainwater management issues at the scale of a test plot. This test plot, cultivated in market gardening on the island of Yeu, mobilized a number of tools. This made it possible to define at the level of the plot the specific water needs and the issues related to the management of this resource as well as their temporal and spatial characteristics. Some causes of the appearance of these problems have also been identified. The results showed that excess water constrains market gardening activity between October and April, on 35% of the plot area. The localized analysis of the problem allowed the identification of the pedology, topography, geology and development of the surface hydrological network as factors aggravating the waterlogging of the area. The water deficit is present between May and September over the entire plot and is believed to be partly due to the pedological characteristics of the first horizons. Despite the limits imposed by the availability of data or the performance of the tools used, the study made it possible to identify areas for reflection for the implementation of solutions adapted to the needs of the plot. Agronomic solutions but also the modification of the surface hydrological network have been set out. Finally, the study opens the question on the complementarity of these issues and the potential levers to be put in place.

Key words : water, islands on the French Atlantic coast, agriculture, island of Yeu, excess water, water deficit, rainwater

Resumen

Los cambios globales previstos para los próximos años, empujan a los territorios, como las islas de la costa atlántica francesa, en un enfoque de seguridad alimentaria. Para responder a esto, estas islas tienden a desarrollar su agricultura. Esta actividad, altamente dependiente de los recursos hídricos, está limitada por la disponibilidad de estos últimos. La fluctuación hidrológica, debida en parte a las variaciones climáticas estacionales, conduce a un exceso y déficit de agua en las parcelas. La isla de Yeu, territorio de Vendée en la costa atlántica, está preocupada por este problema. Los agricultores de esta isla, afectados por estas fluctuaciones anuales del agua, están implementando soluciones a su propia escala. Sin embargo, a veces están limitados por recursos financieros, técnicos o incluso de la tierra. Por lo tanto, el Comité de Desarrollo Agrícola de la Isla (CDA) y la Red Agrícola de las Islas Atlánticas (RAIA) iniciaron un estudio. Su objetivo es mejorar la comprensión de las necesidades de los agricultores isleños con respecto a la gestión de los recursos de agua de lluvia, con un enfoque particular en el caso de la isla de Yeu. El estudio se centró en la caracterización de los problemas de gestión del agua de lluvia a escala de una parcela de prueba. Esta parcela de prueba, cultivada en horticultura en la isla de Yeu, movilizó una serie de herramientas. Esto permitió definir a nivel de parcela las necesidades específicas de agua y los aspectos relacionados con el manejo de este recurso, así como sus características temporales y espaciales. También se han identificado algunas causas de la aparición de estos problemas. Los resultados mostraron que el exceso de agua limita la actividad de la horticultura comercial entre octubre y abril, en el 35% del área de la parcela. El análisis localizado del problema permitió identificar la pedología, la topografía, la geología y el desarrollo de la red hidrológica superficial como factores agravantes del anegamiento de la zona. El déficit hídrico está presente entre mayo y septiembre en toda la parcela y se cree que se debe en parte a las características edafológicas de los primeros horizontes. A pesar de los límites impuestos por la disponibilidad de datos o el desempeño de las herramientas utilizadas, el estudio permitió identificar áreas de reflexión para la implementación de soluciones adaptadas a las necesidades de la parcela. Se han planteado soluciones agronómicas pero también la modificación de la red hidrológica superficial. Finalmente, el estudio abre la pregunta sobre la complementariedad de estos temas y las palancas potenciales que se deben poner en marcha.

Palabras clave : agua, islas de la costa atlántica francesa, agricultura, isla de Yeu, exceso de agua, déficit hídrico, agua de lluvia.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Resumen	5
Table des illustrations.....	8
Table des figures	8
Table des équations	8
Table des tableaux	9
Remerciements	10
Introduction	11
Contexte	13
I. L'eau et l'agriculture : une relation conflictuelle.....	13
II. L'Eau et l'agriculture dans les îles	14
III. L'eau et agriculture dans les îles de la façade Atlantique française	15
1. De l'autonomie vers la dépendance	16
2. L'exemple de l'île d'Yeu	17
Problématisation.....	19
Objectif du mémoire.....	20
Cadre du stage	20
Organisation du mémoire	20
Conduite générale de l'étude.....	21
Stratégie de l'étude.....	22
I. Présentation de la zone d'étude	22
1. Présentation générale de l'île	22
2. Contexte pédoclimatique de l'île	23
3. Conclusion sur le contexte de l'île d'Yeu	26
II. Présentation de la parcelle test.....	26
III. Méthodologie d'étude.....	26
1. Entretiens exploratoires	26
2. Compréhension des usages actuels de la parcelle et l'impact des variations hydriques	26
3. Caractérisation des variations hydriques dans le temps.....	27
4. Identification des causes d'origines des problématiques	34
Résultats et Discussion.....	38
I. Les entretiens exploratoires.....	38

1.	L'excès d'eau	38
2.	Le déficit en eau	39
3.	Conclusion sur les entretiens exploratoires.....	39
II.	Compréhension des usages actuels de la parcelle et l'impact des variations hydriques 40	
1.	Usage de la parcelle	40
2.	Problématiques de gestion de l'eau.....	41
III.	Caractérisation des variations hydriques dans le temps	42
1.	Bilan hydrique, bilan dans l'année.....	42
2.	Observation de la fluctuation de la nappe	46
3.	Discussion sur la temporalisation des variations	47
IV.	Identification des causes d'origines des problématiques.....	48
1.	Description des facteurs	48
2.	Discussion	51
	Discussion générale de l'étude	53
	Conclusion.....	55
	Bibliographie.....	56
	Table des Annexes	59
	Annexes	60

Table des illustrations

Table des figures

Figure 1 : Excès d'eau dans une parcelle de pâturage d'un élevage de brebis, Mars 2021, Ile d'Yeu (Berthou, 2021)	1
Figure 2 : Graphique du volume des pluies totales et efficaces en France entre 1981 et 2010, (Ministère de la transition écologique, 2015).....	13
Figure 3 : Schéma de l'intrusion des eaux salines dans les nappes souterraines d'eau douce, (Eau France, 2019)	14
Figure 4 : Carte de îles de la façade Atlantique, (RAIA, 2020).....	15
Figure 5 : Carte de la localisation et topographique de l'île d'Yeu, (Bourrichon, 2011).....	22
Figure 6: Comparaison des images satellites du centre de l'île d'Yeu en 2019 (gauche) et en 1950 (droite), (IGN,2021)	23
Figure 7: Diagramme ombrothermique de l'île d'Yeu, (Meteoblue, 2021).....	24
Figure 8 Rose des vents de l'île d'Yeu, (Meteoblue, 2021).....	25
Figure 9 : Schéma de présentation de la nappe libre, (Eau France, 2019)	25
Figure 10 : Carte de la parcelle d'étude	26
Figure 11: Schéma du bilan des flux en eau pris en compte dans le bilan hydrique, modifié sur la base UVED (2019).	30
Figure 12 : Carte du positionnement des piézomètres	33
Figure 13 : Schéma des facteurs environnementaux étudiés.....	35
Figure 14 : Capture d'écran de l'outil "établir un profil altimétrique", (Géoportail, 2021).....	36
Figure 15 : Triangle de texture, (CIVAM Pays Basque & Bouchy, 2011)	37
Figure 16 : Photographie du bassin de rétention d'eau de pluie en janvier 2021, exploitation maraîchère « la Bergerie », Photo prise par Manuêlo André	39
Figure 17 : Carte des zones de culture	40
Figure 18 : Carte de localisation des zones d'engorgements	41
Figure 19 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile moyenne	43
Figure 20 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile moyenne	43
Figure 21 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile moyenne	44
Figure 22 : Graphique présentant l'évolution du niveau piézométrique en fonction des précipitations dans le piézomètre n°1.....	46
Figure 23 : Carte du réseau hydrologique de surface.....	48
Figure 24 : Carte du sens d'écoulement topographique.....	49
Figure 25 : Carte de présentation des résultats pédologiques	50

Table des équations

Équation 1 : Equation du Bilan hydrique, (De olivera, 2018).....	30
Équation 2 : Formule d'évaluation du flux profond	32

Table des tableaux

Tableau 1 : Modélisation des différents scénarios des résultats des bilan hydriques	33
Tableau 2 : Profondeur et capacité de la réserve en eau des profils de sol	49

Table des Sigles, des Acronymes et Abréviations

- °C : Degrés Celsius
- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques Minières
- CDA : Comité de Développement de l'Agriculture
- cm : centimètres
- Coef. : coefficient
- D : Drainage
- EARL : Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée
- ENS : Espaces Naturels Sensibles
- ETM : Evapotranspiration Maximale
- ETP : Evapotranspiration Potentielle
- ETR : Evapotranspiration Réelle
- GPS : Système de positionnement global (Global Positioning System)
- I : Irrigation
- Kc : Coefficient cultural
- mm : millimètres
- MNT : Modèle Numérique de Terrain
- P : Précipitation
- P° : Pression atmosphérique
- QGIS : Système d'information géographique quantique (Quantum Geographic Information System)
- R : Ruissèlement
- RAIA : Réseau Agricole des Îles Atlantique
- RU : Réserve Utile
- SAU : Surface Agricole Utilisable
- SCCI : Société Coopérative Civile Immobilière
- SOFIANE : SOutenir et Faciliter dans les Îles de la façade Atlantique, une Agriculture Nourricière et à Externalités positives

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes tuteurs et référents au sein des deux structures d'accueil, Arthur Bouyer, Marie-Anne Bassoleil et Georges Birault. Merci pour votre patience, pour le temps passé à m'accompagner et pour l'encouragement tout au long de cette mission. Un grand merci également aux membres du RAIA et du CDA de l'île d'Yeu pour leur accueil et les enrichissantes discussions sur le passionnant sujet de l'agriculture insulaire.

Merci à Philippe Cantin d'avoir rendu possible la réalisation des expérimentations sur ces parcelles et surtout pour sa disponibilité.

Un grand merci aux autres acteurs rencontrés, qui m'ont fourni de précieuses informations et m'ont permis de comprendre une partie de ce vaste et complexe sujet de l'eau en contexte insulaire. Je n'oublierai également pas dans ces remerciements mes ami(e)s et rencontres de l'île d'Yeu, sans qui j'aurais certainement vécu l'expérience différemment, pour tous ces moments passés ensemble et pour leur soutien dans la réalisation de cette mission.

J'aimerais également beaucoup remercier mon tuteur, Matthieu Durand, pour son encadrement et ses précieux conseils tout au long de cette mission. Merci également à l'ensemble des professeurs et intervenants que j'ai pu croiser lors de ma formation à l'ISTOM pour avoir partagé leurs connaissances, suscité ma curiosité et développer mes capacités de compréhension et d'observation.

Un immense merci à ma famille, pour leurs soutient et leur patiente. Je remercie particulièrement mes parents et grands-parents pour avoir fait un de mes rêve une réalité.

Merci à Nelson pour sa patiente infailible, qui lorsque j'ai « du tracas jusqu'au cou », a toujours les mots justes pour me faire aller de l'avant.

Merci à mes amis, qui durant ces cinq années et surtout pendant les 6 derniers mois, m'ont apporté leur aide, leur soutient et donner le sourire me partageant le leur. Merci Lucile, Valentine, Patricia, Chloé et Capucine pour votre aide !

Enfin, merci à toi papa, car même lorsque j'étais prête à tout abandonner, tu n'as jamais cessé de croire en moi.

Introduction

Les changements globaux appréhendés pour les années à venir, poussent les territoires, comme la France, à sécuriser l’approvisionnement en eau et en alimentation. Ces deux objectifs qui sont à la base de la subsistance de l’humanité, sont contraints, par des conditions socio-économiques et environnementales diverses en fonction des territoires.

L’eau est présente sur la planète sous deux types majeurs : l’eau verte et l’eau bleue (Falkenmark et Rockström, 2006) L’eau « verte » correspond à l’eau présente dans le sol, elle est en partie évacuée par évapotranspiration à travers les écosystèmes terrestres. La disponibilité de cette ressource est très variable en fonction de la capacité de stockage du sol et du bilan des entrées et sorties de l’eau sur un territoire, ce qui rend son estimation compliquée. L’eau « bleue », elle, transite dans les cours d’eau, les lacs ou encore les nappes phréatiques (Leenhardt, 2021). L’eau sur terre représente 1 300 millions de km³, en revanche seulement 12 500 km³ d’eau douce est réellement disponibles chaque année pour assurer la continuité et le développement des activités humaines, comme l’agriculture (Baechler, 2012). Cette ressource est inégalement répartie dans le temps et dans l’espace et à l’avenir, avec l’augmentation de la population mondiale et d’autres changements globaux, ce phénomène devrait s’accroître (Margat, 1998).

L’agriculture, en se focalisant sur l’aspect bilan entre prélèvements et rejets d’eau, représente en France en moyenne 45% de la consommation de cette ressource (Leenhardt *et al.*, 2020). L’activité agricole est donc fortement dépendante de cette ressource, qui en excès comme en déficit est un facteur limitant des productions. En effet l’agriculture nécessite une quantité d’eau considérable pour répondre aux divers besoins de l’irrigation, de la transformation agroalimentaire, ou encore l’abreuvement des animaux d’élevage.

Les îles sont des cas particuliers : en effet leur situation géographique rend les problématiques d’eau encore plus complexes qu’elles ne le sont sur le continent. La proximité des nappes souterraines avec les eaux salines et la surface de collecte réduite, limite le stockage en eau douce (Chiron, 2007). De plus, cette eau douce disponible, n’est pas exclusivement destinée à un usage agricole, mais doit également répondre aux besoins en eau des activités socio-économique insulaire comme l’usage domestique.

Les îles de la façade Atlantique française, ne font pas exception à la règle. Historiquement, l’approvisionnement en eau se faisait via la ressource souterraine, via les puits ou encore la récupération des eaux pluviales dans les mares. Elle était utilisée pour répondre aux besoins primaires des populations qui vivaient principalement de la pêche et de l’agriculture (Guilcher, 1977 ; Brigand, 1983). Les 30 glorieuses font apparaître de nouveaux besoins en eau liés au confort domestique mais également une déprise agricole par les populations se tournant vers de nouvelles activités économiques comme le tourisme. L’usage et l’approvisionnement ont donc évolué, en se modernisant et en délaissant les anciens réseaux hydrologiques traditionnels comme les puits, les mares ou encore les fossés. Les eaux pluviales sont donc moins mobilisées qu’il y a 70 ans, pour répondre aux besoins agricoles. L’alimentation en eau se fait maintenant par d’autres moyens comme l’eau des forages, des puits ou encore le réseau d’eau potable, qui pour 6 de ces îles, est acheminé depuis le continent dans des canalisations sous-marines (Chiron, 2007).

Aujourd'hui, où la pression sur la ressource en eau se fait de plus en plus forte, il est important de mobiliser tous les moyens pour répondre aux besoins de l'agriculture. L'association du **Réseau Agricole des Îles Atlantique (RAIA)**, réalisant des projets de recherche-action, a décidé à travers son projet de recherche **SOFIANE (SO**utenir et **F**aciliter dans les **Î**les de la façade **A**tlantique, une **A**griculture **N**ourricière et à **E**xternalités positives) de travailler sur la problématique de gestion de l'eau en agriculture dans ces contextes insulaires. Les problématiques liées à la gestion de l'eau pluviale étant un sujet présent sur une majorité des îles de la façade atlantique, elles sont importantes à traiter pour améliorer les conditions d'exploitations agricoles des parcelles.

A l'île d'Yeu, 13 exploitations agricoles composent chaque jour avec ces problématiques. Les acteurs de cette île rattachée au département de la Vendée, souhaite via l'association du **Comité de Développement de l'Agriculture de l'île d'Yeu (CDA)** et au travers du projet **Au f'île de l'eau**, travailler sur la problématique de gestion de l'eau pluviale. Le CDA souhaite également via se projet, encourager les agriculteurs à utiliser des techniques durables de gestion de la ressource en eau, avec un objectif final de résilience du territoire.

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans la continuité des travaux du CDA, qui vise à comprendre les difficultés rencontrées par les agriculteurs et proposer des solutions pour une utilisation de l'eau pluviale dans les exploitations.

Contexte

Cette partie présente le contexte scientifique général lié aux mots clés du mémoire. Il présente premièrement les problématiques générales auxquels fait face l'agriculture vis-à-vis de la gestion de la ressource en eau. Ensuite il recentre le sujet sur ces problématiques dans un contexte insulaire pour enfin aboutir sur les particularités dans les îles de la façade atlantique française

I. L'eau et l'agriculture : une relation conflictuelle

L'agriculture se doit de répondre à toujours plus d'enjeux face à un monde en constante transition. Elle doit s'adapter aux besoins d'une population en augmentation tout en respectant des contraintes environnementales de plus en plus fortes. L'eau est l'un des enjeux majeurs de cette agriculture, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif.

D'un point de vue qualitatif, certaines pratiques agricoles sont à l'origine de contamination des eaux superficielles comme souterraines. En France, ces contaminations sont principalement caractérisées par la présence de pesticides et de nitrates dans les eaux. Les nitrates sont la première cause de déclassement des masses d'eau souterraines française et en ce qui concerne les pesticides, « 80% des 2 340 points de mesure des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines sont concernés par la présence d'au moins un pesticide » (Beaulaton *et al.*, 2020). On retrouve par exemple de fortes concentrations de ces polluants dans le bassin Eau Seine-Normandie, qui a défini à la suite d'une étude des eaux souterraines, que près de la moitié des captages étaient contaminés par des pesticide et les deux tiers des nitrates (Schott *et al.*, 2009). L'agriculture se doit donc de limiter son impact négatif sur la qualité des eaux pour assurer la disponibilité de cette ressource.

La variation quantitative de la disponibilité en eau est à la fois un facteur limitant de la production et une cause des pratiques agricoles.

En France, avec en moyenne 900 mm par an, sur la période de 1981 à 2010, la recharge de la réserve utile du sol, effectuée par la pluie efficace est d'environ de 40%. Mais cette moyenne est très variable en fonction des années mais aussi des régions géographiques. Le graphique ci-contre (Figure 2) montre que 60% des années observées présente un déficit de ces pluies efficaces ce qui vient limiter le remplissage de la réserve utile du sol et l'apport en eau pour la production agricole qui est la principale consommatrice (Ministère de la transition écologique, 2015). L'agriculture représente en moyenne en France 45% de la consommation sur l'aspect bilan entre prélèvements et rejets d'eau sur une année (Leenhardt *et al.*, 2020). L'exemple de la sécheresse de 2011, en France, provoquée par un mois de janvier sec, a impliqué en Centre-Ouest une perte de biomasse de 50 % des coupes fourragères de printemps et a donc impacté directement l'élevage dans cette zone.

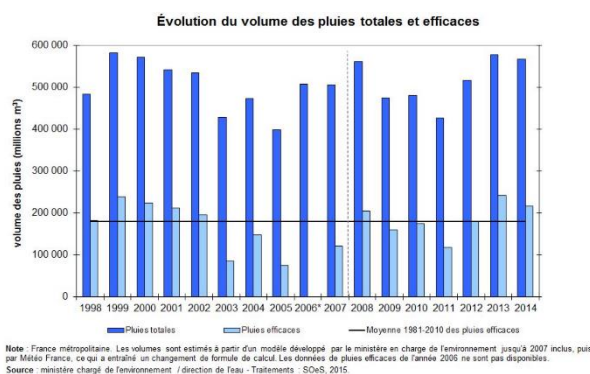


Figure 2 : Graphique du volume des pluies totales et efficaces en France entre 1981 et 2010, (Ministère de la transition écologique, 2015)

Le déficit en eau n'est pas le seul à impacter l'agriculture, l'excès dû à de fortes précipitations vient créer du ruissèlement qui provoque une perte en éléments nutritifs ou encore des engorgements donnant lieu à une asphyxie des cultures. Pour la culture du maïs par exemple, la permanence de l'excès d'eau vient contraindre la croissance et le développement et même parfois entrainer la mortalité de la plante. L'enneolement précoce, à un stade 4-5 feuilles provoque l'apparition de maladie comme le mildiou, qui vient également directement impacter les rendements (Perspective Agricole, 2013).

II. L'Eau et l'agriculture dans les îles

Les îles, également dans un objectif de résilience alimentaire et donc de maintien et de développement de l'activité agricole sur leur territoire, se voient limitées aux problématiques de gestion de l'eau. Les spécificités géographiques, hydrologiques ou encore topographiques des îles rendent complexe la directe application des méthodes et techniques classiques de l'hydrologue et du professionnel de la gestion des ressources en eau (Falkland,1991). La disponibilité et donc le partage de la ressource font émerger de fortes problématiques sur ces territoires.

Tout d'abord d'un point de vue disponibilité en eau douce, les aquifères côtiers ¹présents sur les îles, sont les principales sources en eau potable de ces territoires. Leurs proximités avec la mer, rend cette ressource vulnérable via le potentiel contact de l'eau douce avec l'eau salé comme représenté sur le schéma ci-dessous (Figure 3) (BRGM Bretagne, 2016).

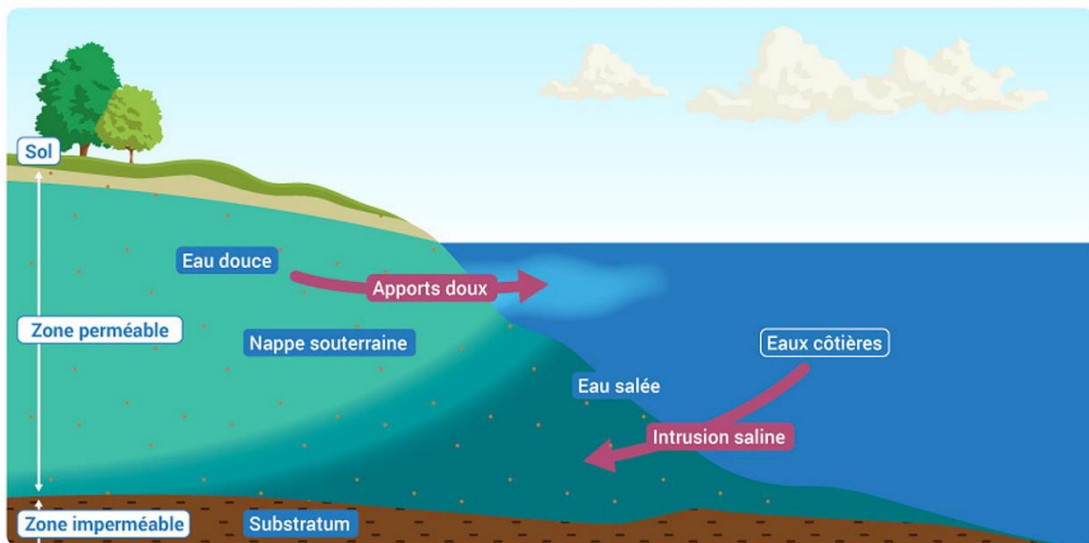


Figure 3 : Schéma de l'intrusion des eaux salines dans les nappes souterraines d'eau douce, (Eau France, 2019)

¹ Un aquifère est une Formation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formation poreuses, karstiques ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage...). L'aquifère c'est le contenant (la roche où circule l'eau) et la nappe phréatique c'est le contenu (l'eau qui circule dans la roche). Il est défini comme côtier lorsqu'une de ces limites est constituée par la mer (BRGM, 2016).

Parmi les changements globaux attendus les prochaines années, l'augmentation du niveau des eaux marines pourrait venir amplifier ce phénomène à la suite de la surexploitation de ces aquifères (Margat, 2002).

Parmi les changements globaux à venir, les experts prédisent dans les pays méditerranéens d'Europe une intensification des précipitations hivernales et à l'inverse une baisse des précipitations estivales. En parallèle, les sécheresses augmenteront en fréquence comme en intensité (Margat, 2002). C'est déjà le cas en Crête (8 336 km²), où la problématique réside dans la répartition spatiotemporelle et du déphasage entre l'offre et la demande. La pluviométrie annuelle se concentre en hiver et l'été est caractérisé par une longue sécheresse. Les usages de l'eau viennent accentuer cette pression sur la ressource, par l'agriculture et les usages domestiques qui se concentrent entre la fin du printemps jusqu'au début de l'automne. Le tourisme hautement pratiqué sur cette île, et coïncidant généralement avec les périodes de moindre pluviosité, vient accentuer cette consommation en eau (Chartzoulakis et *al.*, 2001). Pour y pallier, les autorités ont cherché une nouvelle source pour alimenter les besoins : les eaux usées traitées. Cette solution comme pour la plupart des pays méditerranéens, fut retenue pour les usages ne nécessitant pas d'eau potable (Angelakis et Diamadopoulos, 1995).

Dans des climats plus froids, c'est parfois une question de qualité qui vient limiter la disponibilité en eau. L'exemple de l'île de Bornholm (588 km²), un territoire danois situé en mer Baltique, où l'agriculture est totalement dépendante de la ressource en eau souterraine, menacée par les pollutions en rejet azoté de l'agriculture intensive (Eurisles, 2002).

En conclusion les îles font face comme tout territoire à des problématiques de gestion de l'eau tant d'un point de vue disponibilité que gestion et usage. L'agriculture qui est pratiquée est donc impactée par cette ressource en eau, qui est souvent mobilisée pour le développement d'autres activités économiques comme le tourisme.

III. L'eau et agriculture dans les îles de la façade Atlantique française

Les îles de la façade atlantique ne sont pas épargnées par ces problématiques. Sur ces îles, l'approvisionnement en eau potable et en alimentation, cette dernière intimement liée à l'agriculture, sont les principaux enjeux pour le maintien d'une population à l'année pour les décennies à venir.

Parmi elles on retrouve 16 îles bordées en partie par l'océan Atlantique et la Manche (Figure 4), dont trois sont reliées au continent par un pont (l'île de Noirmoutier, d'Oléron et de Ré). Ces différentes îles et leurs agricultures sont le sujet de l'association du Réseau Agricole des îles Atlantique, qui œuvre pour le développement et le maintien de l'agriculture dans ces contrées.

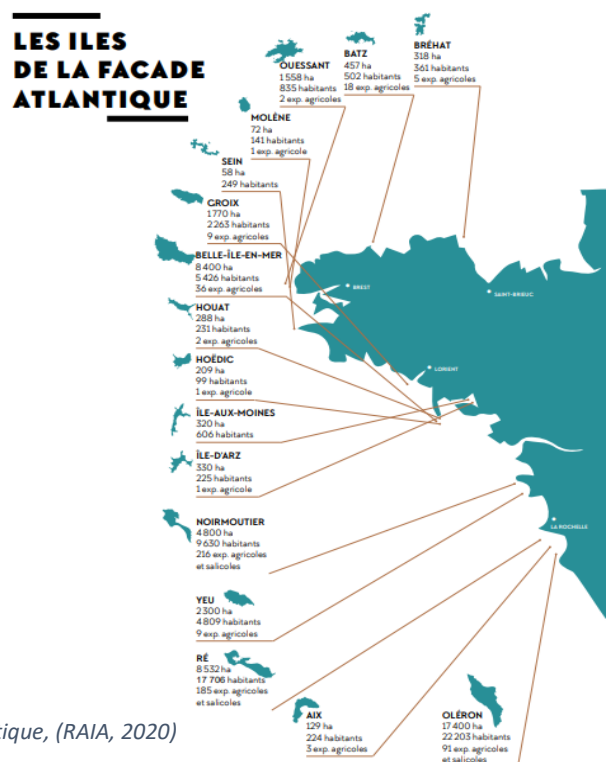


Figure 4 : Carte de îles de la façade Atlantique, (RAIA, 2020)

1. De l'autonomie vers la dépendance

Le contexte historique et environnemental de ces îles leur confère à chacune des problématiques de gestion de l'eau à la fois similaires mais tout aussi spécifiques.

A. La modernisation de l'approvisionnement en eau et le déclin de l'agriculture

Globalement sur ces îles, avant la guerre, l'approvisionnement en eau dépendait de points d'eau historiques tels que les puits et pour certaines de la récupération des eaux pluviales. Certains étés très secs, révélaient des pénuries d'eau, et donc des crises majeures. L'approvisionnement en eau était donc la préoccupation première de ces populations qui vivaient d'une agriculture vivrière et de la commercialisation des produits de la pêche (Chiron, 2007).

Les années 50, rythmées par les 30 glorieuses, signent le changement du modèle socio-économique de ces îles et donc l'évolution du rapport à cette ressource. La désertification agricole se fait en parallèle du développement d'autres activités économiques comme le tourisme. Les bons revenus obtenus par les nouvelles activités économiques comme la marine marchande, permettent à certaines familles l'abandon de l'agriculture d'autosubsistance. L'exemple de l'île de Houat le démontre bien, on recensait en 1945, un cheptel animal de 150 têtes contre 26 bovins en 1962 et seulement une douzaine en 1974 (Pensec, 1974). Entre 1960 et 1990, l'enfrichement devient donc une conséquence directe de cette déprise agricole. Elle se traduit par un recouvrement des parcelles mais aussi les réseaux hydrologiques de surfaces, perdant donc leurs fonctions originelles de drainage et de stockage, sur différentes îles comme Molène, Sein, Houat, Hoëdic ou encore Ouessant (Gourmelon, 1995).

On voit apparaître une modernisation des infrastructures hydrauliques, comme le raccordement au réseau d'eau continental ou encore la création de forages.

Les îles se sont équipées de différentes manières, d'une part on retrouve les îles reliées par des canalisations sous-marines comme Bréhat, Batz, l'île-aux-Moines, Arz, Yeu et Aix. D'autres comme Belle-Île, Ouessant, Molène, Groix, Houat et Hoëdic mobilisent les ressources superficielles et/ou souterraines. L'île de Sein, pour compléter la récupération de l'eau de pluie, a mis en place du dessalement de l'eau de mer. En ce qui concerne les îles de Saint-Nicolas des Glénan et de Grande-île, présentent respectivement dans les archipels de Glénan et de Chausey, l'acheminement de l'eau se fait via l'importation d'eau par bateau (Chiron 2007). La question de l'approvisionnement en eau potable est au centre des préoccupations, en délaissant parfois la question de l'usage qui régit la première.

D'après Chiron (2007) dans sa thèse sur la gestion durable des ressources en eau et du risque de pénurie sur les petites îles : « Le raccordement aux réseaux hydrauliques continentaux a d'abord scellé sur le long terme la non-durabilité de la gestion des ressources en eau des îles concernées : une telle solution rompt définitivement avec le concept même de durabilité en scindant territoire de la ressource et territoire des usages ». Il questionne également, pour les îles en situation d'autonomie hydraulique, la durabilité de ces systèmes soutenus financièrement et techniquement par des partenaires continentaux privés ou publique. La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau des îles est donc à questionner.

B. La gestion des eaux pluviales

Les nouvelles infrastructures hydrauliques ont donc été pensées pour répondre aux besoins en eau potable des populations, en délaissant la récupération des eaux de surface que les anciens s'étaient évertués à mettre en place pour répondre aux besoins comme ceux de l'agriculture.

En fonction des périodes de l'année, ces aménagements du stockage de l'eau de surface servaient également, comme les mares, les fossés, ou les barrages au drainage des excès d'eau hivernaux qui engorgeaient les parcelles. Les bilans hydriques des différentes îles, dans l'étude de Chiron (2007) permettent l'identification d'une typologie hydrique basé sur des données annuelles entre 1949 et 2005. Cette typologie dresse trois grandes séquences hydro-climatique :

- Une période de remplissage des réserves utiles et hydrologiques, regroupant les mois humides et hyperhumides (novembre à février) ;
- Une période de déficience hydrique modérée, correspondant aux mois à faible déficience et subsecs (mars à mai) ;
- Une saison sèche, marquée par les mois secs et plus exceptionnellement les mois extrêmement secs (juin à septembre). »

On peut donc estimer que les d'aménagements hydrologiques de surface servaient entre novembre et mars au stockage des surplus d'eau hivernaux.

Actuellement ces réseaux, lorsqu'ils sont encore présents, servent au drainage de l'eau de surface qui va être soit évapotranspirée² par le sol et les plantes, soit directement évacuée vers la mer ou encore percolée³ pour le rechargement des nappes souterraines. Certains agriculteurs sur ces îles, récupèrent ces eaux pluviales pour l'utilisation agricole.

2. L'exemple de l'île d'Yeu

A. La déprise agricole synonyme de l'abandon du système hydrologique superficiel

L'île d'Yeu est un bon exemple de l'évolution des problématiques liées à la gestion de l'eau. Depuis des siècles, les ressources en eau de l'île dépendaient exclusivement des eaux pluviales. La gestion de cette eau (puits, fosses, fossés, réserves privées) était une préoccupation majeure des habitants jusqu'à la construction en 1961 d'une canalisation sous-marine de 17 km, pour l'alimentation en eau potable de l'île (Esseul, 1989). Cette ressource représente aujourd'hui 100% de la consommation en eau potable de l'île. Ce bouleversement du confort de vie engendra la déprise agricole, menant à l'abandon des systèmes de drainage et stockage de l'eau. Les fossés et les mares formant ce réseau, sont maintenant présents dans le domaine public et dans le domaine privé, se traduisant par une divergence d'entretien de ces derniers. Dans les deux cas, pour des questions de moyens financiers ou de sensibilisation, ce réseau disparaît.

Superposé à une urbanisation croissante provoquant une imperméabilisation des sols, et au contexte environnemental de l'île, la circulation superficielle de l'eau forme une contrainte pour l'agriculture.

B. Le renouveau de l'agriculture sur l'île

Depuis 2010, la mobilisation de collectifs citoyens et de la collectivité locale ainsi que l'engouement pour les circuits-courts ont dynamisé les activités agricoles locales. Plusieurs installations ont eu lieu et de nombreux porteurs de projet souhaitent s'installer sur l'île. L'île comporte actuellement 13 exploitations, comprenant trois ateliers d'élevage (brebis, vache laitières, poulets de chair et abeilles), cinq ateliers maraîchers, mais également ateliers de cultures diversifiées (vignes, safran, fleurs d'ornements, plantes aromatiques).

² En agronomie, l'évapotranspiration correspond à la perte sous forme gazeuse de l'eau du sol et des plantes.

³ La percolation désigne en hydrogéologie, le passage lent de l'eau à travers la masse rocheuse.

C. Les problématiques de gestion de l'eau en agriculture

D'après les acteurs liés à la gestion de l'eau en agriculture, les différents ateliers agricoles font face, au vu du contexte, à des problématiques liées à la disponibilité en eau au cours de l'année. Les sécheresses estivales exposent les ateliers à un déficit hydrique et donc nécessite de recourir à d'autres ressources en eau comme les forages, les réserves en eau pluviales ou encore le réseau d'eau potable. La disponibilité de la ressource pour les différents usages n'est pas la seule problématique de l'île. En effet, des excès d'eau en hiver provoquent une asphyxie des cultures comme en maraîchage et des complications pour la circulation dans et aux alentours des parcelles observable par exemple dans les pâturages des brebis. Pour y répondre les agriculteurs adaptent les dates d'usage de la parcelle et tente de retravailler les fossés ou d'en recréer pour faciliter l'écoulement de l'eau dans la parcelle.

D. Le CDA, Comité de Développement de l'Agriculture de l'île d'Yeu

Le Comité de Développement de l'Agriculture de l'île d'Yeu (**CDA**) a été constitué pour traiter des problématiques pesant sur l'agriculture insulaire de Yeu. Il regroupe la Commune de l'île d'Yeu, l'association du Collectif Agricole, de Yeu Demain, de la Société Coopérative Civile Immobilière (SCCI) Terres Islaises, de Terres de Liens Pays de la Loire et tous.te.s les agriculteur.rice.s du territoire. Il met en place des projets pour le développement de l'agriculture sur l'île tel que le projet « **Terres Fert'île** » ou « **Au f'île de l'eau** ». Ce dernier a été mis en place pour comprendre et réhabiliter les cours d'eau, les fossés et les mares en zones agricoles, et favoriser le stockage de l'eau de pluie pour les besoins en eau des agriculteurs (cultures et élevages). Il s'agit aussi de créer une synergie positive entre activités agricoles et biodiversité. Il a permis la réalisation d'une étude de terrain sur la disponibilité des eaux souterraines, deux rencontres citoyennes autour des enjeux de la ressource en eau et le lancement d'un inventaire participatif des mares en zones agricoles.

Problématisation

Le contexte général relève que la continuité et le développement de l'agriculture est contraint par la gestion de la ressource en eau, comme dans les îles de la façade Atlantique française. Parmi ces problématiques, la gestion de l'eau pluviale se présente comme un potentiel levier pour répondre aux problèmes engendrés par les excès ou les déficits en eau.

Les agriculteurs de l'île d'Yeu, impactés par cette fluctuation annuelle, mettent en place à leur échelle des solutions mais sont parfois limitées par les moyens. C'est pourquoi le CDA souhaite mieux comprendre quels sont les mécanismes à l'œuvre derrière ces fluctuations, afin d'apporter des solutions adaptées aux agriculteurs tout en s'intégrant dans une démarche d'agriculture durable et de préservation de la ressource.

Le RAIA de son côté porte un projet de recherche visant à caractériser les spécificités de l'agriculture insulaire et agit pour encourager le développement d'une agriculture durable sur les îles. C'est pourquoi l'association a décidé de s'associer au travail du CDA, dans un objectif de compréhension plus général des besoins des agriculteurs insulaires vis-à-vis de la gestion de la ressource en eau pluviale.

L'apport de solutions adaptées aux besoins d'une exploitation agricole, passe par la compréhension spécifique des problématiques liées aux parcelles. La caractérisation de ces problématiques pose des questions sur la localisation, la temporalisation mais aussi sur les causes d'apparition de celle-ci.

Basé sur l'étude d'une parcelle maraîchère à l'île d'Yeu, le mémoire souhaite répondre à la problématique suivante :

Quelles sont les caractéristiques des problématiques de gestion de l'eau pluviale, à l'échelle de parcelle agricole, dans les îles de la façade atlantique française, dans le cas d'une parcelle maraîchère de l'île d'Yeu ?

Objectif du mémoire

L'étude a pour objectif à l'échelle de parcelle agricole, la détermination et la clarification des entraves à la continuité/développement de l'activité agricole, engendrées par les problématiques de gestion de l'eau pluviale dans ce contexte insulaire atlantique. Cette étude permettrait de fournir les connaissances supplémentaires pour répondre aux besoins en termes de gestion de l'eau spécifiques à la parcelle. Pour cela trois sous-objectifs ont été délimités :

1. Les besoins liés à cette ressource en fonction de l'activité agricole pratiquée sur la parcelle
2. La disponibilité temporelle de cette ressource, en fonction des périodes de l'année dans la parcelle
3. Les éléments impactant la répartition de la ressource à l'échelle de la parcelle

Cadre du stage

Ce mémoire de fin d'étude est la finalité du cursus de formation d'ingénieur en Agro développement international, suivi à l'ISTOM. Il découle du domaine d'approfondissement portant sur les territoires, les risques et les aménagements.

Il a été encadré et commandité par le RAIA (Réseau Agricole des Îles Atlantiques) et le CDA (Comité de Développement Agricole de l'île d'Yeu). Le CDA et le RAIA, sont deux associations dont le souhait est d'entretenir et développer l'agriculture dans les îles de la façade atlantique.

Le RAIA, réalisant des projets de recherche-action sur le maintien et le développement des activités agricoles dans les îles, a souhaité à travers son projet de recherche SOFIANE travailler sur la problématique de gestion de l'eau en contexte insulaire.

En partenariat avec le CDA, association locale de l'île d'Yeu pour le dynamisme agricole, une étude de cas a été initiée sur le sujet de la gestion de l'eau pluviale dans les parcelles agricoles. C'est au travers du projet Au f'île de l'eau, que le CDA porte ce projet.

Organisation du mémoire

Le mémoire tente de répondre à la problématique à travers un plan en quatre parties. La première partie présente un état de l'art du contexte et des enjeux autour de la gestion de l'eau en agriculture avec, pour finir, un zoom sur le contexte insulaire et le cas particulier des îles atlantiques françaises comme l'île d'Yeu. La seconde présente la stratégie d'étude menée afin de répondre aux objectifs précités. La zone d'étude y est présentée et la méthodologie développée. La Partie 3 présente les résultats obtenus et leur discussion. Enfin la quatrième et dernière partie clôture ce travail par une synthèse des données obtenues sur la zone d'étude et présente des recommandations pour des potentielles suites à ce travail.

Conduite générale de l'étude

L'étude s'est déroulée du 1 mars au 10 septembre 2021. Dans un premier temps, il était nécessaire de comprendre le contexte général des problématiques de gestion de l'eau rencontrées par les agriculteurs de l'île. Pour cela, des enquêtes exploratoires ont été réalisées en début de stage. Quatorze personnes ont été rencontrées. Quatre agents municipaux, six agriculteurs et cinq personnes du cadre associatif.

Afin de comprendre pourquoi les parcelles agricoles sont soumises à de telles variations, il a été décidé d'identifier une parcelle-test représentative d'une "parcelle agricole moyenne" de l'île d'Yeu. Elle appartient à une exploitation maraîchère et présente les deux problématiques d'excès et de déficit en eau. Ce choix fut réalisé car le maraîchage est l'activité agricole la plus représentée sur l'île, avec 5 exploitations sur 13, et constitue également un atelier agricole foncièrement touché par la problématique de l'eau. Un des critères de choix fut également la disponibilité de l'exploitant pour participer à l'étude.

A la suite de la définition du sujet et de l'indentification de la parcelle, différentes mesures et observations ont été réalisées entre le mois de juin et aout 2021. Ces mesures avaient comme but de :

Dans un premier temps comprendre l'usage actuel de la parcelle agricole et en quoi celui-ci est impacté par les variations hydriques. Pour y répondre, il a été décidé de réaliser un entretien semi-directif, avec l'agriculteur sur la parcelle. Ce dernier est basé sur un guide d'entretien de cartographique qui permettra la cartographie des zones engorgées ou déficitaires en eau dans la parcelle.

Ensuite, caractériser finement les variations hydriques dans la parcelle en fonction des mois de l'année. Ceci en se basant sur le calcul d'un Bilan hydrique théorique et l'observation des variations du niveau de la nappe libre via l'installation de piézomètres.

Pour finir, identifier les facteurs à l'origine de ces variations hydriques. Pour y répondre, différents facteurs environnementaux, préalablement identifiés, vont être étudiés pour définir leurs potentiels impacts sur les variations hydriques. A travers les analyses de terrain, la lecture du paysage, l'entretien avec l'agriculteur et la bibliographie, nous essayons de comprendre la régularité de ces problématiques.

À la suite de la présentation de la parcelle d'étude, trois parties sont développées et reprennent les différents objectifs. Cette méthodologie a été développée dans un but potentiel de réutilisation pour d'autres parcelles avec des contextes environnementaux diversifiés. Les méthodes et outils mobilisés ont donc été choisis pour être réalisables avec les moyens techniques et financiers localement disponibles.

Stratégie de l'étude

I. Présentation de la zone d'étude

1. Présentation générale de l'île

A. Localisation

Île à 17km au large de la Vendée, Yeu fait partie des 15 îles du Ponant (Figure 5). « Elle est de forme ovoïde et s'étend sur une longueur d'environ 10 kilomètres alors que sa plus grande largeur n'excède pas 4 kilomètres. Le tout forme un ensemble de 30 kilomètres de côtes pour une superficie totale de 2332 hectares » (ESSEUL. 1989).

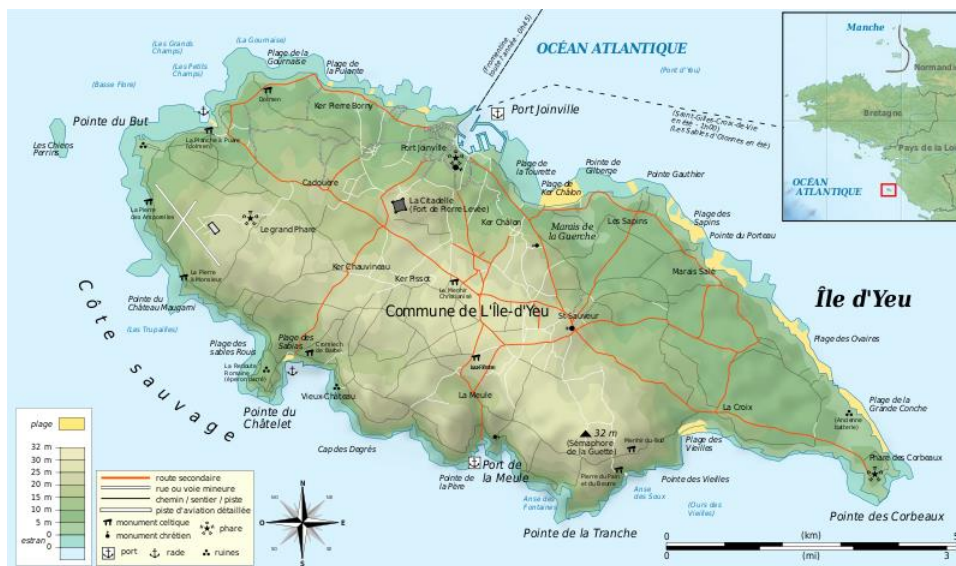


Figure 5 : Carte de la localisation et topographique de l'île d'Yeu, (Bourrichon, 2011)

B. Population

L'île est habitée à l'année par près de 5 000 personnes, avec un afflux touristique important sur la période estivale. La part des résidences secondaires y est plus importante de 21% que les résidences principales (Insee, 2012).

C. Occupation du sol

Les images ci-dessous (figure 6) mettent en avant l'évolution de l'utilisation des sols sur l'île. Les terres, pour la plupart agricoles en 1950, sont aujourd'hui urbanisées ou couvertes par les friches. Ce phénomène est engendré par une pression foncière très importante. La multiplication des constructions, a donné lieu à une imperméabilisation des sols. (IGN, 2021)



Figure 6: Comparaison des images satellites du centre de l'île d'Yeu en 2019 (gauche) et en 1950 (droite), (IGN,2021)

La réglementation suppose cependant que l'île d'Yeu se compose à 35% par des zones urbanisées contre 51% par des milieux à végétation arbustive et/ou herbacée, et 9% par des zones agricoles hétérogènes (Cadastre, 2018). Pour limiter l'expansion de l'urbanisation, 200 ha de landes de la côte sauvage ont été classés par le département de Vendée en zone de préemption au titre des espaces naturels sensibles (Conservatoire-du-Littoral, 2014). Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux et habitats naturels, comme la côte sauvage de l'île (Prieur, 2006).

Sur l'île se trouvent également des zones industrielles ou commerciales et des réseaux de communication, des espaces verts artificialisés non agricoles, des forêts, des milieux à végétation arbustive et/ou herbacée, des zones humides côtières et des eaux marines (Cadastre, 2018).

2. Contexte pédoclimatique de l'île

A. Topographie

L'île est marquée par un faible relief. Le centre de l'île se compose d'un plateau situé entre 25 et 30 mètres qui longe l'axe central entre le Grand Phare et Saint Sauveur. Le versant Nord-Est est défini par une pente assez douce contrairement au versant Sud-Ouest qui est plus marqué. « On peut assimiler cette morphologie au toit d'une maison » (Mathieu, 1938).

B. Géologie

L'île d'Yeu, appartient au massif hercynien Sud-Armoricain. Elle est reliée à la structure des sables d'Olonne par un fragment d'anticlinale gneissique.

Comme présenté sur la carte en *Annexe 1*, l'île est essentiellement constituée de gneiss, elle présente une géologie de pendage faible de 10 à 15° vers le Nord-Est et est traversée dans sa partie Sud par une faille orientée Nord-Ouest Sud-Est. Cette faille laisse apparaître au niveau de la côte Sud, un bloc de granite gneissique à pendage accentué vers le Nord-Est (75°).

A noter par ailleurs, des intrusions granitiques à travers l'anticlinal gneissique, à Saint Sauveurs, à la Presqu'île du Châtelet, à Ker Pissot et à la Pointe des Corbeaux. Sur l'ensemble de sa structure, l'île est parcourue par un réseau de fractures, plus ou moins ouvertes conférant au massif des possibilités de circulation d'eaux souterraines.

La côte Nord-Est est constituée par un cordon dunaire. (ROY, 1982)

C. Pédologie

Priault décrit en 1993 la pédologie de l'île d'Yeu en distinguant 3 types de sols :

- « Un plateau central recouvert d'une mince couche de terre végétale issue de la dégradation des gneiss et des micaschistes. Souvent, les rochers parsèment cette surface où l'épaisseur du sol cultivable est d'environ 20 centimètres. »
- « Ce plateau est entaillé par quelques vallons plus fertiles car la terre s'y est accumulée par gravité. »
- « Au niveau de la plaine du marais salé, l'eau et la terre descendent de Saint-Sauveur pour s'y accumuler également. De ce fait, ces terres étaient les meilleures de l'île, après que ces marais ont été drainés par la mise en place d'exutoires sur la mer, munis d'écluses, qui empêchaient l'eau d'être retenue par le cordon de dunes. »

D. Climat

a. Températures

Le climat vendéen auquel est rattaché l'île d'Yeu, est de type océanique tempéré et les températures y sont douces. Durant les mois les plus froids de l'année entre décembre et février, les températures minimales moyennes oscillent entre 2 et 6°C, tandis que les maximales oscillent entre 22 et 26°C. Entre 1949 et 2021 la température moyenne sur l'année, relevée est de 12,83°C. (Infoclimat, 2021)

b. Précipitations

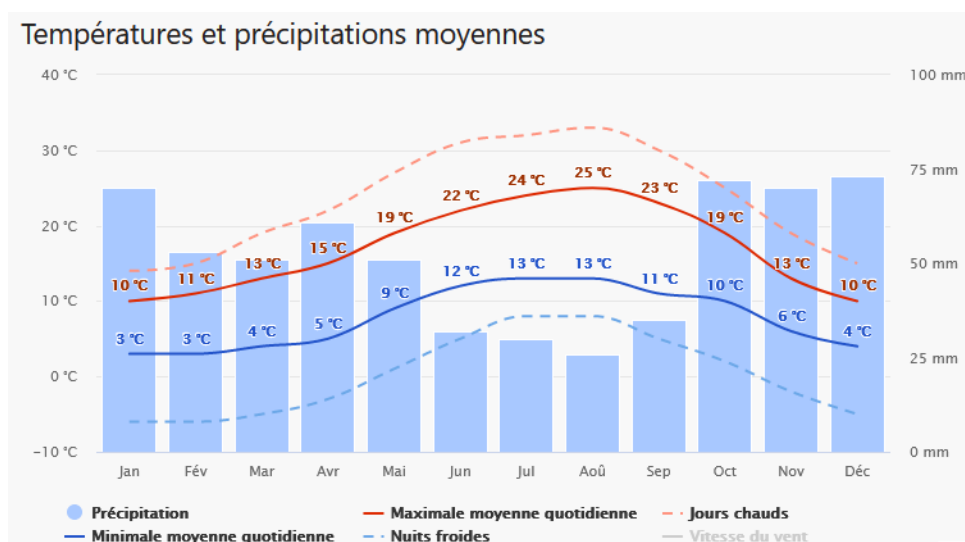


Figure 7: Diagramme ombrothermique de l'île d'Yeu, (Meteoblue, 2021)

Les précipitations moyennes, entre 1949 et 2021, sont de 737,19 mm. Le diagramme ci-dessus (Figure 7) présente les précipitations et les températures moyennes des trente dernières années. On peut voir que la majorité des précipitations se répartissent entre octobre et janvier, avec un regain au mois d'avril. C'est entre juin et septembre que les précipitations sont les moins conséquentes.

c. Vent

La rose des vents suivante (Figure 8), présente combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée.

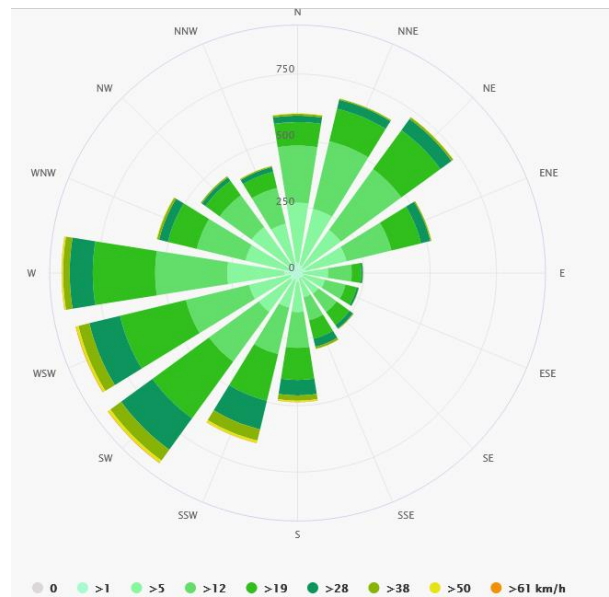


Figure 8 Rose des vents de l'île d'Yeu, (Meteoblue, 2021)

On peut voir que les principaux vents viennent du côté Sud-Ouest de l'île, en provenance directe de la mer.

d. Hydromorphie et hydrogéologie

Le contexte géologique présenté précédemment révèle que l'île est caractérisée par une unité imperméable, constituée d'un socle cristallin avec des nombreuses fracturations. Priaul (1993) cite vis-à-vis de ce contexte un phénomène d'hydromorphie, à savoir un excès d'eau saisonnier ou permanent dans un sol. Cet état est lié à la perméabilité du sol. La nappe libre comme présentée dans le schéma ci-dessous (Figure 9), se situe au-dessus du substratum qui ne permet pas l'écoulement rapide vers la nappe captive présente en dessous. La forte accumulation de cette eau dans la zone non saturée va donc donner lieu à un excès.

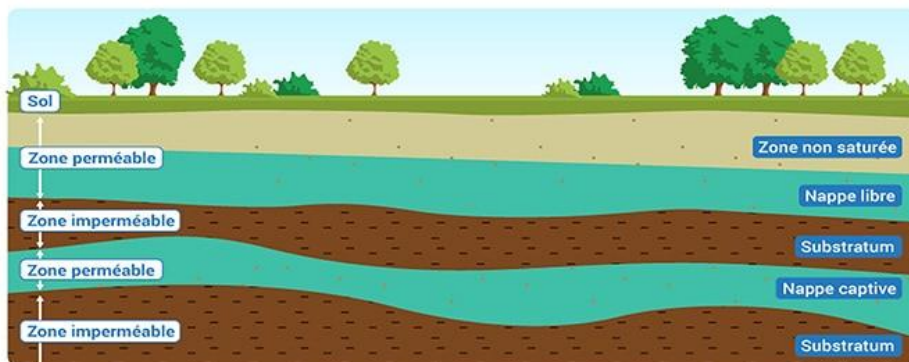


Figure 9 : Schéma de présentation de la nappe libre, (Eau France, 2019)

Or, ce problème a toujours existé à l'île d'Yeu, à cause de son sol peu profond et son sous-sol imperméable. Pour pallier cet inconvénient supplémentaire, l'île était anciennement recouverte d'un réseau important de fossés, qui permettait l'écoulement de l'eau vers les ruisseaux et la mer. Le sol est donc humide et froid. Sa décalcification et son acidification sont accélérées. Les racines des cultures souffrent alors d'asphyxie et n'assurent plus une nutrition suffisante.

3. Conclusion sur le contexte de l'île d'Yeu

Cette partie aculée à l'exemple de l'île d'Yeu faite dans le contexte général a permis de replacer la gestion de l'eau pluviale dans le contexte socio-économique et environnemental de l'île d'Yeu.

II. Présentation de la parcelle test

Cette parcelle située dans le hameau de Ker Viroux, au centre de l'île, est exploitée par l'Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée (EARL) *du Moulin*. Présentée sur la carte ci-jointe (Figure 10) elle est cultivée en maraîchage conventionnel sur une superficie de 0,9 hectare.



Carte de la parcelle d'étude

Figure 10 : Carte de la parcelle d'étude

III. Méthodologie d'étude

Les quatre parties suivantes présentent respectivement la méthode des entretiens exploratoires réalisés en début de stage et les étapes méthodologiques pour répondre aux 3 objectifs posés par la mission.

1. Entretiens exploratoires

Pour aider à la formulation du contexte et de la méthodologie d'étude, quatorze entretiens exploratoires ont été réalisés auprès des acteurs concernés par la gestion de l'eau pluviale de l'île d'Yeu. Ces acteurs listés en *Annexe 2*, ont été préalablement définis par les membres du CDA. Parmi eux quatre agents municipaux, six agriculteurs et cinq personnes du cadre associatif.

Les entretiens étaient de type « libre » car sans questions prédéfinies, et abordaient le thème général de la gestion de l'eau pluviale sur l'île.

2. Compréhension des usages actuels de la parcelle et l'impact des variations hydriques

La méthodologie présentée dans cette partie, a été mise au point afin de définir l'usage de la parcelle fait par l'exploitant. C'est-à-dire, les périodes d'exploitations, les cultures pratiquées, leurs rotations et les objectifs de productions.

Elle a également pour but d'apporter des éléments de compréhension sur la gestion de l'eau dans la parcelle. Cela comprend les besoins de l'exploitant et les problématiques en terme de gestion de l'eau, auquel il fait face pour la continuité et le développement de son activité agricole.

Ces informations sont en partie visibles sur la parcelle mais surtout disponibles auprès de l'exploitant. Il est donc important de lier ces deux sources d'informations. La phase de terrain se déroulant en période estivale, les potentiels engorgements ne sont pas forcément visibles. Il est alors nécessaire de recouper l'observation avec l'expérience de l'exploitant sur la parcelle. Pour collecter ces données auprès de l'exploitant, un entretien est essentiel. L'entretien semi-directif, permettant de récolter des données quantitatives et qualitatives, est l'outil sélectionné.

Entretien semi-directif

D'après Pinson et Sala Pala (2007), l'entretien semi-directif permet de reconstituer entièrement une action dans son historicité et d'analyser des pratiques et des représentations. Il permet à la fois de poser des questions précises, comme la localisation des problématiques dans la parcelle, et de faire émerger des idées et des opinions au travers du récit de vie de l'acteur, tel que son avis sur la cause d'apparition des problématiques liées à l'eau. (Olivier de Sardan, 1995). C'est pour cela qu'il est mobilisé pour cette étude.

La réalisation d'un entretien semi-directif, repose sur un guide d'entretien, retraçant les thèmes et grandes questions à aborder. Dans le cas particulier de l'étude, l'utilisation de cartes pour localiser les observations faites sur le terrain semble pertinent.

Déroulement de l'entretien

L'entretien avec l'exploitant se déroule sur une durée d'une heure environ, sur la parcelle concernée. Il est basé sur le guide d'entretien cartographique, conçu en amont et présenté en *Annexe 3*.

Ce guide présente 2 grands thèmes, regroupant eux-mêmes des questions plus précises :

1. Pratiques culturelles :
 - Cultures et conduite de la parcelle
 - Dates de semis
2. La gestion de l'eau :
 - Besoins en eau de la parcelle
 - Les problématiques liées à l'eau
 - Types
 - Dates
 - Conséquences
 - Changement dates de culture
 - Choix des cultures
 - Solutions pour y palier

L'ensemble de ces informations sont collectées sous forme de prise de note au sein du guide d'entretien. Il est souhaitable, avec l'accord de l'exploitant, d'enregistrer sous forme audio l'entretien, pour une meilleure retranscription.

3. Caractérisation des variations hydriques dans le temps

La variation hydrique dans le sol est un facteur limitant des productions agricoles.

La connaissance des fluctuations de la réserve en eau dans le sol, permet d'identifier les potentielles périodes critiques pour les cultures et donc de mieux adapter la conduite culturale. Différents outils existent pour identifier ces périodes de manière théorique mais aussi pratique.

Le **bilan hydrique** est souvent mobilisé pour connaître l'évolution de la réserve en eau dans le sol de manière théorique. Dans les systèmes de culture, il permet de vérifier que l'apport d'eau par irrigation est suffisant et que la culture n'est pas en situation de stress hydrique⁴ (Chambre d'Agriculture de Nouvelle Aquitaine, 2019) Il permet également de s'assurer que l'apport en eau n'est pas en excédant par rapport aux besoins. En système irrigué, le bilan hydrique permet un meilleur pilotage des apports en eau à réaliser. Il peut être schématisé via des outils de modélisation, tel que *BISWat* (Bertrand et *al.*, 2018), qui est un modèle de simulation de bilan hydrique à réservoir. Ces outils permettent d'avoir une bonne visibilité sur le remplissage de la réserve en eau du sol avec l'insertion des entrées et sorties dans une matrice. Cependant, ce type d'outil nécessite du temps, des moyens techniques et des connaissances spécifiques pour sa prise en main et son utilisation. Dans un objectif de faciliter la réplication de la méthode, ces outils restent peu accessibles.

Le bilan hydrique peut également être modélisé via une formule mathématique. Cette formule intègre les entrées et sorties d'eau dans le système. Cette méthode est fréquemment utilisée par les exploitants ou encore les chambres d'agriculture pour définir les périodes de stress hydrique des cultures et adapter les apports en irrigation en fonction des cultures (Chambre d'agriculture de Nouvelle Aquitaine, 2019). Il est donc mobilisé dans l'étude pour l'observation théorique de la fluctuation de la réserve en eau dans le sol.

L'information théorique fournie par le Bilan hydrique, peut être complétée par des analyses de terrain pour évaluer en temps réel cette ressource en eau dans le sol. Des méthodes comme l'**humidimètre à neutron** et la **réflectométrie temporelle**, permettent de connaître la teneur en eau du sol et de quantifier les flux hydriques à un instant T. Ces deux méthodes nécessitent cependant l'utilisation de matériel spécifique, non disponible pour l'étude (Langellier-Bellevue, 1997).

En revanche, la pose de **piézomètre** de manière artisanale est une méthode simple et accessible à moindre coût. Cet outil permet l'observation en temps réel de l'évolution de la nappe libre dans le sol. Ce qui dans le cadre de notre étude, permettrait une identification des périodes de surplus d'eau potentiellement dues à l'augmentation du niveau de cette nappe libre.

Le Bilan hydrique via l'utilisation d'une formule mathématique et la pose de piézomètres sont les deux méthodes retenues pour estimer les variations hydriques annuelles au sein de la parcelle. Les parties suivantes présentent respectivement la mise en place méthodologique de ces deux outils. Ces deux méthodes, permettront un premier suivi de l'évolution de la réserve en eau dans le sol, adapté aux conditions de la parcelle.

A. Bilan hydrique

Tel que présenté précédemment, le bilan hydrique du sol, est un outil permettant d'évaluer les flux entrants et sortants, ainsi que la conservation de la masse d'eau présente dans le sol entre deux dates données (Katerji et *al.*, 1984).

Dans les systèmes de cultures irriguées, il permet de diagnostiquer et de piloter les besoins en eau, pour une irrigation plus efficiente. Dans le cadre de cette étude, il va permettre d'estimer théoriquement, sur une période donnée, l'évolution de la disponibilité en eau pour les cultures.

⁴ Le stress hydrique, ou stress osmotique, est le stress abiotique subi par une plante placée dans un environnement qui amène à ce que la quantité d'eau transpirée par la plante soit supérieure à la quantité qu'elle absorbe (Oukarroum, 2007).

Cette estimation permettra d'identifier les potentiels surplus ou déficit qui peuvent influencer les rendements.

Pour cela, deux éléments doivent être quantifiés. D'une part la capacité de notre sol à contenir de l'eau accessible pour les cultures dans notre système. C'est ce que l'on nomme « **capacité de la réserve utile** ». D'autre part, on cherche à quantifier la quantité d'eau présente dans cette réserve mobilisable par nos cultures, la **réserve utile (RU)** obtenue par le bilan hydrique.

À la suite de la quantification et de la superposition de ces deux éléments, on pourra observer la fluctuation de l'eau dans la réserve et identifier les potentiels surplus ou manque.

a. Evaluation de la capacité de la Réserve Utile du sol

La réserve utile est définie comme la différence entre la capacité aux champs qui correspond à la quantité maximale d'eau que peut contenir le sol et le point de flétrissement, qui correspond au seuil minimal d'eau ou la plante peut encore répondre à ces besoins. Cette valeur est variable en fonction des caractéristiques physiques du sol. Elle est généralement exprimée en millimètre d'eau par centimètre de sol (UVED, 2019)

Afin de l'évaluer, des analyses pédologiques sont mobilisées. Pour une précision des résultats il est conseillé de réaliser, après le prélèvement in-situ des échantillons, des analyses en laboratoire. Ces dernières étant trop coûteuses, les méthodes du « boudin » et de la « sédimentation » ont été mobilisées car n'engendrant pas de coût.

Dans le Massif armoricain où se situe l'île d'Yeu, une méthode de caractérisation des sols appartenant à cette formation géologique est disponible (Rivière, 1992). Elle est développée dans le document « *tarière Massif armoricain Caractérisation des sols* » sur lequel est basé notre méthode. Cette caractérisation permettra également la caractérisation des propriétés du sol vis-à-vis de l'eau mobilisée dans la partie 3.

La méthode détaillée pour le prélèvement et l'analyse est développée au sein d'un protocole technique en *Annexe 4*.

L'analyse réalisée pour l'ensemble des horizons de la globalité des profils, donnera une valeur moyenne de capacité de réserve utile du sol de la parcelle.

Parmi les 6 profils réalisés dans le cadre de l'étude, une valeur moyenne, une valeur basse et une valeur haute sont sélectionnés pour l'évaluation du remplissage de cette réserve utile. Cela permettra une observation de différents cas de figures.

b. Evaluation de la réserve utile

i. Bilan des flux

Les deux types de flux à quantifier pour réaliser le bilan hydrique sont représentés dans le schéma ci-dessous (Figure 11).

On y retrouve les **flux entrants** :

- Précipitations, la pluie reçue entre deux dates
- Irrigations, lorsque nous nous trouvons dans un système de culture irrigué

Les **flux sortants** :

- Transpiration, transfert d'eau sous forme gazeuse évacuée par la plante
- Evaporation, transfert d'eau sous forme gazeuse du sol vers l'atmosphère
- Ruissellement, l'eau ruisselant à la surface du sol
- Infiltration, l'eau s'infiltrant en profondeur dans le sol

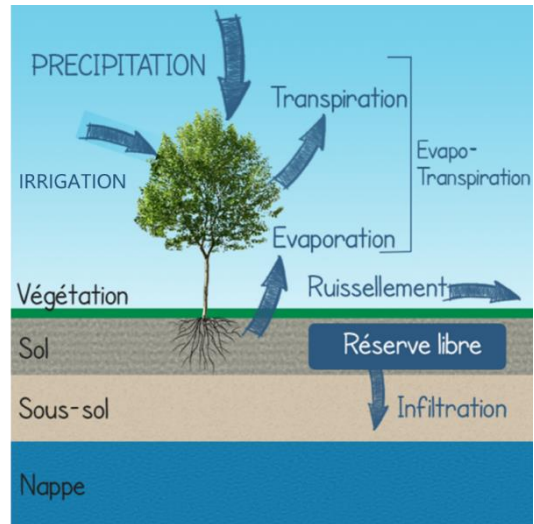


Figure 11: Schéma du bilan des flux en eau pris en compte dans le bilan hydrique, modifié sur la base UVED (2019).

ii. Formule

L'ensemble de ces flux sont regroupés dans une formule permettant de calculer la quantité d'eau présente dans le système. En fonction du terme recherché, celle-ci diffère. Dans le cas de cette étude, c'est la variation du stock d'eau présent dans la partie superficielle du sol occupée par les racines qui est recherchée, cela correspond à la réserve utile (RU).

On l'obtient en soustrayant les flux sortants : Evapotranspiration réelle, Drainage et le Ruissellement, au flux entrants : Précipitation et Irrigation. Elle est représentée dans la formule suivante (Equation 1) :

Équation 1 : Equation du Bilan hydrique, (De olivera, 2018)

$$RU = P + I - (ETP) \times Kc - D - R$$

L'ensemble des termes sont exprimés en millimètre d'eau, excepté le Kc qui est un coefficient.

RU : réserve utile du sol

P : précipitations reçues entre les deux dates

I : irrigations

ETP : évaporation du sol + transpiration des plantes

Kc : coefficient cultural pour donner l'ETR (évapotranspiration réelle)

D : drainage

R : pertes en eau par ruissellement de surface

La quantification des différentes inconnues donne l'évaluation de la Réserve Utile en millimètre d'eau dans le sol entre deux dates.

iii. Récolte des données

D'après Birama Diarra (1983), pour un sol avec une capacité de réserve utilisable inférieure ou égale à 80 mm d'eau, le pas de temps recommandé est de 5 à 10 jours, selon la précision recherchée.

Dans un but d'établir une tendance en fonction des mois de l'année, il est souhaité de se munir de données sur plusieurs années. La disponibilité des données ainsi que la capacité de réserve utilisable du sol, vont impacter la précision du calcul. Dans le cas de l'étude, seules des données entre octobre 2020 et septembre 2021, sont disponibles. Un pas de temps à la journée est donc choisi, pour augmenter la précision de l'analyse.

○ **Données de précipitations**

Ces données sont collectées par des stations météorologiques, elles sont disponibles sur des sites internet comme Météo France (Météo France, 2021).

Dans le cadre de cette étude, les données sont fournies par la chambre d'agriculture de Vendée. Les données spécifiques à l'île d'Yeu présentent un coût que l'étude ne peut financer. Les précipitations étudiées sont celles de la ville de Le Perrier. Cette commune de Vendée est la plus proche de l'île possédant ces données, et donc il est considéré qu'elle présente les conditions climatiques les plus semblables.

○ **Données d'irrigation**

La quantité d'eau provenant de l'irrigation est complexe à quantifier de manière précise sur de courtes périodes. En effet, si l'eau provient du réseau d'eau collectif, il est possible de se fier à la facture d'eau annuelle de l'exploitant. Mais celle-ci concerne souvent plusieurs parcelles et est donc difficilement extrapolable pour une seule. Si l'on utilise les réserves d'eau pluviale ou l'eau issue d'un forage, elle peut être quantifiée via un compteur d'eau. Or, cette pratique est rarement mise en place.

Pour l'étude, la parcelle étudiée n'est pas irriguée. L'irrigation n'est donc pas prise en compte dans le calcul.

○ **Données d'évapotranspiration potentielle**

L'évapotranspiration potentielle, correspond à la valeur maximale d'eau transpirée en mm par la plante et évaporée par le sol, quand les plantes recouvrent uniformément le sol et que le sol est pourvu d'eau. Elle prend en compte les Conditions de Pression atmosphériques (P°), de Températures ($^\circ\text{C}$), d'hygrométrie et de vitesse du vent. L'ETP est donc une valeur estimée dans les conditions d'un sol dont la réserve utile est pleine, recouvert d'un 'gazon' homogène. (Chambre d'Agriculture de Nouvelle Aquitaine, 2019)

Cette valeur peut être calculée via des formules comprenant les variables influençant cette valeur. Elle est parfois directement calculée par les stations météorologiques et distribuée via des sites internet. Les Chambres d'agriculture disposent aussi de ces données et peuvent les distribuer.

Comme pour les données de précipitation, ce sont les données fournies par la chambre d'agriculture pour la ville de Le Perrier.

○ **Données de coefficient cultural**

Le coefficient cultural (K_c) permet de corriger l'ETP suivant une culture donnée et son stade de développement. Ainsi, plus la culture est développée d'un point de vue végétatif, plus la valeur de K_c est proche de 1. A ce moment-là l'ETP équivaut à l'évapotranspiration maximale (ETM). Le K_c est calculé suivant les cultures et leur cycle de développement. En fonction de cela, des données de références sont disponibles.

Dans le cadre de cette étude, des données de références en cultures maraichères sont recherchées. Les valeurs pouvant varier d'une culture à l'autre, nous souhaitons mobiliser 3

valeurs de référence : une valeur élevée (culture réalisant une transpiration élevée), une valeur moyenne (culture réalisant une transpiration moyenne) et une valeur faible (culture réalisant une faible transpiration).

Les valeurs retenues viennent d'une table de référence, distribuée par chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine *Annexe 5*.

Les valeurs retenues sont :

- Valeur haute : 1,2
- Valeur basse : 0,2
- Valeur moyenne : 0,7

○ **Drainage**

Le drainage est la part d'eau provenant des précipitations et/ou de l'irrigation, qui va s'infiltrer dans le sol et va permettre le rechargement de la nappe phréatique. Cette eau n'est donc pas disponible pour les cultures.

D'après l'étude de Katerji *et al.* (1984), il est possible d'estimer la valeur du drainage via la méthode du bilan hydrique, si le ruissellement est négligeable et à condition de disposer d'une mesure directe de l'ETR et de la variation du stock d'eau du sol. Le flux profond est alors donné par (Equation 2) :

Équation 2 : Formule d'évaluation du flux profond

$$D = \text{Variation du stock d'eau dans le sol} - \text{ETR}$$

Dans le cadre de notre étude, nous ne possédons pas la valeur de la variation du stock d'eau dans le sol et nous ne pouvons définir le ruissellement comme négligeable. Nous ne pouvons donc pas estimer le drainage via cette manière. Aucune valeur de référence n'a été obtenue.

○ **Données de ruissellement**

Le Ruissellement correspond à l'excédent d'eau qui s'accumule en surface ou dans les flaques quand la quantité des précipitations est supérieure à la capacité d'infiltration du sol et que l'on a la présence de dénivelé. L'eau va donc s'écouler en surface, on parle ici de ruissellement. C'est également le cas quand le régime de précipitation (mm par unité de temps) est supérieur à la capacité d'infiltration du sol. (UVEC, 2019)

Aucunes données de références n'ont été trouvées dans le cadre de l'étude. Le ruissellement ne sera donc pas pris en compte dans le calcul.

c. Analyse des données

L'ensemble des variations de la réserve utile et de la capacité de cette réserve utile sont superposées sur un graphique pour en faciliter l'observation.

Neufs scénarios sont modélisés (Tableau 1), en faisant varier la capacité de la Réserve Facilement Utilisable et le coefficient cultural.

Il est de ce fait possible d'identifier les potentiels déficits ou surplus d'eau pour les cultures dans l'année.

Tableau 1 : Modélisation des différents scénarios des résultats des bilan hydriques

	RU élevée	RU moyenne	RU faible
Bilan hydrique avec coef cultural élevé	Graphique 1	Graphique 2	Graphique 3
Bilan hydrique avec coef cultural moyen	Graphique 4	Graphique 5	Graphique 6
Bilan hydrique avec coef cultural faible	Graphique 7	Graphique 8	Graphique 9

B. Piézomètre

L'utilisation de piézomètres a pour objectif le suivi de la nappe libre tout au long de l'année. Ces outils peuvent être disposés sur une même parcelle dans différentes conditions de topographie, de végétation, de travail du sol et de présence d'aménagement de drainage, par exemple. Cela permet d'observer les différences de fluctuation de la nappe en fonction de ces conditions. Des piézomètres artisanaux peuvent être conçus pour réaliser ce suivi.

a. Mise en place

Une fiche technique a été mise au point par le *Forum des marais atlantiques (FMA, 2014)*, pour la création et la pose de ces piézomètres. D'un point de vue générale, l'étude repose sur ce protocole.

La phase de compréhension de l'usage de la parcelle et de la localisation des problématiques a permis de définir les zones de poses des piézomètres. Ces zones sont choisies pour leurs diversités de conditions environnementales (topographie, végétation, présence d'aménagements). La pose des piézomètres est effectuée le 2 juillet 2021. Les emplacements sont présentés sur la carte suivante (Figure 12).



Carte du positionnement des piézomètres

Figure 12 : Carte du positionnement des piézomètres

Ainsi, le piézomètre n°1 est placé dans une zone cultivée, donc sur sol labouré, en bas de pente, qui d'après l'exploitant, cette zone subit un engorgement hivernal. Le n°2, est placé en haut de

penne, dans une zone non cultivée, couverte de végétation de type graminée qui ne subirait pas d'engorgement. Pour finir, le n°3 est placé sur la partie Nord de la parcelle, à l'abord d'un fossé et dans une zone couverte de végétation de type graminée.

D'un point de vue technique, après avoir creusé à l'aide d'une terrière, le plus profond possible, un tube PVC est placé dans le trou. Celui-ci de diamètre 5 ou 6,3 cm, est préalablement perforé tous les deux centimètres, entouré de géotextile (pour limiter l'infiltration de dépôts) et bouché par un scotch épais sur la partie inférieure. Un capuchon est installé sur la partie supérieure pour empêcher l'infiltration d'eau par le haut du piézomètre. Le piézomètre n°1 est enfoncé à une profondeur de 56 cm, le n°2 à 33 cm et le n°3 à 37 cm. La réalisation des trous s'arrête nette sur un horizon, nommé sur l'île de gruzia. Les Piézomètres 1 et 2 forment un gradient topographique, permettant l'observation de l'évolution de la nappe en fonction de la pente.

b. Relevé des données

Les relevés piézométriques sont réalisés du 2 juillet au 10 septembre 2021, jour de la fin du stage. Aux vues des faibles précipitations entre ces deux dates, les relevés sont réalisés uniquement à la suite des jours de précipitations. Lors de l'apparition d'eau dans le piézomètre, les relevés sont réalisés tous jours pour suivre l'évolution.

Les données de précipitations ont été collectées auprès d'une station privée sur le site « Meteociel » (Meteociel, 2021). Ce site permettant le suivi heure par heure des précipitations.

L'ensemble de ces données sont retranscrites au sein d'un tableur Excel pour réaliser un suivi graphique.

4. Identification des causes d'origines des problématiques

A. Objectifs

Cette partie vise à apporter des éléments de compréhension sur l'apparition des phénomènes de variation hydrique dans les parcelles agricoles. Elle est basée sur les excès et les déficits en eau identifiés dans la parcelle test lors de la première étape.

La disponibilité en eau dans le sol varie en fonction de facteurs environnementaux. À la suite des recherches réalisées au début de l'étude, deux types de facteurs sont identifiés. Les facteurs dits permanents, liés aux caractéristiques physiques du milieu, tels que la pédologie, la topographie et la géologie. Les facteurs non permanents, associés aux différentes occupations des sols, comme les aménagements hydrologiques de surface, à savoir les fossés et les mares), les pratiques culturales ou encore les espèces cultivées.

L'objectif est d'identifier les caractéristiques de ces différents facteurs vis-à-vis de la zone d'étude et de caractériser le mouvement et la disponibilité en eau dans la parcelle.

En effet la connaissance du mouvement de l'eau à la surface et à l'intérieur du sol est essentielle pour aider à trouver des solutions face aux problématiques de drainage (SAVOIE, 2010) et de manque d'eau dans une parcelle.

B. Méthode

D'un point de vue général, on reprend les indications spatiales et temporelles des excès et des déficits en eau, identifiées lors de la première étape, puis les facteurs environnementaux pouvant impacter la disponibilité en eau sont étudiés. Quatre sont identifiés pour l'étude (Figure 13) : L'aménagement du paysage (avec les fossés, les mares, les buses), la topographie, la pédologie et la géologie.

D'autres facteurs comme le climat, les travaux agricoles peuvent influencer le stockage de l'eau dans le sol, mais ne sont pas analysés dans cette étude pour une question de capacité analytique.

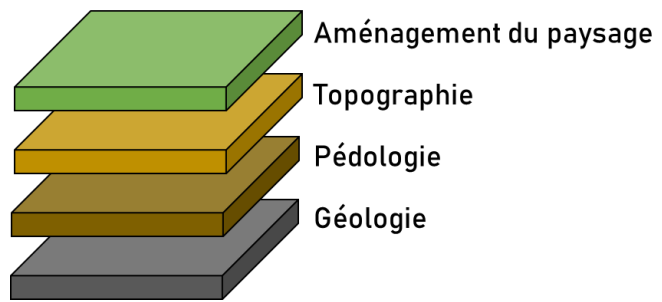


Figure 13 : Schéma des facteurs environnementaux étudiés

Dans un premier temps il est nécessaire d'identifier les caractéristiques de ces facteurs dans la parcelle, pour ensuite définir leur potentielle interaction avec la circulation de l'eau dans la parcelle.

Les informations collectées, quant à elles, sont « superposées », afin de comprendre la régularité de ces problématiques dans l'espace.

Ces informations sont fournies à partir des analyses de terrain de l'entretien avec l'agriculteur et de la bibliographie.

a. L'aménagement du paysage

Différents éléments, comme les aménagements hydrologiques de surface de types fossés ou mares, viennent « drainer » ou au contraire stocker l'eau dans certaines zones de la parcelle et à ces extrémités.

L'état de ces éléments peut également influencer la circulation de l'eau. Ce sont des observations précises qu'il faut réaliser.

L'identification de ces aménagements et leurs états dans la parcelle est donc basée sur des observations de terrain.

Une fois l'ensemble de ces éléments identifiés, ils sont replacés sur cartographie via un logiciel de représentation cartographique, appelé QGIS.

b. La topographie

La topographie est un élément clé de la circulation de l'eau. Elle va en partie déterminer le sens et la vitesse de son écoulement. Elle est caractérisée par le sens et le pourcentage de la pente.

D'après Savoie (2010), l'observation du relief permet dans certains cas de localiser assez facilement les dépressions. Pour cela des observations de terrain complétées par l'analyse cartographique peuvent être réalisées.

L'analyse cartographique peut être réalisée via l'utilisation de couches cartographiques de modèles numériques de terrain (MNT). La plateforme de Géoportail, a mis en place un outil permettant d'établir un profil altimétrique, et donc évaluer le sens et le pourcentage de la pente sur une distance.

Dans le cadre de l'étude, ce sont des observations de terrains complétées par l'analyse cartographique, via l'outil « établir un profil altimétrique », qui vont nous permettre la collecte des données. Ces données sont ensuite retranscrites sur cartographie via le logiciel de représentation cartographique, QGIS.

i. Observations de terrain

L'observation de la parcelle se base sur une technique simple. En se plaçant à divers endroits de la parcelle, on cherche à définir si nous sommes sur un point haut, un point bas ou encore un point intermédiaire de la pente. On recherche les zones de dépressions en les annotant via un Global Positionning System GPS. Ces données peuvent être recoupées via une étude cartographique.

ii. Outil « établir un profil altimétrique » _ Géoportail

Géoportail est un portail web public donnant accès à des données de visualisation géographiques ou géolocalisées et des services de recherche. Depuis 2021, l'outil « établir un profil altimétrique » permet la réalisation de coupes topographiques.

En sélectionnant un fond de carte type « photographie aérienne », et en se plaçant sur la localisation de la parcelle, on vient réaliser des coupes à différents endroits de la parcelle comme dans l'exemple suivant (Figure 14).



Figure 14 : Capture d'écran de l'outil "établir un profil altimétrique", (Géoportail, 2021)

Cet outil est simple d'accès et d'utilisation, il faut malgré tout recouper ces données avec celles du terrain car, la couche cartographique est basée sur une couche MNT qui prend en compte la végétation et donc vient faire varier les pentes.

iii. Représentation cartographique

Comme pour les aménagements du paysage, les données collectées sont retranscrites sur cartographie via l'outil QGIS, en réalisant des flèches pour montrer le sens d'écoulement potentiel lié à la topographie.

c. La pédologie

Les propriétés physiques du sol viennent régir la capacité de circulation de l'eau en son sein et à sa surface. Parmi celles-ci, se retrouve la texture, la profondeur, la charge en éléments grossiers ou encore le pourcentage en matière organique.

L'étude de ces propriétés, permet donc d'évaluer les potentielles interactions avec l'eau.

Pour les définir, des analyses de sol doivent être réalisées. Comme précisé dans la *méthodologie de l'évaluation de la capacité de réserve utile du sol*, après prélèvement sur le terrain, les analyses peuvent être faites en laboratoire, permettant une analyse assez précise des propriétés physiques des échantillons.

Dans le cadre de cette étude, les analyses en laboratoire étant assez coûteuses, elles ne peuvent être réalisées pour les différents prélèvements. En revanche, il existe des méthodes plus basiques pour réaliser ces analyses, mobilisables à moindre coût. Elles consistent à déterminer la texture et la profondeur des différents profils pour définir les caractéristiques générales à l'échelle de la parcelle.

Pour donner suite à la définition des propriétés générales du sol, des recherches bibliographiques sont réalisées pour définir les propriétés vis-à-vis de l'eau que les types de sol identifiés, peuvent avoir.

iv. *Analyses pédologiques*

La méthode des analyses pédologiques est décrite dans la partie *méthodologique de l'évaluation de la capacité de réserve utile du sol* et complétées par l'annexe 4.

À la suite de ces analyses, différentes données seront disponibles : la hauteur générale des profils de sol, le nombre d'horizons par profil, la hauteur de ces horizons, la texture de ces horizons ou encore la capacité de rétention d'eau en fonction des différents profils.

La texture définit pour chaque horizon de chaque sondage est analysée comme dans l'exemple suivant, à partir du triangle de texture (Figure 15).

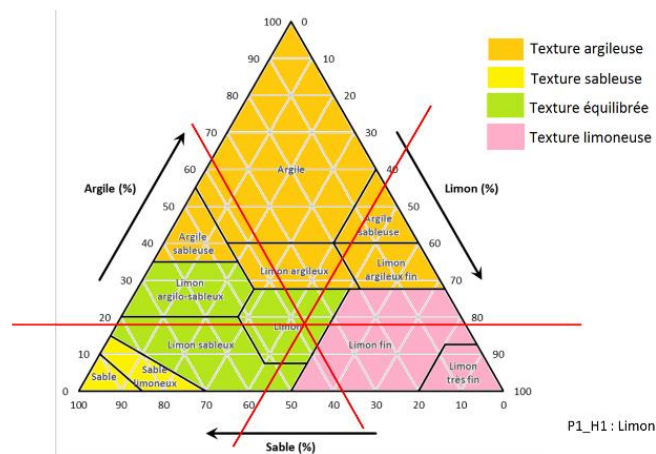


Figure 15 : Triangle de texture, (CIVAM Pays Basque & Bouchy, 2011)

Ces différentes propriétés décrites vont permettre de définir les typologies de sol de la parcelle, pour interpréter les caractéristiques d'un point de vue général.

v. *Bibliographie*

Les recherches bibliographiques se basent sur des documents de référence, permettant l'interprétation des données sur les typologies de sol.

L'objectif est de déterminer si le sol a tendance à plus ou moins garder l'eau dans certains horizons ainsi que la fluctuation de la hauteur de la nappe via l'observation des taches d'hydromorphie.

d. **La géologie**

Tout comme la pédologie, on souhaite définir le matériel géologique présent sous notre parcelle. À la suite de la caractérisation de la géologie présente, on réalise des recherches bibliographiques pour évaluer les propriétés du matériel géologique vis-à-vis de l'eau.

Des sites comme celui du Bureau de Recherches Géologiques Minières (BRGM), Géoportail, mettent en libre-service ces informations.

Résultats et Discussion

Cette partie présente les résultats et la discussion générale de l'étude. Les résultats généraux des entretiens exploratoires et les trois sous-objectifs qui y sont présentés et critiqués en relevant les facteurs limitants provenant de la méthode, des outils mobilisés ou encore des données obtenues. Cette partie aboutissant à une discussion générale sur l'étude et à la présentation de pistes de réflexion pour sa continuité.

I. Les entretiens exploratoires

Les 14 entretiens préalables à la mission ont permis l'identification de la diversité des problématiques de gestion de l'eau rencontrées par les acteurs du territoire de l'île d'Yeu, plus particulièrement en agriculture. Une partie des résultats ont été mobilisés dans l'introduction du mémoire.

Pour les 5 exploitants en activité rencontrés, il est apparu que globalement, les difficultés étaient liées à un excès d'eau dans les parcelles en période hivernale et un déficit en été. Chacun a défini que ces problématiques engendraient des conséquences pour la continuité et le développement des exploitations, sans pouvoir réellement quantifier leurs pertes.

1. L'excès d'eau

L'excès d'eau des parcelles en hiver provoque d'une part, une asphyxie du sol et donc un mauvais développement des cultures, et d'autre part des difficultés à pratiquer la parcelle. Pour les maraîchers par exemple, certaines parcelles ne peuvent être travaillées entre fin octobre et la mi-avril, en fonction des années. L'accessibilité des parcelles est également contraignante pour les élevages, comme celui de poulets de chair, où une partie de l'accès aux parcelles est engorgé lors de l'hiver.

Les acteurs estiment que ces excès sont potentiellement dû au climat mais également aux conditions environnementales des parcelles, comme la profondeur du sol et donc à la hauteur de la roche. L'entretien des aménagements de surface comme les fossés, les mares ou les fosses a également été cité comme cause.

Les agents communaux ont pu apporter des informations sur l'entretien de ce réseau. Ce réseau appartenant en partie au domaine privé et communal, est entretenu pour la partie communale, par deux agents du service technique. Un fauchage est réalisé une à deux fois par an, et en fonction des zones, des curages sont réalisés à un intervalle de 5 ans. Certains curages et fauchages sont de la demande des privés ou encore des chasseurs, qui souhaitent la présence d'eau dans certaines zones pour favoriser la présence de gibier. La reprise de la végétation est souhaitée dans certains aménagements pour augmenter la capacité de filtrage de l'eau.

Dans le domaine privé, les habitants ne réaliseraient pas un entretien régulier, ce qui viendrait contraindre la circulation de l'eau dans les fossés. D'après les services communaux, certains fossés seraient même rebouchés.

L'engorgement des terrains serrait une problématique élargie au domaine privé. Certaines propriétés, à la suite des pluies conséquentes de l'hiver 2020-2021, auraient subis des engorgements de leur terrain et des infiltrations d'eau dans leurs habitations. Un manque de sensibilisation sur ces engorgements a été estimé lors des entretiens.

Pour s'adapter à l'engorgement de parcelles en hiver, les exploitants ont cité diverses solutions. En ce qui concerne le maraîchage, la culture sur butte ou encore l'adaptation des cycles de cultures sont pratiqués. En élevage, comme celui des brebis, où le pâturage est la principale source d'alimentation du bétail, un réseau de rigole est redimensionné pour désengorger les parcelles et permettre l'accessibilité de ces dernières plus longtemps dans l'année.

2. Le déficit en eau

A l'inverse, la manque d'eau dans les sols provoque un déficit hydrique pour les cultures et les prairies. Une perte de rendement est donc estimée par les exploitants. En maraîchage par exemple, pendant une période de l'année, les parcelles ne sont pas cultivables sans système d'irrigation. Des cultures ne peuvent donc pas être pratiquées sur certaines parcelles.

Pour pallier cette problématique les exploitations ont recours à l'irrigation. Celle-ci est réalisée via l'eau des forages, l'eau de pluie stockée en hiver, ou, quand ces deux ressources sont épuisées, l'eau du réseau collectif comptabilisée par des compteurs d'eau agricoles. Si l'irrigation n'est pas réalisable sur une parcelle, les cycles de culture sont adaptés et/ou certaines cultures ne sont pas pratiquées. Des méthodes agronomiques et techniques sont également utilisées pour maintenir l'eau dans les parcelles plus longtemps. Parmi elles, l'utilisation de parcelles avec un taux de matière organique élevé ou encore la mise en place de retenues d'eau. La récupération des eaux de pluie est également utilisée par trois



Figure 16 : Photographie du bassin de rétention d'eau de pluie en janvier 2021, exploitation maraîchère « la Bergerie », Photo prise par Manuelo André

exploitants maraîchers et en réflexion pour deux autres. La création d'un bassin de rétention a même été mis en place par un de ces exploitants, comme sur la (Figure 16) ci-contre. La variation des précipitations annuelles est en revanche un frein à l'adoption de cette technique car en effet, les acteurs ont relevé que ce n'était pas une solution fiable si les précipitations étaient trop faibles.

D'après l'ancien exploitant en élevage et maraîchage interrogé, il est important de ne pas garder une vision binaire sur les problématiques et leurs solutions, chaque idée peut avoir des bons et des mauvais côtés mais peuvent aussi se substituer entre elles.

3. Conclusion sur les entretiens exploratoires

D'un point de vue général, les entretiens ont déterminé que vis-à-vis de la gestion de l'eau, l'engorgement et la sécheresse étaient les principales problématiques touchant les exploitations agricoles mais aussi dans un spectre plus large, les terrains privés. Ces problématiques sont traitées de différentes manières par les exploitants, toutes s'adaptant en fonction de leurs besoins, très variables d'une exploitation à l'autre. L'engorgement est la plupart du temps « subit » sans réelles solutions probantes. L'entretien du réseau de drainage superficiel devant être réalisé par différents acteurs, des disparités sont donc présentes entraînant des discontinuités dans la

circulation de l'eau de surface. Quant au manque d'eau, l'irrigation reste pour les exploitations maraîchères, la solution indispensable pour y répondre. L'utilisation de l'eau de pluie est l'une des solutions envisagées, mais elle est appréhendée.

II. Compréhension des usages actuels de la parcelle et l'impact des variations hydriques

1. Usage de la parcelle

L'entretien a permis la définition de l'usage de la parcelle et des difficultés de gestion de ce dernier vis-à-vis des problématiques de l'eau. Cette parcelle représente 13% de Surface Agricole Utilisable (SAU) de l'EARL du Moulin.

Au sein de la parcelle les usages diffèrent. Différentes parties sont présentés sur la carte ci-dessous (Figure 17). Les partie 1 et 3 sont cultivées entre mars/mi-avril et fin août/ fin septembre en fonction des années. La partie 2 est en revanche cultivée tout au long de l'année, car étant moins humide que le reste de la parcelle.



Carte des zones de culture

Figure 17 : Carte des zones de culture

Les données obtenues ne présentent que l'agencement culturale entre septembre 2020 et décembre 2021, les zones présentées se réfèrent à la figure 17 :

- En zone n°1, endroit le plus humide de la parcelle, ce sont des courgettes qui ont été cultivées entre mai et août 2021.
- En zone n°2, endroit le moins humide de la parcelle, des fèves et haricots ont été cultivés entre avril et juin sur la partie Est mais aussi des carottes entre avril et juillet sur la partie Ouest. Ce sont des poireaux qui ont été plantés à la suite des carottes et qui seront récoltés jusqu'en décembre. Cette culture est la seule cultivée sur cette période car ne nécessitant pas d'apport en irrigation sur la fin de l'été et résistant d'après l'exploitant, mieux à l'humidité du sol arrivant en automne/hiver.
- En zone n°3, est produit de la pomme-de-terre. Sur la saison entre septembre 2020 et septembre 2021, elles ont été cultivées entre mars et fin juin.

D'après l'exploitant, les cultures diffèrent en fonction des années. En dehors des dates données, aucune culture n'est pratiquée par manque ou surplus d'eau. La parcelle est alors recouverte par de la végétation spontanée.

Des informations complémentaires ont été collectées sur les caractéristiques de la parcelle. D'un point de vue foncier, la parcelle appartient à différents propriétaires, avec qui l'exploitant a réalisé des contrats oraux. Les routes entourant et traversant la parcelle appartiennent au domaine communal.

2. Problématiques de gestion de l'eau

A travers l'entretien, l'agriculteur a pu apporter des précisions sur l'excès et le déficit en eau dans la parcelle. Ces précisions portent sur la localisation temporelle et géographique, et les conséquences pour la continuité de l'activité agricole sur la parcelle provoquée par ces problématiques.

A. L'excès en eau

L'excès en eau se matérialise d'après l'agriculteur, dans les zones présentées sur la carte ci-joint (Figure 18).

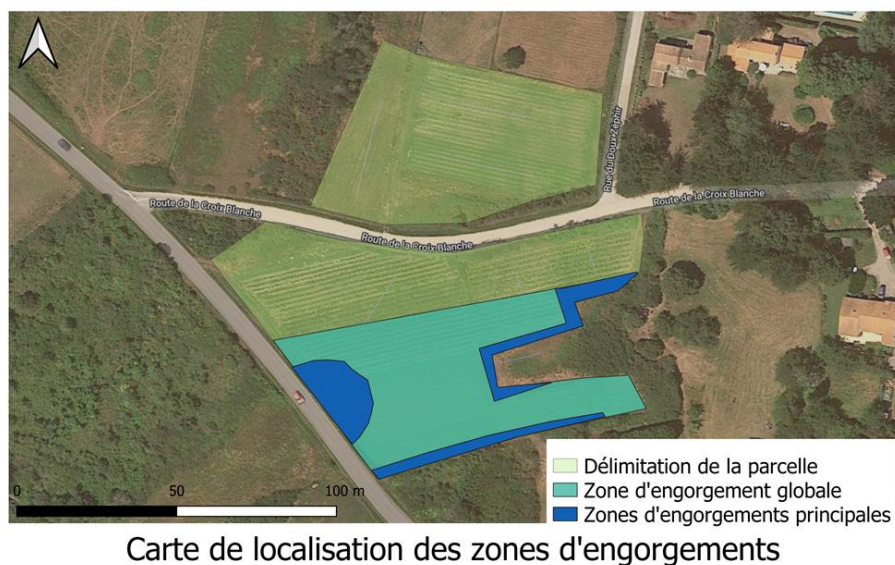


Figure 18 : Carte de localisation des zones d'engorgements

D'une part on retrouve la zone d'engorgement globale, présente en bleu clair, présentant 35% de la surface de la parcelle. En bleu foncé, se trouve les zones où l'engorgement est défini comme le plus important, avec la formation de flaques à la surface du sol à certaines périodes.

Cet engorgement global apparaît d'après l'exploitant entre octobre/novembre jusqu'à février/avril en fonction des années.

L'excès d'eau dans le sol, rend la parcelle impraticable et engendre une perte de surface utilisable et donc de rendement. Le terrain se dégorgeant au fur et à mesure à partir de février, l'agriculteur exploite donc successivement ces zones de nouveau praticables.

En ce qui concerne les causes relevées par l'exploitant, vis-à-vis de l'engorgement principal situé en bleu foncé. Une buse d'évacuation d'eau sur le côté Ouest de la parcelle reliant les fossés des deux côtés de la route, aurait été anciennement supprimée. Engendrant une contrainte de l'écoulement et donc favorisant cet engorgement en bas de parcelle. Lors du remplissage presque total des fossés entourant la parcelle, un faible écoulement a également été énoncé.

B. Le déficit en eau

La sécheresse, définie par un manque d'eau pour l'approvisionnement nécessaire au bon développement des cultures, est présente, d'après l'exploitant sur l'ensemble de la parcelle. En fonction des années, elle peut débuter à partir de fin-avril jusqu'à mi-septembre, avec des variations annuelles.

Lors de ce début d'année 2021, peu de pluie entre mars et mai ont été enregistrées, l'exploitant a relevé dès fin avril que les pommes de terre étaient proches d'un état de déficit hydrique.

D'après l'exploitant, la sécheresse vient donc limiter les rendements d'exploitations et rend impossible l'implantation de certaines cultures. En effet, il est important de noter qu'aucun moyen d'irrigation n'est pour l'instant mis en place pour pallier à cette problématique. L'installation d'un compteur d'eau agricole est souhaitée dans un futur proche, ce qui permettra la mise en place de cultures demandant beaucoup d'eau, comme la salade.

C. Discussion

L'entretien semi directif, a permis l'identification d'un usage très général de la parcelle. Pour mieux définir les besoins de l'exploitant sur la parcelle, il aurait été pertinent de définir précisément les rotations de cultures, les itinéraires techniques, ça sur plusieurs années pour avoir une diversité de situation culturale. Elles auraient pu être mobilisées dans le bilan hydrique dans la définition de la réserve utile réellement mobilisable par la plante. Ces informations auraient également pu servir à l'identification de potentiels impacts des pratiques culturales sur la disponibilité en eau dans le sol.

En ce qui concerne la définition des problématiques de gestion de l'eau, les localisations ont bien été réalisées via le guide cartographique et la réalisation de l'entretien sur la parcelle. L'entretien a permis une vision spatiale des problématiques d'engorgement, qui ne pouvaient pas être réellement observées lors de la phase de terrain.

III. Caractérisation des variations hydriques dans le temps

1. Bilan hydrique, bilan dans l'année

A. Résultats

La superposition de la capacité de la réserve utile du sol et la fluctuation de l'eau dans celle-ci est représentée dans les graphiques ci-dessous (Figures 19 ; 20 ; 21). Seulement les graphiques avec une capacité de réserve utilisable moyenne sont présentés. En effet les variations de la capacité de réserve sont peu visibles. Trois des neuf graphiques sont donc étudiés, les autres sont placés en Annexe (*Annexes 6 à 12*).

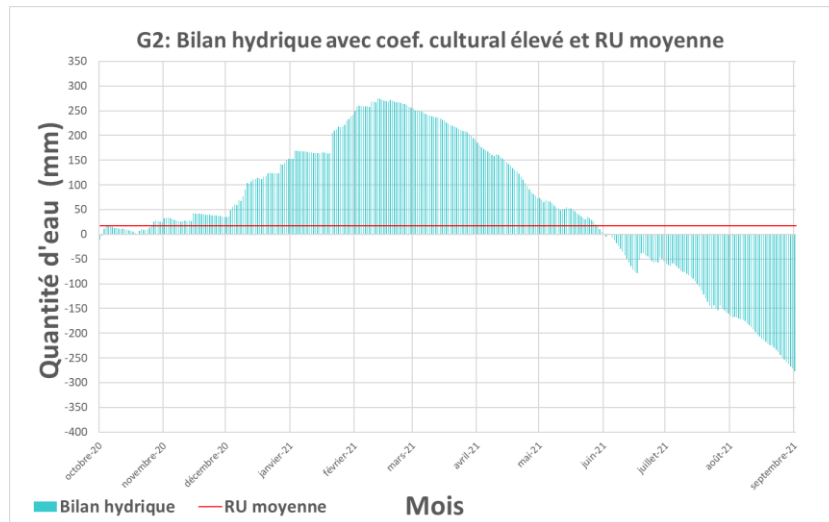


Figure 19 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile moyenne

Le graphique ci-dessus (Figure 19), présente les données du bilan hydrique de l'année hydrologique 2020-2021 avec un coef cultural élevé (1,2), correspondant à la culture du haricot vert par exemple, et une Réserve Utile moyenne (16,8 mm d'eau). D'après les histogrammes du bilan hydrique, il est observé un remplissage de réserve utile entre octobre et mi-février suivit par une baisse de ce niveau jusqu'à début juin. Dès lors, la réserve semble totalement vide pour le reste de l'année. La quantité d'eau dépasse 16,8 mm à la fin octobre et redescend en dessous de ce niveau à la fin mai. Dans ce cas de figure, l'eau est disponible pour les cultures entre ces deux dates contrairement au reste de l'année où le graphique montre que la réserve utile, n'est pas assez remplie pour répondre au besoin de la culture.

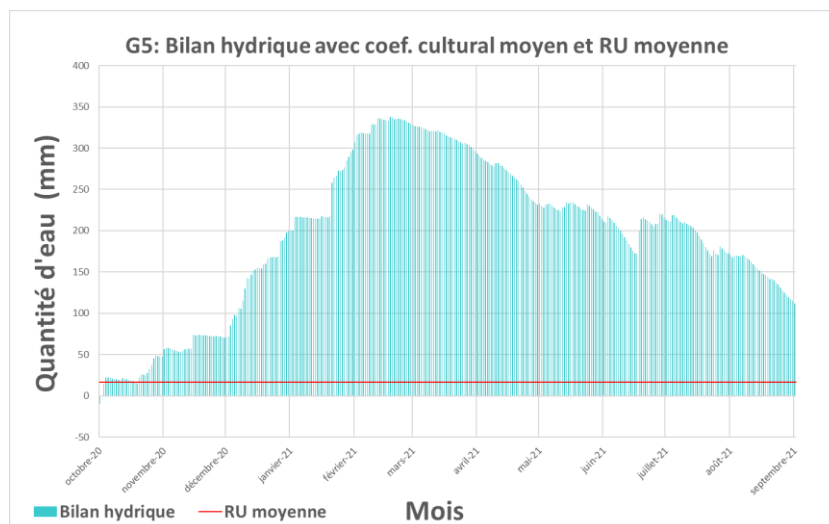


Figure 20 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile moyenne

Le graphique ci-dessus (Figure 20), présente les données du bilan hydrique de l'année hydrologique 2020-2021 avec un coef cultural moyen (0,7) correspondant à la culture du poireau par exemple, et une Réserve Utile moyenne (16,8 mm d'eau). Comme sur le précédent graphique, le remplissage de la réserve utile se fait à partir d'octobre jusqu'à mi-février suivit d'une baisse de ce niveau sur le reste de l'année. La quantité d'eau présente dans la réserve dépasse dès le mois d'octobre la limite de 16,8 mm. La culture répond donc potentiellement à ces besoins sur l'ensemble de l'année.

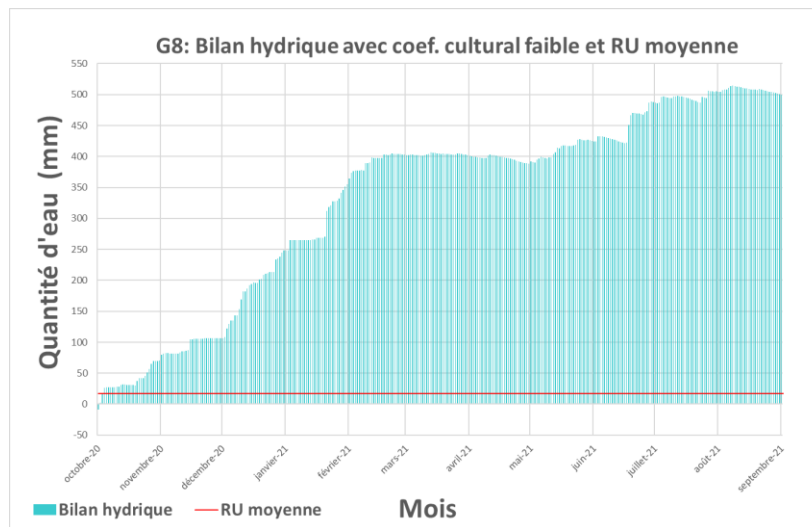


Figure 21 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile moyenne

Pour finir le graphique ci-dessus (Figure 21), présente les données du bilan hydrique de l'année hydrologique 2020-2021 avec un coef cultural faible (0,2) correspondant à la culture des asperges par exemple, et une Réserve Utile moyenne (16,8 mm d'eau). Le graphique montre le remplissage constant de la réserve utile pour la culture.

B. Analyse générale

D'un point de vue général, il peut être noté la variation exercée par le coefficient cultural. En effet, un coefficient élevé de 1,2, implique que la culture transpire plus qu'une culture ayant un coefficient de 0,2. Cela explique pourquoi la réserve utile du sol se vide plus rapidement dans le premier cas de figure.

Il est également notable que lorsque l'eau dépasse la capacité de réserve utile, la réserve dépasse un taux d'humidité face à la capacité d'absorption du champ, c'est-à-dire la quantité maximale d'eau que peut contenir un sol dans sa porosité. Ceci est défini comme un excès qui pourrait créer de l'asphyxie des cultures et donc une perte de rendement. Contrairement, quand l'eau passe en dessous du seuil de zéro, l'humidité est en dessous du point de flétrissement, c'est-à-dire que la quantité d'eau est au-dessous de laquelle la plante peut accéder. Dans ce cas-là, les cultures sont également dans une situation de stress hydrique causée par ce manque et donc exposées à une perte de rendement.

Les périodes critiques pour les cultures sont donc définies par ces extrêmes. Dans le cas du graphique présenté en figure 18, la succession d'une période d'excès (entre octobre et fin mai)

et de déficit (entre fin mai et septembre et plus) est notable. Contrairement aux deux autres situations où est uniquement observable un excès dès septembre. Le coefficient cultural est à l'origine de cette variation.

Les autres graphiques en annexes (*Annexe 6 à 12*) permettent d'observer que la capacité de la réserve utile varie peu et que ces variations sont arrivées approximativement dans les mêmes périodes.

C. Discussion

L'ensemble de ces résultats sont à prendre avec du recul. Les données et la méthode viennent en limiter la validité.

Tout d'abord, pour les données, la non-implication du ruissèlement et de l'infiltration dans le calcul du bilan hydrique, à forcément impactée la quantité réellement présente dans la réserve du sol. En effet les surplus d'eau comme figurant dans les différents graphiques sont évacués par infiltration dans les strates inférieures du sol ou par ruissèlement à la surface, quand celui a atteint la capacité du champ. Donc la quantité d'eau présentée n'est pas exacte.

En ce qui concerne les données des précipitations et d'évapotranspiration, elles aussi peuvent avoir fait varier les résultats. La condition climatique entre la ville de Le Perrier située sur le continent et de l'île d'Yeu sont potentiellement variables.

En outre, la disponibilité des données sur une année hydrologique ne permet pas de réaliser un diagnostic des tendances interannuelles.

Concernant la méthode, d'un point de vue de l'évaluation de la capacité de la réserve utile du sol, les analyses pédologiques étant réalisées de manière « artisanale » l'évaluation de la texture peut être approximative. Le manque d'information sur le pourcentage de matière organique, le pourcentage d'éléments grossiers, le travail cultural mais aussi la profondeur d'enracinement des cultures, réduit également la fiabilité de définition de la capacité de réserve utilisable.

Le choix d'une valeur haute, moyenne et basse pour la capacité de la réserve utile ne représente donc pas la totalité des cas présents sur la parcelle.

L'application des coefficients culturaux tout au long de l'année est également un facteur influençant la valeur du bilan hydrique. Comme exprimé par l'exploitant, les cultures ne sont pas pratiquées tout au long de l'année, le coefficient cultural est donc variable d'une période à l'autre.

Il faut également noter que la quantité d'eau présente dans la réserve du sol n'est pas entièrement consommable par les plantes. La consommation des plantes dépend de la forme de cette eau dans le sol.

Le choix de commencer au 1 octobre 2020 avec une réserve du sol vide est également questionnable, on ne sait pas réellement si celle-ci l'était.

D. Conclusion

Les résultats donnés dans cette partie sont des valeurs très théoriques, qui ne donnent pas une visibilité concrète de la variation de l'eau dans la réserve utile du sol pour les cultures. On peut en revanche en déduire que le coefficient cultural a une incidence sur la variation de la disponibilité en eau dans le sol.

E. Recommandation

Pour la réutilisation de cette méthode, il serait intéressant de revoir plusieurs points. Premièrement il est important d'intégrer des valeurs de ruissèlement et d'infiltration, car elles donneraient une meilleure approximation de la valeur réelle de la réserve utile. D'autre part l'usage de données pluriannuelles permettrait la réalisation d'un diagnostic des tendances de variations hydrologiques.

Des solutions pour restreindre les autres limites présentées sont également à mettre en place. Comme l'adaptation du coefficient cultural en fonction des cultures réellement pratiquées. Un affinage des données permet une meilleure précision des résultats.

2. Observation de la fluctuation de la nappe

A. Résultats

L'ensemble des données ont été retranscrites au sein d'un tableur Excel et modélisées sous forme de graphique.

Les relevés réalisés entre le 2 juillet et le 10 septembre 2021, ont montré qu'il n'y a pas eu de présence d'eau dans les piézomètres 2 et 3 malgré les 60,2 millimètres d'eau tombée sur les 71 jours d'expérimentations.

Pour le piézomètre n°1, les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous (Figure 22). On peut observer au 9 septembre, 5 mm d'eau après 2 jours de fortes précipitations. Le jour précédent le relevé, 9 mm d'eau ont été enregistrés par la station météorologique.

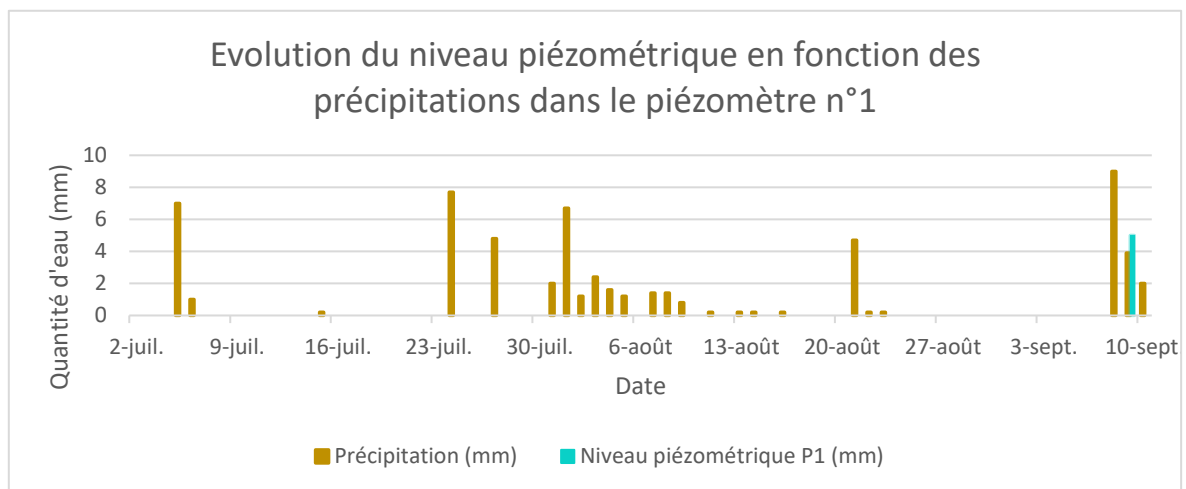


Figure 22 : Graphique présentant l'évolution du niveau piézométrique en fonction des précipitations dans le piézomètre n°1

B. Discussion

Les résultats montrent donc qu'il n'y a pas la présence de nappe libre sur cette période pour les zones des piézomètres 2 et 3. Ceci témoigne donc que malgré les précipitations, la hauteur de la nappe libre n'augmente pas jusqu'à cette profondeur. Différentes hypothèses se posent :

- L'eau ne s'infiltré pas en profondeur et est évaporée rapidement à la suite des précipitations.
- L'eau s'infiltré mais vient percoler plus profond que le point bas du piézomètre.

- Les précipitations ne sont pas assez importantes pour qu'il y ai eu percolation, mais uniquement une humidification de la terre.
- La végétation en surface vient capter l'eau précipitée pendant les évènements pluvieux.
- Il y a présence de ruissèlements vers les points les plus bas. En effet les piézomètres 2 et 3 sont présents à des points hauts, l'eau peut donc s'écouler directement plus bas.

La présence d'eau dans le piézomètre 1 en septembre peut donc être dû à plusieurs possibilités. La première, la remontée de la nappe libre, la deuxième, le ruissèlement de l'eau du haut de la pente vers ce point bas qui aurait pénétré par un trou supérieur du piézomètre. Rien ne laisse montrer que l'eau présente est dû à une remontée de nappe libre.

C. Limites

Plusieurs limites viennent se poser à ces résultats. Tout d'abord la présence de géotextile sur les tuyaux en pvc, qui peut venir empêcher l'infiltration d'eau. Ensuite, les trous présents à l'extrémité extérieur du piézomètre n°1, interrogent sur l'infiltration de l'eau par l'augmentation de la nappe. Il y a également un manque d'information sur les évènements climatiques et pédologiques, qui permettraient de mieux comprendre la circulation de l'eau dans le sol. Pour finir, l'étude sur deux mois estivaux ne permet pas un réel suivi de la hauteur de la nappe libre.

D. Recommandations

Pour affiner l'étude de la fluctuation de la nappe libre, différentes actions peuvent être mises en place.

Tout d'abord, d'un point de vue technique, le rebouchage des trous extérieurs du Piézomètre n°1 et l'utilisation d'un tissu plus fin que du géotextile pour entourer les tubes, permettra de limiter les doutes sur l'infiltration de l'eau dans les piézomètres.

Il serait également intéressant d'étudier cette fluctuation de la nappe sur une durée minimum de 1 an, voir pluriannuel. La vision du cycle permettrait de comprendre cette évolution en fonction des saisons et donc à l'agriculteur d'anticiper la remonté ou la descente de la nappe pour adapter ces pratiques culturales.

Sur le plan de la recherche, ce suivi pourrait être complété avec une étude des évènements climatiques, par la caractérisation des évènements pluviométriques (averses, pluies fines, durée), pour exprimer l'eau pénétrant réellement dans le sol.

Des piézomètres artisanaux de ce type, pourraient être installés dans d'autres parcelles, dans d'autres zone de l'île, et permettraient un suivi de l'évolution de la nappe en fonction des différentes conditions environnementales du milieu.

Pour finir, les piézomètres pourraient également servir de zone de prélèvement pour cette nappe libre, des analyses de la qualité de l'eau permettraient un suivi qualitatif de cette ressource.

3. Discussion sur la temporalisation des variations

L'utilisation de ces deux outils a permis l'observation de la fluctuation de la réserve dans le sol et non concrètement dans la réserve utile pour les cultures.

Le bilan hydrique donne une vision très théorique du remplissage de la réserve utile du sol. En revanche l'utilisation de piézomètres, permet de visualiser de la fluctuation de la nappe libre. Il serait intéressant de travailler concrètement sur la réserve facilement utilisable par la plante, car

c'est elle qui va venir concrètement impacter les rendements. Des outils comme l'humidimètre permettent une quantification plus exacte de la réserve utile.

IV. Identification des causes d'origines des problématiques

1. Description des facteurs

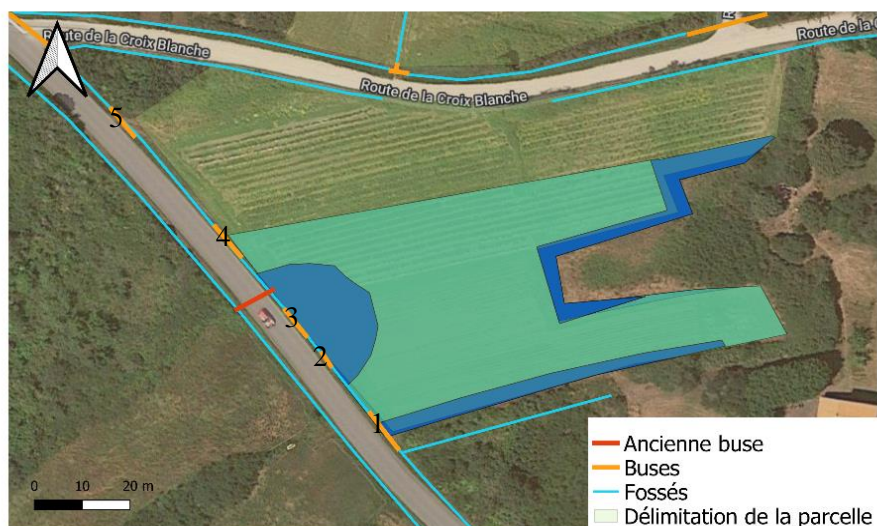
Cette partie présente les résultats concernant les quatre facteurs étudiés.

A. L'aménagement de la parcelle

La parcelle est entourée d'un réseau de fossés et de buses permettant la circulation et l'évacuation des surplus d'eau. En reprenant les informations divulguées par l'agriculteur, il a pu être localisé une ancienne buse traversant la route, représentée en rouge sur la carte (Figure 23).

Les observations de terrains ont permis l'identification des différents fossés et buses mais également leurs « états ». Les buses identifiées sur la partie Ouest de la parcelle du n°1 à 5, au bord de la route, sont en partie bouchées et ne laissent potentiellement pas circuler l'eau correctement.

On peut également noter qu'entre la buse n°1 et la buse n°4, une légère butte est présente devant le fossé.



Carte du réseau hydrologique de surface

Figure 23 : Carte du réseau hydrologique de surface

En ce qui concerne la problématique d'engorgement sur la parcelle, ces aménagements et leurs états peuvent être une cause d'apparition. En effet l'écoulement de la zone d'engorgement dans la partie ouest de la parcelle, doit être contraint par l'obstruction des buses 2 et 3, mais également la présence d'une butte avant le fossé et de la circulation générale du réseau hydrologique de surface.

En ce qui concerne les autres zones d'engorgements principales représentées en bleu foncé sur la carte (Figure 22) de la parcelle, aucun réseau de drainage n'est présent à leurs abords.

B. La topographie

La parcelle est formée d'une pente d'environ 1%, différents renforcements font varier la pente à certains endroits. La représentation cartographique suivante montre le sens d'écoulement logique en fonction de la pente.

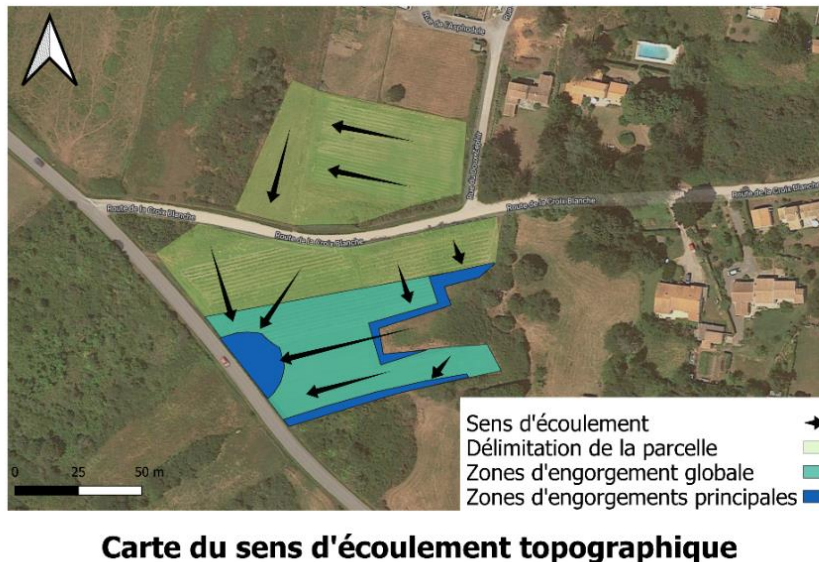


Figure 24 : Carte du sens d'écoulement topographique

Comme présenté sur la carte (Figure 24), la topographie est principalement dirigée vers la partie ouest de la parcelle. Ce qui vient accentuer le phénomène d'engorgement à l'extrémité de celle-ci.

En ce qui concerne le manque d'eau présent sur la parcelle en période estivale, la topographie peut également avoir un impact dans l'apparition de ce phénomène. En effet le sens d'écoulement engendré par la pente libère plus rapidement les zones surplus d'eau. Les amenant vers la zone d'engorgement.

C. La pédologie

Les 6 sondages pédologiques présentés sur la carte de présentation des résultats pédologiques (Figure 25), ont permis l'identification de caractéristiques physiques du sol de la parcelle. La profondeur, la texture et la capacité totale de la réserve en eau, sont décrites et mobilisées dans ces résultats.

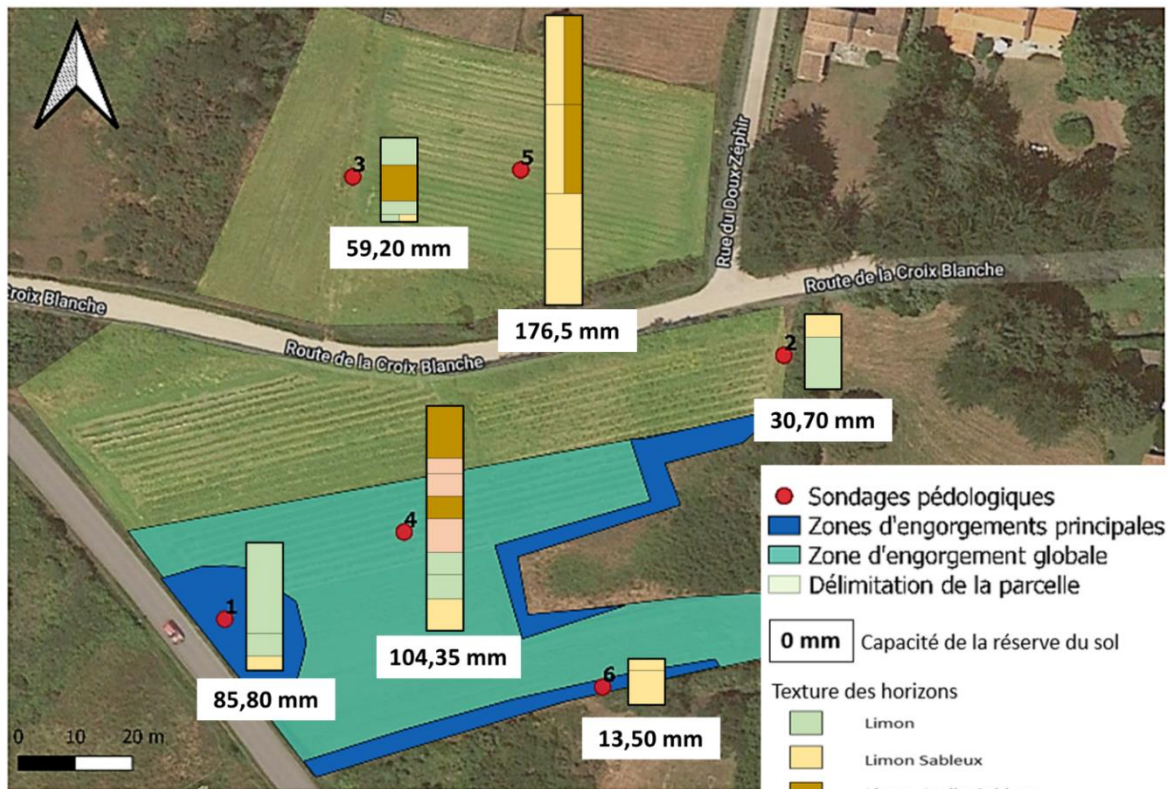
a. La profondeur des profils

L'ensemble des sondages ont donné des profondeurs de sol assez variables d'un profil à l'autre. Avant de toucher le « gruzia⁵ », horizon de décomposition du matériel géologique, la profondeur de sol varie de 15 à 120 cm (Figure 25).

Tableau 2 : Profondeur et capacité de la réserve en eau des profils de sol

N° Profil	Profondeur du profile (cm)	Capacité de la réserve (mm)
P1	56	85,50
P2	33	30,70
P3	37	59,20
P4	100	104,35
P5	120	176,5
P6	15	13,50

⁵ Le « gruzia » est le terme local de l'île d'Yeu pour définir l'horizon de décomposition du matériel géologique.



Carte de présentation des résultats pédologiques

Figure 25 : Carte de présentation des résultats pédologiques

La variabilité des profondeurs, indique des variations de la hauteur de surface du matériel géologique sous-jacent.

b. La texture

L'ensemble des profils sont décrits sous forme schématiques en *Annexe 12*. Les analyses des sols ont permis l'identification de sols principalement limoneux sur la parcelle. On retrouve des horizons de sols de types Limoneux-Sableux, Limoneux-Argileux, Limoneux-Argilo-Sableux et des Limoneux.

Les principales propriétés hydrologiques des sol limoneux, sont le tassement du sol et la battance. La battance définit le phénomène de création d'une croûte compacte à la surface du sol. Ce sont les gouttes de pluie et la fragmentation des agrégats qui sont à son origine. La formation de cette croûte de battance vient diminuer l'infiltration de l'eau dans le sol et donc augmenter le ruissellement à la surface de celui-ci.

Contrairement au sol sableux, les sols limoneux et argileux ont une meilleure capacité de rétention d'eau ce qui augmente la capacité de la réserve utile. C'est ce que l'on peut observer dans la partie 2 avec le calcul de la capacité de la réserve utile. (Ducommun, 2018)

La texture du sol de la parcelle, et donc potentiellement un effet aggravant de l'alternance entre excès et déficit en eau. La présence d'un sol limoneux peut provoquer d'une part en période hivernale une bonne rétention de l'eau dans la parcelle et en période estivale, à la suite du phénomène de battance, limiter l'infiltration des précipitations, parfois faible en cette période.

c. La capacité totale de la réserve d'eau

Les estimations des réserves en eau des profils de sol sont présentées sur la carte (Figure 24). Comme les profondeurs des sondages, ces valeurs sont très variables sur les 6 relevés. Elles varient entre 13,50 mm et 176,50 mm d'eau potentiellement « stockable » dans la réserve.

Comme pour la profondeur des sondages, la capacité de rétention d'eau du sol en fonction des relevés effectués, n'exprime pas de réelles explications au phénomène d'excès ou de déficit en eau.

D. La géologie

La présence d'un forage à 200 mètres du centre de la parcelle, a été identifié via la bibliographie. Les informations sur ce dernier sont mises à disposition par le site officiel du BRGM (BRGM, 2021).

Il a pu être identifier 1 mètre de terre argileuse jaune et sable, suivie de 7 mètres de gneiss altéré beige en voie d'arénisation. Le forage profond de 51 mètres décrit une succession de couches de gneiss, dont l'île est principalement formée (*Annexe 13*).

Comme décrit dans le contexte de l'île, les gneiss sont des roches socles dont la principale caractéristique est une faible perméabilité lors de l'absence de fractures.

L'excès en eau dans la parcelle, semble être accentué par la géologie en créant un phénomène de rétention d'eau à la suite de l'infiltration de celle-ci dans le sol. Rien ne prouve que la parcelle soit positionnée sur une faille où quelconques interstices permettant l'écoulement du sol pédologique vers la strate inférieure.

2. Discussion

A. L'excès d'eau

Globalement l'excès d'eau présent sur la parcelle peut être expliqué par l'accumulation de phénomènes aggravants. Tout d'abord, le réseau hydrologique de surface étant obstrué, l'écoulement à la surface de la parcelle est restreint. Superposé à cela, l'écoulement général engendré par la topographie, amène l'eau dans cette même zone. La texture limoneuse du sol accumulée au sens de la pente vient accentuer le phénomène de ruissèlement et d'accumulation, toujours dans la zone Ouest de la parcelle. Pour finir, la géologie, comme présentée par Priault (1993) ne favorise pas l'écoulement en profondeur de l'eau vers la nappe phréatique. Les variations de hauteur de la roche observées lors des analyses pédologiques, énoncent la potentielle présence de renforcement, pouvant former des « cuvettes » de rétention dans le sol. La géologie favorise elle aussi le phénomène d'excès d'eau dans la parcelle.

B. Le déficit en eau

Lors de période estivale, le déficit en eau dans la parcelle peut être marqué par la texture pédologique dû au phénomène de battance. Ceci ne peut pas être clairement démontré sans une étude du type de précipitation en période estivale et de son mouvement dans et à la surface du sol.

C. Discussion Générale

a. Résultats

Les résultats ont permis l'identification de la circulation générale de l'eau dans la parcelle. Il a également pu être déterminé que certains facteurs environnementaux influençaient cette circulation et impliquaient l'apparition de problématiques pour l'exploitation de la parcelle, comme l'excès et le déficit en eau.

Pour l'excès d'eau, c'est l'accumulation de ces facteurs qui engendre cette problématique, tandis que pour le déficit en eau, seule la pédologie a pu être mise en avant comme facteur aggravant.

b. Limites

La validité de ces résultats présente des limites. D'un point de vue des outils mobilisés, l'entretien a permis de recouper avec les données non disponibles, comme la circulation de l'eau dans le réseau hydrologique de surface, car non visible sur la période du stage. Cependant, ceci est également une limite à la validité des données, car c'est une perception à un instant T par un acteur.

La méthode de relevé pédologique peut également être une limite à la validité des résultats comme présenté dans la discussion de la partie 2.

c. Recommandations

Il serait pertinent de se focaliser sur d'autres facteurs environnementaux, comme le climat, qui influence la quantité d'eau présente dans le sol. Les travaux culturaux peuvent également faire varier la disponibilité en eau dans le sol, cela serait potentiellement un élément à étudier.

Discussion générale de l'étude

Les résultats obtenus, malgré leurs limites, nous ont permis d'étudier les spécificités des problématiques rencontrées sur une parcelle annuellement. D'un point de vue général, la confrontation d'un ensemble de données, a apporté des indications sur la localisation, la temporalité mais aussi les potentielles causes d'apparition des problématiques de gestion de l'eau dans la parcelle, tout ceci pouvant être mobilisé pour faire face à ces dernières.

La compréhension des besoins liés à la ressource en eau en fonction de l'activité pratiquée sur la parcelle, a révélé la présence d'une alternance d'excès et de déficit en eau contraignant l'activité maraîchère. Les pertes engendrées par celles-ci ne sont en revanche pas quantifiables.

L'évaluation de la disponibilité temporelle de cette ressource, a permis l'observation de cette fluctuation de la disponibilité en eau. En revanche on peut noter un manque de précision sur les dates et les quantités d'eau présente dans le sol lors de ces périodes. Les valeurs données par l'analyse de l'entretien, du bilan hydrique et des relevés piézométriques ont apporté des divergences et révélé des manques de précision des méthodes.

En ce qui concerne l'étude des facteurs environnementaux pouvant impacter la disponibilité de la ressource en eau dans la parcelle, certains ont pu être relevés comme potentiellement impliqués dans ces phénomènes. Par exemple la pédologie, de par les propriétés physiques du sol de la parcelle, accentue le phénomène d'engorgement et de ruissèlement en fonction des périodes de l'année. L'étude pourrait être complétée par l'analyse d'autres facteurs comme les pratiques culturales mais surtout les conditions climatiques.

En ce qui concerne les spécificités de la parcelle, l'excès d'eau, serait présent en fonction des zones, entre octobre et avril d'après l'agriculteur. Elles empêcheraient l'exploitation de la parcelle et provoqueraient la perte de rendement. Elle serait provoquée par une accumulation de facteurs comme la topographie, la pédologie, la géologie et les aménagements hydrologiques de surface. L'adaptation des dates de cultures étant la seule solution mise en place par l'exploitant, il serait intéressant de travailler sur des solutions permettant l'allongement de la période de culture en diminuant cet excès dans le temps et dans l'espace.

Le déficit en eau serait à l'inverse présent entre mai et septembre dans la parcelle, diminuant comme l'excès en eau, les capacités de rendement. L'étude a permis l'identification des propriétés physiques du sol comme facteur aggravant du phénomène d'assèchement. La parcelle ne dispose pas actuellement de moyen pour répondre à cette problématique, en effet l'agriculteur envisage la pose d'une installation d'un réseau d'irrigation en eau potable.

Les résultats appuient la disparité saisonnière de la répartition de la ressource dans la parcelle. Il serait pertinent de rendre disponible l'eau hivernale pour répondre aux besoins estivaux, et donc limiter les conséquences des problématiques d'excès d'eau tout en diminuant l'usage d'eau potable pour l'irrigation pour optimiser les rendements.

Il faut tout de même relever la difficulté de travailler sur les facteurs permanents comme la topographie, la géologie et la pédologie. Les recherches pourraient donc s'orienter sur les aménagements du réseau hydrologique de surface comme les fossés et les buses qui sont eux modifiables pour une meilleure circulation de l'eau dans la parcelle. En revanche la présence de ces aménagements dans le domaine public rend leurs modifications plus contraignantes, nécessitant de faire appel à la commune. Ce réseau étant relié en amont et en aval au reste des

aménagements de gestion de l'eau pluviale, une collaboration avec l'ensemble des acteurs concernés par celui-ci pourrait permettre de travailler sur une meilleure circulation de cette eau et donc limiter les engorgements des terrains.

D'autres éléments pourraient être mis en place pour donner suite à cette étude à une échelle plus large que la parcelle test.

Premièrement, la réadaptation d'éléments méthodologiques, pour l'analyse des problématiques de gestion de l'eau dans parcelle à l'île d'Yeu et plus largement dans les autres îles de la façade Atlantique française. Certains éléments comme l'analyses des causes des problématiques ou encore la réalisation d'un bilan hydrique peuvent être réadaptés en fonction des moyens et des besoins de la parcelle en prenant en compte les différentes limites à ces méthodes présentées dans le mémoire.

En parallèle d'autres éléments de recherche peuvent être mis en place sur les potentielles solutions aux problématiques de gestion de l'eau. Ces solutions pouvant être d'ordre agronomique, ou bien de l'aménagement du réseau hydrologique et/ou organisationnelle avec la réflexion commune des différents acteurs concernés par le sujet.

Conclusion

Cette étude avait pour but de caractériser les problématiques de gestion de l'eau pluviale, à l'échelle d'une parcelle maraîchère de l'île d'Yeu. Pour répondre à cet objectif général, il a été recherché les besoins spécifiques de la parcelle vis-à-vis de cette ressource, les problématiques de gestion de l'eau et leur caractéristiques temporelle, spatiale venant en limiter la disponibilité de cette ressource mais aussi leurs causes d'apparitions de ces problématiques.

L'analyse des résultats a permis l'identification d'une alternance d'excès et de déficit en eau dans le sol venant contraindre la continuité et le développement de l'activité maraîchère de la parcelle. La spatialisation de ces deux phénomènes a pu être réalisé et en partie expliqué par l'analyse des caractéristiques des facteurs environnementaux. L'excès, serait provoqué par une accumulation de l'aménagement du réseau hydrologique de surface, de la topographie, de la pédologie et de la géologique de la zone. En revanche pour le déficit, seul les caractéristiques pédologiques de la parcelle ont été identifiés comme facteur aggravant. En ce qui concerne la temporalisation des deux problématiques, l'excès en eau serait présent entre octobre et avril et le déficit entre mai/juin et septembre, un manque de précision est a noté. Le panel d'outils mobilisé à donc présenté ces limites.

Les éléments apportés sur la caractérisation spatial et temporelle de ces problématiques, donne des clés pour la réflexion à des solutions spécifiques à la parcelle. Parmi ces solutions, les éléments énoncés soulèvent la question de l'utilisation de l'excès d'eau hivernal pour répondre aux besoins en eau estivaux.

L'analyse à l'échelle parcellaire permet d'un point de vue générale un apport d'informations pour une réponse plus adaptée aux besoins de la parcelle.

Bibliographie

Angelakis A., Diamadopoulos E. 1995. Water resources management in Greece: Current status and prospective outlook. *Water Science and Technology*, **32** (9-12) : 267-272. doi: 10.1016/0273-1223(96)00099-6.

Baechler L. 2012. La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. *L'Europe en Formation*, n° **365** (3) : 3-21.

Beaulaton L., Blard-Zakar A., Boulenger C., Brejoux E., Cosson E., Dequesne J., Kreutzenberger K., Nowak C., Antoni V., Cerisier-Auger A., Dossa-Thauvin V., Eumont D., Guilhen J.M., Guzmova L. 2020. Eau et milieux aquatiques - Les chiffres clés - Édition 2020. *Ministère de la transition écologique ; Office français de la biodiversité*, 127.

Bertrand, N., Roux, S., Forey, O., Guinet, M., & Wery, J. 2018. Simulating plant water stress dynamics in a wide range of bi-specific agrosystems in a region using the BISWAT model. *European Journal of Agronomy*, **99**, 116-128.

Birama Diarra B. 1983. Modélisation du bilan hydrique sur une monoculture au Mali : le sorgho (Rapport de stage). Montpellier : IFARC : 94 p.

Bourrichon. 2011. **Carte de l'île d'Yeu.** [consulté le 30 mars 2021] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%8Ele_d%27Yeu_topographic_map-fr.svg

BRGM. 2021. Dossier du sous-sol, BSS001MDQE, 05597X0057/SF1.

BRGM Bretagne 2016. Réunion de lancement du projet « Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines »

Brigand L. 1983. Les îles bretonnes: aspects géographiques de l'insularité. Brest : Université de Bretagne Occidentale, 267 + 111 p. 2 volumes.

Cadastre 2018. L'Île-d'Yeu (85) : Cadastre, PLU et risques

Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine. 2019. Appui technique aux irrigants d'Aquitaine : Bilan hydrique : Mode d'emploi

Chartzoulakis K.S., Paranychianakis N.V., Angelakis A.N. 2001. Water resources management in the Island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use. *Water Policy*, **3** (3) : 193-205. doi: 10.1016/S1366-7017(01)00012-5.

Chiron T. 2007. Quelle gestion durable des ressources en eau et du risque de pénurie sur les petites îles? Brest : Université de Bretagne occidentale, 413 p. Géographie.

Conservatoire du littoral 2014. Stratégie d'intervention 2015-2050 : l'île d'Yeu. Pays de la Loire : 52-53 p.

De Olivera, T. 2018. Agronomie, Partie B, La nutrition hydrique chez les plantes. ISTOM 226p.

Eau France. 2019. Les eaux souterraines des systèmes dynamiques. [consulté le 29 avril 2021]. <https://www.eaufrance.fr/les-eaux-souterraines-des-systemes-dynamiques>

- Esseul M.** 1989. L'Île D'Yeu (Insula OYA). Ses Origines, Son Histoire. Découverte De L'Île. fromentine : Editions du VIEUX CHOUAN, 128 p.
- Eurisles** 2002. Off the coast of Europe. European construction and the problem of the islands. *Commission des Îles de la Conférence des Régions Périphériques Maritimes*, 150.
- Falkenmark M., Rockström J.** 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **132** (3) : 129-132.
- Falkland A., Custodio E.** 1991. Hydrology and water resources of small islands : a practical guide. Paris, France : UNESCO, 435 p.
- FMA.** 2014. Réalisation et mise en place de piézomètres artisanaux, Réseau d'expérimentation sur la réhabilitation de zones humides du Finistère. 3p.
- Géoportail.** 2021. Réalisation d'un profil altimétrique. [consulté le 30 mars 2021] <https://www.geoportail.gouv.fr/>
- Gourmelon F.** 1995. Atlas de la réserve de Biosphère de la mer d'Iroise, Cahiers Scientifiques du Parc Naturel Régional d'Armorique, n° 2, 92 p.
- Guilcher A.** 1977. Vie et mort des petites îles finistériennes. *Norois*, **95** (3) : 123-128.
- IGN** 2021. Remonter le temps. Portail IGN. [consulté le 15 octobre 2021]. <https://remonterletemps.ign.fr>
- Infoclimat** 2021. Climatologie globale à Ile d'Yeu - St Sauveur. Infoclimat Météo En Fr. En Temps Réel. [consulté le 29 avril 2021]. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/ile-d-yeu-st-sauveur/07300.html>
- Insee** 2015. Logement en 2012 – Commune de l'Île--d'Yeu (85113). Insee Inst. Natl. Stat. Études Économiques. [consulté le 29 avril 2021]. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2008604?sommaire=2130565&geo=COM-85113>
- Katerji N., Daudet F., Valancogne C., Bach M., Fouère A.** 1984. Contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures. Détermination et importance. *Agronomie*, **4** (8) : 779-787.
- Langellier-Bellevue P.** 1997. Utilisation de la réflectométrie pour la mesure de l'humidité du sol. Applications. CIRAD-CA
- Leenhardt, D., Voltz, M., & Barreteau, O.** 2020. *L'eau en milieu agricole : outils et méthodes pour une gestion intégrée et territoriale*. P288
- Margat J.** 1998. Répartition des ressources et des utilisations d'eau dans le monde : disparités présentes et futures. *La Houille Blanche*, (2) : 40-51.
- Margat J.** 2002. Des pénuries d'eau sont-elles en perspective à long terme en Europe méditerranéenne ? Plan Bleu : 19 p.
- Mathieu G.** 1938. Notes de Géographie physique et économique sur l'île d'Yeu. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, **15** (116) : 119-124.
- Meteoblue.** 2021. Climat de l'île d'Yeu
- Meteociel.** 2021. Tableau d'observations pour Ile d'Yeu - Saint-Sauveur (85) (32 m) [consulté le 29 mai 2021]

Météo France 2021. Prevision Météo France. Météo Fr. - Site Off. [consulté le 12 avril 2021]. <https://meteofrance.com/>

Ministère de la Transition Ecologique 2015. La pluie efficace. Données Études Stat. Pour Chang. Clim. Lénergie Environ. Logement Transp. [consulté le 12 avril 2021]. <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/essentiels/eau-pluie.htm>

Olivier de Sardan J.-P. 1995. La politique du terrain. Sur la production des données en anthropologie. *Enquête. Archives de la revue Enquête*, (1) : 71-109.

Oukarroum A. 2007. *Vitalité des plantes d'orge ("Hordeum vulgare" L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne* (Doctoral dissertation, University of Geneva).

Pensec M. 1974. Houat (Morbihan). Hier et aujourd'hui à l'heure de l'électricité. FeniXX reedition numerique Imprimerie Presse du M, 40 p.

Perspectives Agricoles 2013. Reconnaître au champ : l'excès d'eau. *Perspectives Agricoles*, (405) : 2.

Pinson G., Pala V.S. 2007. Peut-on vraiment se passer de l'entretien en sociologie de l'action publique? *Revue française de science politique*, **57** (5) : 555-597.

Priault L. 1993. L'élevage et l'agriculture à l'Île d'Yeu au XIXe siècle. Université de Nantes, Faculté de médecine, 138 p. Thèse pour le diplôme d'Etat de docteur vétérinaire. [consulté le 15 avril 2021]. <http://recherche-archives.vendee.fr/ark:/22574/vta292369dd7559db84>.

Prieur M. 2006. Quel avenir pour les espaces naturels sensibles ? *Revue juridique de l'Environnement*, **31** (2) : 185-191.

RAIA. 2020. Réseau agricole des îles atlantiques. [consulté le 3 mai 2021] . <https://raia-iles.fr/>

Rivière, J. M., Tico, S., & Dupont, C. 1992. Methode tariere Massif armoricain, Caracterisation des sols. *Rennes, INRA, 20*.

ROY C. 1982. Etude hydrogéologique de l'île d'Yeu. [consulté le 29 août 2021]. <https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/1%27%C3%8Ele-d%27yeu france 6619599>

Savoie, V. 2010. Le drainage de surface-Formation pour OAQ.

Schott C., Mignolet C., Benoît M. 2009. Agriculture du bassin de la Seine : Découvrir l'agriculture du bassin de la Seine pour comprendre les enjeux de la gestion de l'eau

UVED. 2019. Université du Mans, Calcul du Bilan hydrique [consulté le 29 avril 2021]. http://uved.univ-lemans.fr/Grain-1_Kit_1-Bilan/co/grain_Exo_01.html

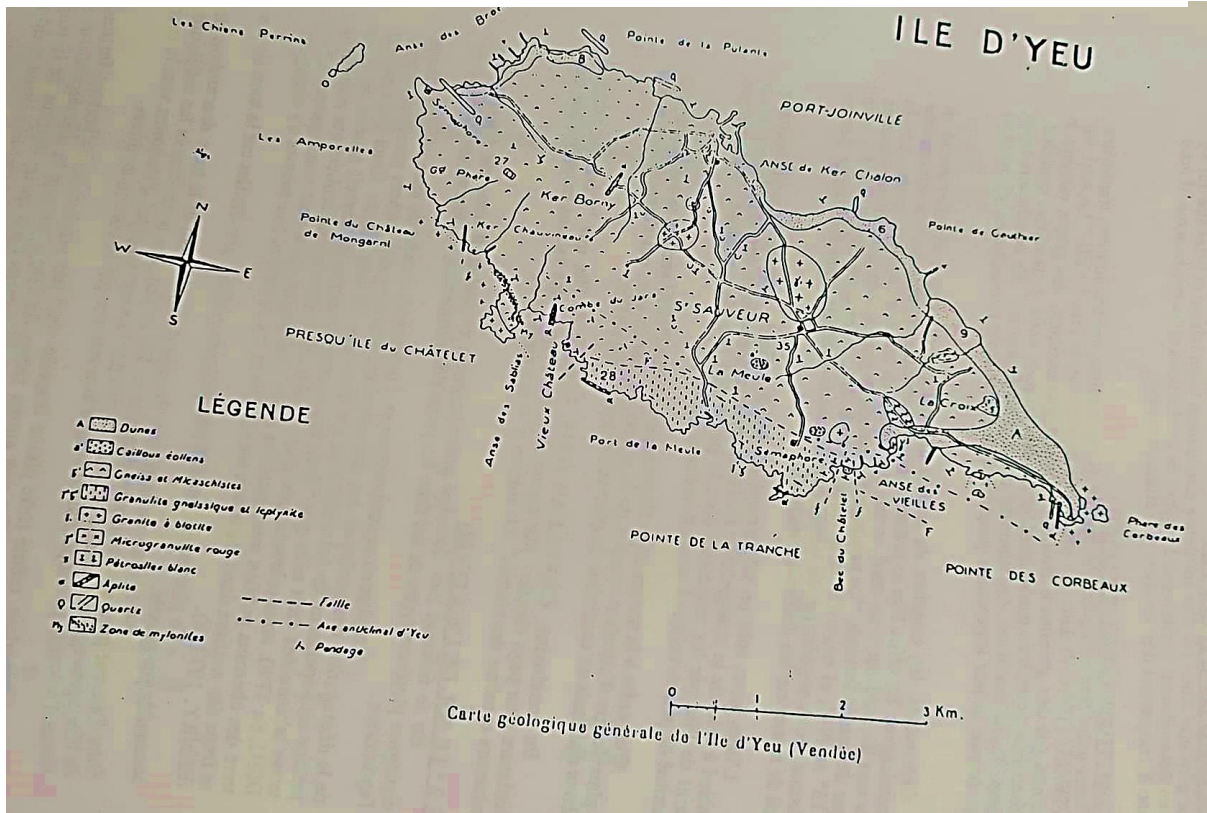
UVED. 2019. Université du Mans, Définitions des termes de l'équation du bilan hydrique [consulté le 30 avril 2021]. <https://www.supagro.fr/ress-pepites/processusecologiques/co/EquationBilanHydrique.html>

Table des Annexes

Annexe 1 : Carte géologique de l'île d'Yeu, (ROY, 1982).....	60
Annexe 2 : Liste des personnes rencontrées lors des entretiens exploratoires et leur fonction	61
Annexe 3 : Guide d'entretien cartographique	62
Annexe 4 : Protocole de relevés pédologiques.....	64
Annexe 5 : Table de référence des coefficient culturaux, (Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine, 2019).....	67
Annexe 6 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile élevée.....	68
Annexe 7 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile faible.....	68
Annexe 8 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile élevée.....	69
Annexe 9 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile faible.....	69
Annexe 10 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile élevée.....	70
Annexe 11 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile faible.....	70
Annexe 12 : Profils pédologiques	71
Annexe 13 : Fiche descriptive du forrage, (BRGM,2021).....	73

Annexes

Annexe 1 : Carte géologique de l'île d'Yeu, (ROY, 1982)



Annexe 2 : Liste des personnes rencontrées lors des entretiens exploratoires et leur fonction

Personnelle de la commune :

- Jean JACQUEMONT, pôle environnement de l'île d'Yeu, agent de terrain en charge de l'entretiens des estuaires
- Pascal GIRARD, service technique de l'île d'Yeu, responsable voirie
- Service patrimoine de l'île d'Yeu
- Delphine VILLARBU, pôle environnement de l'île d'Yeu, responsable Natura 2000 et réseau d'assainissement

Exploitants :

- Julien SAGE, maraîcher
- Emilie SAGE, éleveuse de brebis et maraîchère
- Lionelle ARNAUD, éleveuse de poulets
- Philippe CANTIN, maraîcher
- Ben et Eliot, maraîchers en cours d'installation
- Gérard SAGE, ancien agriculteur (éleveur, maraîcher)

Autres :

- Georges BIRAULT, président du Comité de Développement de l'agriculture de l'île d'Yeu et du RAIA
- Arthur BOUYER, chargé de mission pour le Comité de Développement de l'agriculture de l'île d'Yeu
- Mary-Anne BASSOLEIL, Animatrice du Réseau Agricole des Iles Atlantiques
- Elsa CARIOU, géologue

Annexe 3 : Guide d'entretien cartographique

Conduite Agricole

Quelle est la conduite agricole sur la parcelle ?	- Quel est la saisonnalité de vos productions ?	Information production (dates)
	- Combien d'hectares sont cultivés ?	Nombre d'hectares cultivés
	- Comment la parcelle est découpée ?	Découpage de la parcelle
	- Quelles sont les rotations de cultures pratiquées sur la parcelle en fonction des zones ?	Dates des rotations, Cultures
	- Quelles sont les perspectives pour les années suivantes ?	Cultures envisagées + localisations



Carte de la parcelle

Gestion de l'eau

Quels sont les besoins en eau de la parcelle ?	- Quelle répartition de la ressource en eau est nécessaire pour une bonne conduite des cultures sur la parcelle ?	Date et besoin en eau de la parcelle
	- Une méthode d'irrigation est utilisée ? Si oui, laquelle ? Comment est-elle organisée ?	Méthode d'irrigation + organisation temporelle et spatiale
	- Quelle quantité d'eau irriguez-vous pour ces parcelles ?	Quantité d'eau utilisée
	- Combien de temps irriguez-vous (dates) pour chaque culture ? Où ?	Date d'irrigation pour les cultures + localisation de l'irrigation

- Quelles sont les problématiques de gestion de l'eau présentes sur la parcelle ?		Liste des problématiques
Y a-t-il des problèmes liés à un excès d'eau hivernale ?	- Où dans la parcelle ?	Localisation
	- Qu'elle est la durée de l'engorgement ? (Calendrier globale)	Dates par localisation
	- Combien de temps et quelle zone n'est pas cultivée ?	Dates par localisation
	- Quelles sont les conséquences pour vous ?	Liste des conséquences
	- Que mettez-vous en place pour y répondre ?	Liste des solutions
	- D'après-vous, quelles causes pourraient être à l'origine de cette problématique ?	Liste idées
Y a-t-il des problèmes liés à une sécheresse estivale ?	- Où dans la parcelle ?	Localisation
	- Quelle est la durée de la sécheresse dans la parcelle ?	Dates par localisation
	- Combien de mois faut-il irriguer ?	Dates par localisation
	- Combien de temps et quelle zone n'est pas cultivée ?	Dates par localisation
	- Quelles sont les conséquences pour vous ?	Liste des conséquences par localisation
	- Que mettez-vous en place pour y répondre ?	Liste des solutions
	- D'après-vous, quelles causes pourraient être à l'origine de cette problématique ?	Liste idées



Carte de la parcelle

Annexe 4 : Protocole de relevés pédologiques

Protocole Relevés pédologiques

Méthode :

A- Réalisation des sondages et discernement des horizons

Terrières (grosse et petite)	Bâche	Couteau
GPS	Bouteille d'eau	Sachet congélation
Carte IGN de la parcelle	Support de type bâche	

1. **Localisation des sondages** : choisir en fonction des points avec une topographie, une occupation du sol, un travail du sol différent. Prendre les données GPS et les localiser sur la carte. Si possible, réaliser 2 à 3 sondages dans le sens de la pente, pour ensuite lier avec la topographie. Il est intéressant de réaliser, plusieurs sondages pour observer les variations physiques, en particulier la profondeur du sol.
2. **Remplir les premières informations de la fiche** : Date, Point GPS, Altitude, Topographie, Végétation / Cultures, Autres caractéristiques. Elles vont servir à apporter des éléments de compréhension à la formation pédologique.
3. **Creuser à la terrière, en plaçant chaque échantillon à la suite sur une bâche**. Cela va permettre l'identification des différents horizons. ATTENTION : respecter les profondeurs des échantillons. Il faut aussi penser à enlever le dessus du carottage (c'est le résidu des échantillons supérieurs). Si le sol est trop sec, on peut humidifier avec l'eau. Creuser le plus profond possible.
4. **Définitions des différents horizons**. Le profil mis en avant va permettre de déterminer les différents horizons présents dans le sol. Un nouveau profil est observable avec l'apparition d'un changement d'état physique (couleur, taille des éléments). Penser à marquer sur la feuille les mesures de profondeur des horizons. Mettre un échantillon de chaque horizon dans un sac congélation.
5. **Prélèvement d'échantillons des différents horizons**.

B- Définition de la texture des horizons (granulométrie)

1. Test du boudin (test in situ) : première appréhension du pourcentage d'argile

Eau

- a. Prise d'un échantillon que l'on vient humidifier (eau)
- b. Tenter de réaliser un « boudin » de 5 à 10mm de diamètre.
- c. Si le boudin est impossible à réaliser alors le pourcentage d'argile est inférieur à 10%
- d. Si le boudin se forme, alors le pourcentage d'argile est supérieur à 10%
- e. Rouler dans la paume de la main le boudin se fragmente, c'est que le pourcentage d'argile est inférieur à 18%
- f. Formation d'un anneau :

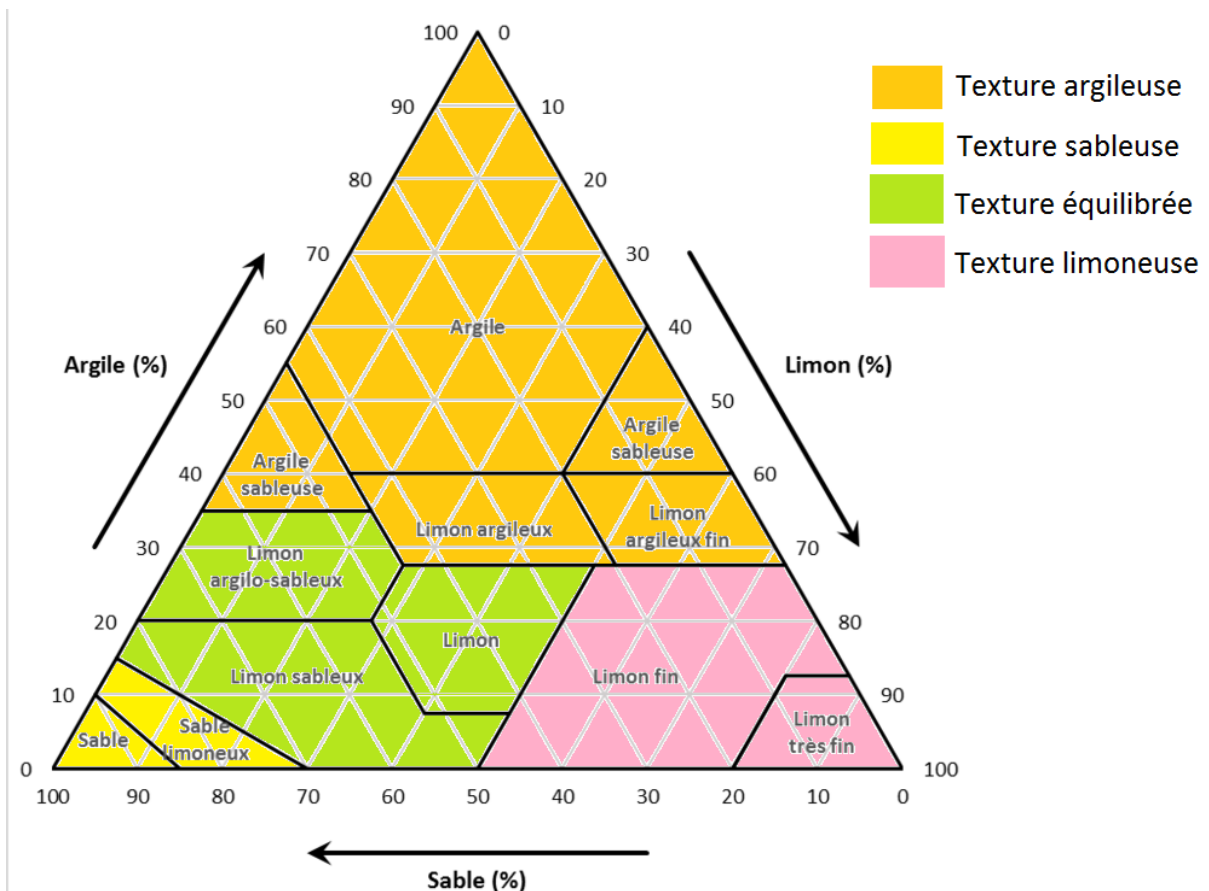
- i. Fissuration avant demi-fermeture de l'anneau Argile compris entre 18 et 25 % d'argile
 - ii. Fissuration aux $\frac{3}{4}$ de la fermeture, < 30%
 - iii. Anneau réalisable 25-30% voir plus
2. Test par sédimentation (test ex-situ) : Sert à déterminer le pourcentage en éléments composants le sol (limon, argile, sable et MO).

Pot en verre assez hauts à bords droits (autant de que d'horizons)	Eau
--	-----

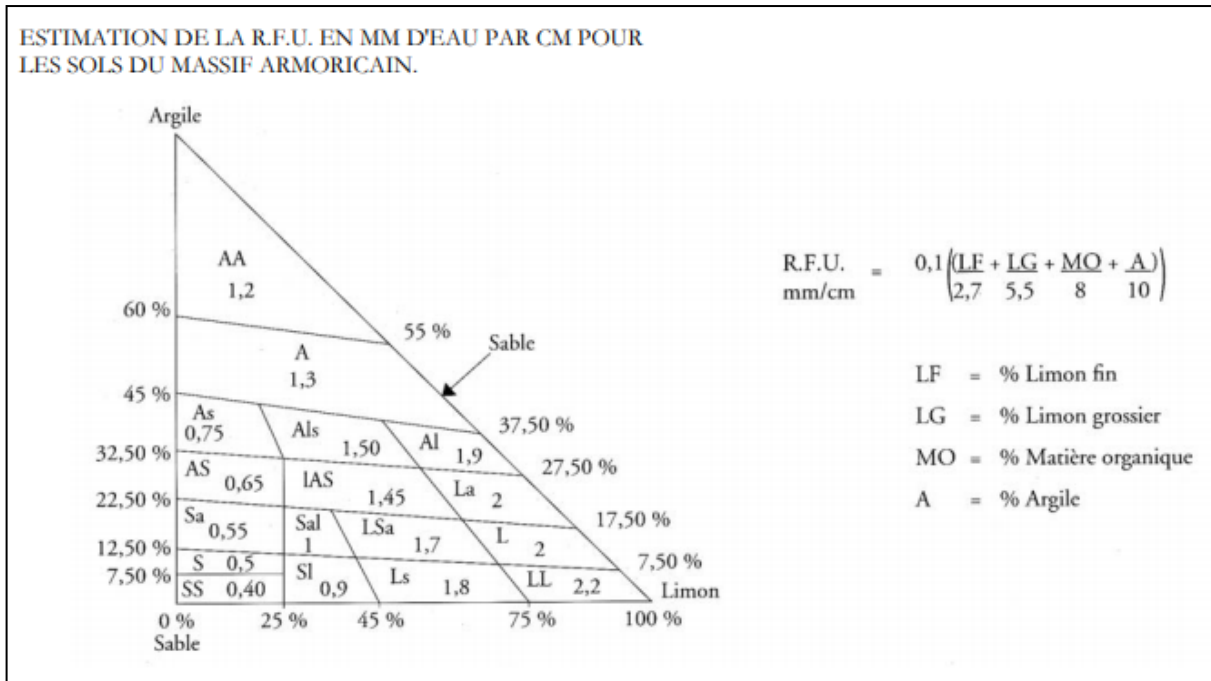
- a. On remplit un bocal de moitié d'un échantillon d'horizon et on remplit le reste d'eau, en laissant un surplus pour l'air. On remue énergiquement quelques minutes et on laisse reposer 2 jours au moins.
- b. On détermine en mesurant chaque couche et en effectuant le calcul suivant : % COMPOSANTE = Hauteur de la couche * 100/ Hauteur totale (les couches se présentent dans l'ordre suivant : argile, limon, sable)

C- Détermination de la texture du sol (Objectifs 3 : Identification des causes d'origines des problématiques)

1. Replacer les pourcentages dans un triangle de texture comme ci-joint ce qui nous donne les caractéristiques physiques du sol



- D- Caractérisation de la capacité de la réserve utile : (Objectif 2 : *Caractérisation des variations hydriques*)
1. Replacer les pourcentages dans le triangle suivant (la matière organique est un élément difficile à quantifier, et ne sera pas pris en compte dans l'étude)



2. Pour chaque horizon, on vient définir en fonction de son pourcentage en Sable et en Argile, la réserve utile par centimètre de terre. Valeur en millimètre d'eau par centimètre de terre.
3. Le chiffre déterminé, on vient le multiplier par le nombre de centimètre de l'horizon concerné.
4. On se concentre sur les premiers 20 cm de chaque sondage. Car la profondeur moyenne des racines en culture maraîchère est de 20 cm. On regarde les valeurs et on vient déterminer une valeur de réserve utile haute, une basse et une moyenne. Que l'on multiplie par 20.

Annexe 5 : Table de référence des coefficient culturaux, (Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine, 2019)

Petit pois	
stades	Kc
Levée à formation des boutons floraux	0,6
Floraison	0,8
Formation des gousses	1
Remplissage des grains	1,2

Fraise	
stades	Kc
Au débournement à l'apparition des premières fleurs	0,4
De floraison à 3/4 des fleurs ouvertes	0,5
Grossissement des fruits (avril à début mai).	0,7
Passage du fruit vert au fruit blanc	0,9
Au début de la récolte	0,8
À partir de la mi-récolte	0,6

Maïs Doux	
stades	Kc
6-8 feuilles	0,5
8-10 feuilles	0,6
10-12 feuilles	0,7
12-14 feuilles	0,8
Floraison mâle	0,9
Floraison femelle à Soies sèches	1

Tomate de conserve	
stades	Kc
De la Plantation au 3ème Bouquet apparent	0,4
Du 3ème bouquet apparent à 2 bouquets noués	0,7
De 2 Bouquets noués au premier fruit mûr	1,2
Du premier fruit mûr à 25 % de maturité	0,8
De 25 % de maturité à 50 % de maturité	0,5

Tomate	
stades	Kc
De la plantation à la reprise	0,2
De la reprise à la floraison du 3ème bouquet	0,6
De la floraison du 3ème bouquet à la mi-récolte	0,9
De la mi-récolte à la fin de la culture	0,7

Oignon	
Stades	Kc
De la levée à 30 j. après la levée	0,6
De 30 j. après la levée à 60 j. après la levée	0,8
De 60 j. après la levée au Début de la maturité	1
Du début de la maturité à 20 j. avant la récolte	1,1
De 20 j. avant la récolte à la récolte	0,5

Aubergine	
stades	Kc
De la plantation au début de floraison	0,5
Du début de floraison à la croissance du 3ème étage	0,6
De la croissance du 3ème étage à la mi-récolte	0,9
De la mi-récolte à la fin de la culture	0,6

Courgette	
stades	Kc
De la plantation à la floraison	0,5
De la floraison à la mi-récolte	1
De la mi-récolte à la fin de la récolte	0,7

Poireaux	
stades	Kc
De la reprise à la récolte	0,7

Haricot vert	
stades	Kc
. Semis à première feuille trifoliée	0,5
. 2ème feuille trifoliée	0,6
. Boutons floraux	0,8
. Floraison	1,0
. Formation des gousses - récolte haricot vert	1,2
. Flageolet : Formation des gousses	1,2
. Gousses pleines	1,0
. Flageolet : Début défoliation	0,8

Carotte	
stades	Kc
. 0 à 6 semaines après semis	0,3 à 0,4
. 6 semaines au stade « crayon »	0,7
. Du stade « crayon » à la récolte	1,0

Pomme de terre	
stades	Kc
. Plante à 50 % de levée	0,4
. 50 % de levée à 50 % recouvrement	0,7
. 50 % recouvrement à recouvrement total	0,9
. Recouvrement total à recouvrement total + 30 jours	1,05
. Recouvrement total + 30 jours à début sénescence	1
. Début sénescence à maturité - défanage	0,8

Melon	
stades	Kc
Jusqu'à floraison	0,5
Nouaison	0,7
Grossissement	0,9
Récolte	0,5

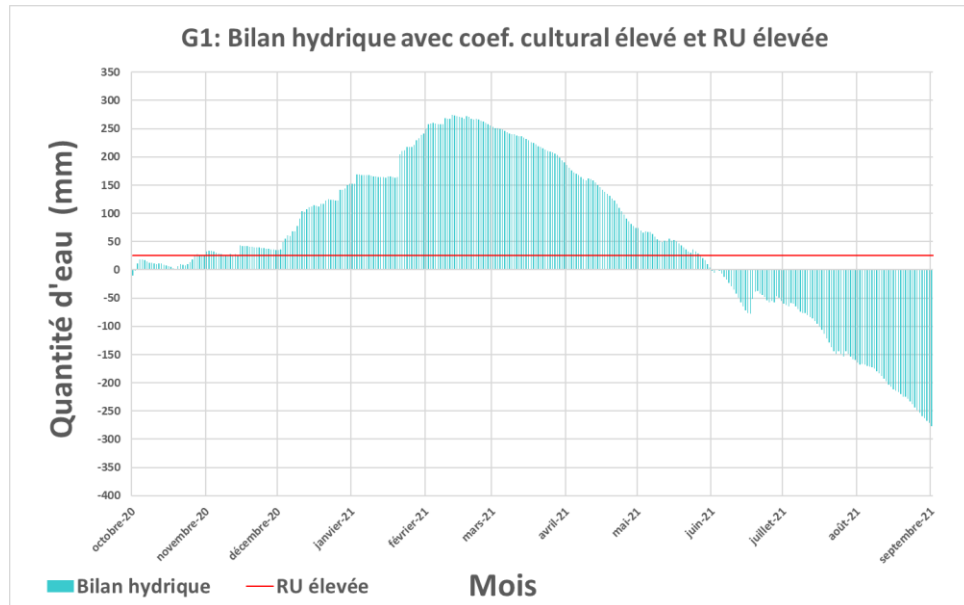
Asperge	
Période	Potentiel moyen (< 4 T/ha)
Juin	0,2
Juillet	0,5
Août et Septembre	0,8
	Bon potentiel (5-7 T/ha)
Juin	0,25
Juillet	0,7
Août et Septembre	1
	Très fort potentiel (> 7 T/ha)
Juin	0,3
Juillet	0,9
Août et Septembre	1,2

Salade	
stades	Kc
De la plantation au début de croissance active	0,4
Du début de croissance active à la récolte	0,7

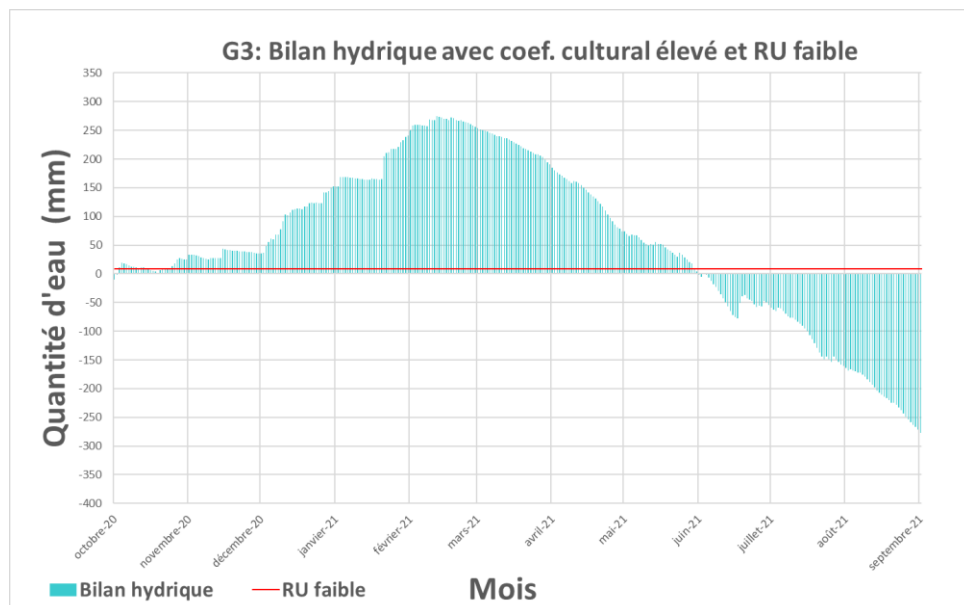
Ail	
stades	Kc
De la fin de la levée à la formation du bulbe	0,5
De la formation du bulbe au grossissement maxi	0,9
Du grossissement maxi à 20 j. avant la récolte	0,6

Poivron	
stades	Kc
De la plantation au début de floraison	0,5
Du début de floraison à la croissance du 3ème étage	0,6
De la croissance du 3ème étage à la mi-récolte	0,7
De la mi-récolte à la fin de la culture	0,6

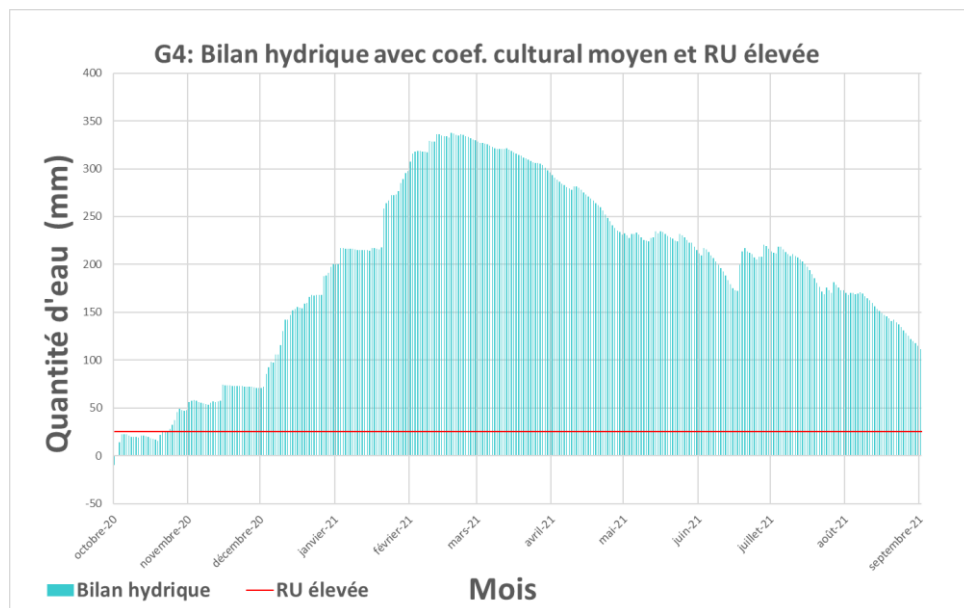
Annexe 6 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile élevée



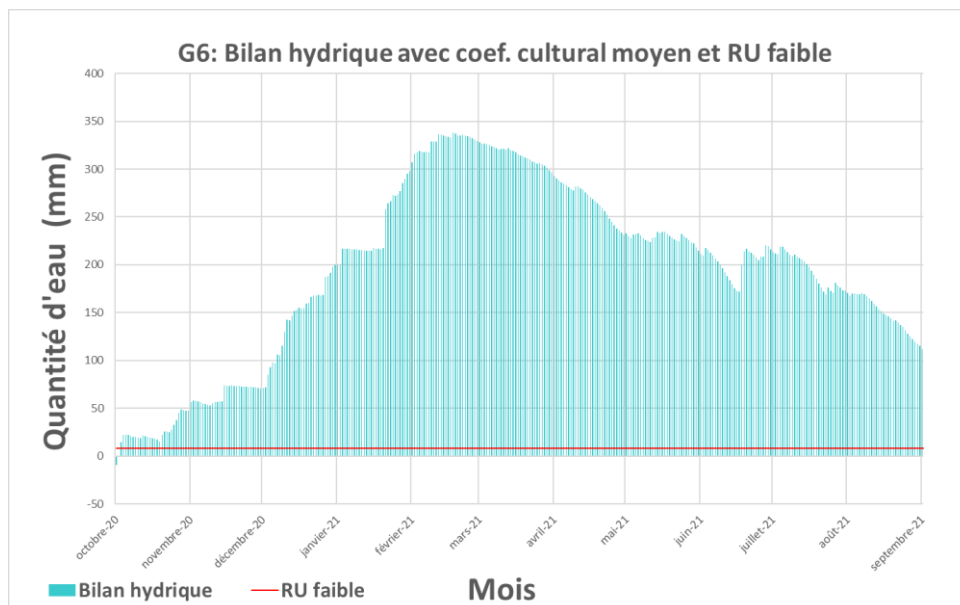
Annexe 7 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural élevé et Réserve Utile faible



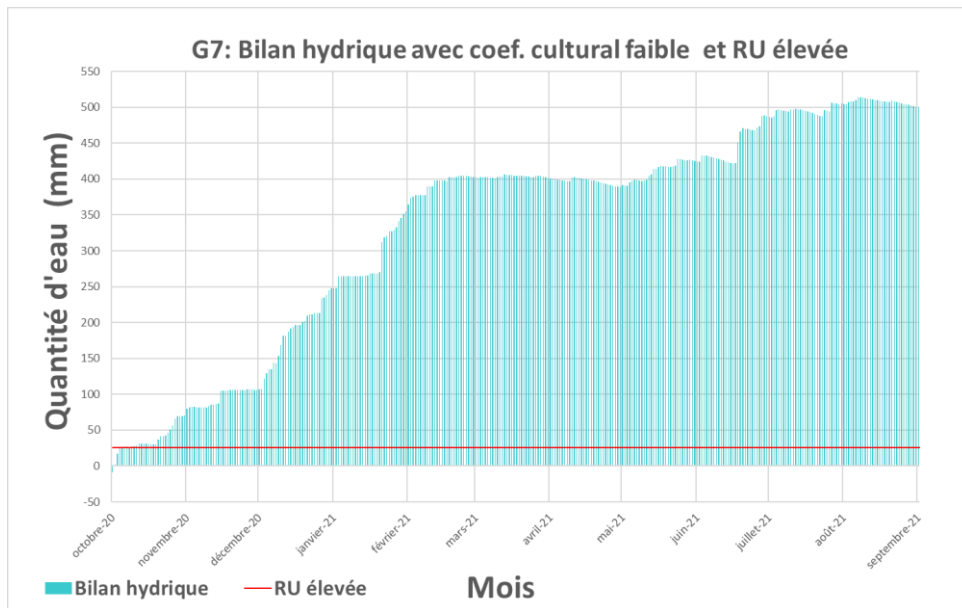
Annexe 8 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile élevée



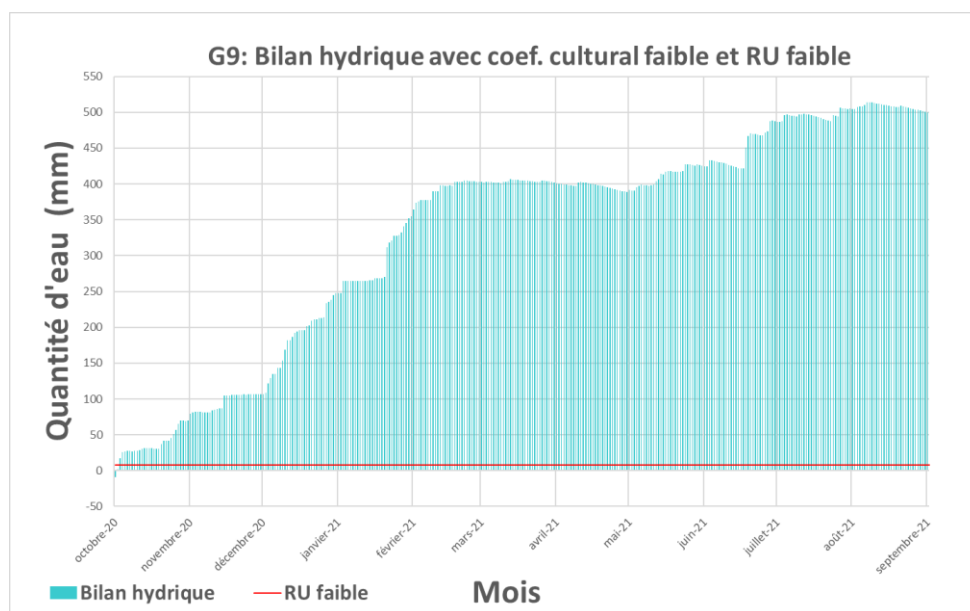
Annexe 9 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural moyen et Réserve Utile faible



Annexe 10 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile élevée







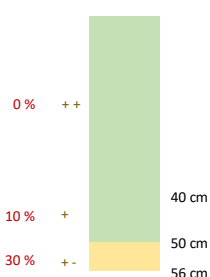
Annexe 11 : Graphique du bilan hydrique calculé avec coefficient cultural faible et Réserve Utile faible



Annexe 12 : Profils pédologiques

Légende

- + - Présence de Matière organique
- 70 % Pourcentage de trace hydromorphie
-  Limon
-  Limon Sableux
-  Limon Argilo-Sableux
-  Limon Argileux



Profil de sol n°1

Altitude : 28.13 m

Coordonnées GPS : 46.704980 °N_2.343370 °O

Date de réalisation du profil : 30/06/2021

Réserve utile totale du profil : 85,80 mm

Caractéristiques :

- Sol labouré
- Bas de la parcelle
- Culture (courgette)
- Pas de précipitation

Profil de sol n°2

Altitude : 29.32 m

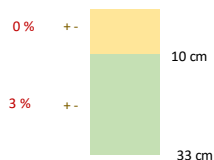
Coordonnées GPS : 46.70553 °N_2.342175 °O

Date de réalisation du profil : 30/06/2021

Réserve utile totale du profil : 30,70 mm

Caractéristiques :

- Sol non labouré
- Haut de parcelle
- Friche, graminée
- Pas de précipitation



Profil de sol n°3

Altitude : 27.97 m

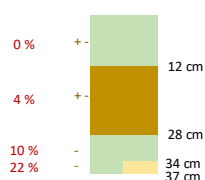
Coordonnées GPS : 46.705750 °N_2.343190 °O

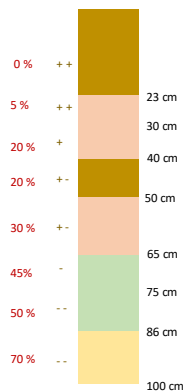
Date de réalisation du profil : 30/06/2021

Réserve utile totale du profil : 59,20 mm

Caractéristiques :

- Sol non labouré (pas récemment)
- Bas de parcelle, avant fossé
- Friche, graminée
- Pas de précipitation, ensoleillé





Profil de sol n°4

Altitude : 28.35 m

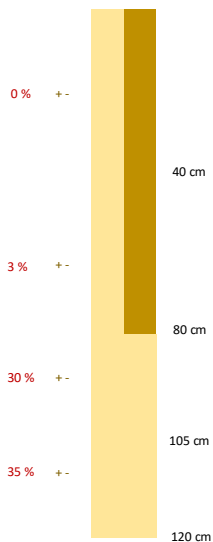
Coordonnées GPS : 46.705250 °N_2.343050 °O

Date de réalisation du profil : 06/07/2021

Réserve utile totale du profil : 104,35 mm

Caractéristiques :

- Sol labouré
- Milieux de parcelle
- Culture
- Ensoleillé et nuageux sans précipitation.
(Précipitation les jours d'avant 13mm en 5 jours)



Profil de sol n°5

Altitude : 28.54 m

Coordonnées GPS : 46.705820 °N_2.342780 °O

Date de réalisation du profil : 07/07/2021

Réserve utile totale du profil : 176,5 mm

Caractéristiques :

- Sol fraîchement labouré
- Milieux de parcelle
- Sol nue (ancienne culture de pommes de terres)
- Pluie la nuit avant, 5 jours avant



Profil de sol n°6

Altitude : 28.62 m

Coordonnées GPS : 46.704970 °N_2.342590 °O

Date de réalisation du profil : 07/07/2021

Réserve utile totale du profil : 13,50 mm

Caractéristiques :

- Sol non labouré
- Bord de parcelle
- Friche, graminées
- Pluie la nuit avant, 5 jours avant

Annexe 13 : Fiche descriptive du forrage, (BRGM,2021)

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00	Sol (terre végétale)		Terre argileuse jaune et sable.	Holocène	27.00
7.00	Altérites du Briovérien		Gneiss altéré beige en voie d'arénisation.	Briovérien à Quaternaire	21.00
11.00	Formation de l'île d'Yeu		Gneiss avec quelques petits passages oxydés. Formation de l'île d'Yeu. Briovérien.	Briovérien	17.00
18.00			Gneiss gris à mica noir, non altéré.		10.00
20.00			Passage de gneiss à quartz rosé.		8.00
24.00			Gneiss gris. A 24m, fissure oxydée et quartz oxydés, arrivée d'eau (environ 6m ³ /h).		4.00
			Gneiss gris noir dur, non fissuré.		
42.50			Gneiss à quartz rosé, relativement altéré.		-14.50
44.00			Passage d'argile rouge : faille colmatée.		-16.00
45.00			Gneiss à quartz rosé, altéré.		-17.00
49.00			Gneiss gris sain. Débit fin de forage : 6m ³ /h.		-21.00
51.00					-23.00