

# SALICA

Salicornes de la CABANOR  
2023 - 2025



**Le projet SALICA** est financé par la **région Normandie** dans le cadre du dispositif « Actions collectives pour la structuration, l'acquisition de références techniques et promotion des filières émergentes terre et mer » qui a fait l'objet d'une convention en date de juillet 2023.

Les travaux ont débuté le 1<sup>er</sup> septembre 2023 pour s'achever le 31 août 2025.

### **L'équipe du projet SALICA**

Sébastien Pien, Suzy Moal, Arthur Berdou, Guilhem Ratel. SMEL Synergie Mer Et Littoral (Blainville sur Mer)

Manuel Savary, Comité Régional de la Conchyliculture Normandie Hauts de France (Gouville sur Mer)

Jean Lafosse, Marielle Croulebois CABANOR (Blainville sur Mer)

Régis Gallon CNAM-INTECHMER (Cherbourg-en-Cotentin)

### **Rédaction :**

Sébastien Pien, Suzy Moal, Arthur Berdou, SMEL Synergie MER et Littoral (Blainville Sur Mer)

Précilia Cayol, SILEBAN (Gatteville-le-phare)

### **Pour citer ce document**

Pien, S.<sup>1</sup>, Moal, S. <sup>1</sup>, Cayol, P.<sup>2</sup>, Berdou, A<sup>1</sup>. Projet SALICA, « SALIcornes de la CABANOR. 2023 – 2025 ». 2025. 52p.

<sup>1</sup> SMEL, Blainville-sur-Mer

<sup>2</sup> SILEBAN, Gatteville le Phare

### **Remerciements :**

L'équipe SALICA tient à remercier :

- L'ensemble des professionnels de la CABANOR pour leur collaboration et plus particulièrement les trois conchyliculteurs (Maxime Lettelier, Alexandra Liron et Mickaël Delisle), qui nous ont cédé leurs claires le temps du projet et qui nous ont permis de les modifier pour les expérimentations.
- Aux agents techniques du SMEL (Jean-Louis Lesoif et Yann Eudes) qui nous ont souvent sauvés de bien des soucis, apportés de nombreuses solutions techniques (comme la machine à couper les salicornes) et grandement participé à la gestion de l'eau à coups de motopompe.
- Aux agents du SMEL qui sont venus en aide, bien souvent les pieds dans la tangue humide et par tous les temps (Gwendoline Guichard, Solveig Larsonneur, Elodie Cauvin, Loann Gissat).
- A Isabelle Cos (AQUIMER) pour nous avoir soutenu et aiguiller dans le montage du projet.
- A Benoit Queguiner (ALGAIA) pour ces analyses en échange de bons procédés.
- Aux agents de la Direction Départemental des Territoires et de la Mer de la Manche (DDTM50) pour leur écoute et leurs conseils dans les problématiques réglementaires.
- Au service « Valorisation des produits » du conseil régional de Normandie pour son soutien et son écoute.



## Table des matières

Avant-Propos .....	1
Introduction .....	2
I. Préparation des claires et production des graines. ....	5
1. Présentation des claires utilisées.....	5
2. Gestion de l'eau de mer. ....	6
3. Données climatiques durant le projet SALICA.....	8
4. Préparation des claires .....	8
a) Mis en état des claires pour le premier semis (2024). ....	8
b) Entretien des claires entre deux cultures et réaménagement de la claire (2025). .....	9
5. Préparation des graines. ....	10
a) Généralités .....	10
b) La récolte des graines .....	11
6. Influence de la date de récolte des graines. ....	16
a) Eléments de contexte. ....	16
b) Matériels & méthode. ....	17
c) Résultats & discussion. ....	17
II. Suivi des cultures. ....	19
1. Introduction.....	19
2. Le semis .....	19
a) Eléments de contexte. ....	19
b) L'étude du SILEBAN .....	20
3. Eléments généraux sur le taux de germination et la croissance en conditions de cultures. ....	21
a) Eléments de contexte. ....	21
b) Matériels & méthodes.....	22
c) Résultats & discussion .....	23
4. Densité de semis.....	25
a) Eléments de contexte .....	25
b) Matériels & méthodes.....	26
c) Résultats & discussion .....	27
5. Date de semis .....	30
a) Eléments de contexte. ....	30

b)	Matériels & méthodes.....	30
c)	Résultats & discussion .....	32
6.	Nature du sol .....	34
a)	Eléments de contexte .....	34
b)	Matériels & méthodes.....	35
c)	Résultats & discussion .....	36
7.	Premiers tests de rendements de cultures.....	37
a)	Eléments de contexte .....	37
b)	Matériels & méthodes.....	38
c)	Résultats et discussion.....	39
8.	Qualité des salicornes cultivées.....	41
a)	Eléments de contexte .....	41
b)	Résultats des analyses lipides et glucides. ....	42
c)	Analyses sur les cendres et profil minéral .....	43
III.	Faisabilité socio-économique d'une culture de salicornes dans le cadre d'une diversification. ....	45
1.	Avant-propos. ....	45
2.	Principaux résultats.....	45
3.	En conclusion .....	47
IV.	Conclusion et perspectives.....	48
	Bibliographie .....	50
	ANNEXES .....	53

## Table des figures.

Figure 1 : Photo aérienne de la zone conchylicole de la Cabanor (Google Earth) .....	5
Figure 2 : Les claires de la CABANOR vu par drone (SMEL) .....	6
Figure 3 : Schéma du remplissage des claires à marée montante (hauteur minimum : 10.5m) (crédit photo : Google Earth) .....	6
Figure 4 : Claire 35 avant, pendant et après le curage (SMEL).....	9
Figure 5 : Travaux sur la claire 32, en janvier 2025 à droite et le résultat début mars après le second passage à gauche (SMEL).....	10
Figure 6 : Tige de salicorne mature et ayant éclos à droite et graines de salicornes à gauche (observations effectuées sous loupe binoculaire). ....	11
Figure 7 : Champs de salicornes le 07 novembre 2023 au moment de la récolte pour la production de graines (@SMEL) .....	12
Figure 8 : Récolte des plants en graines dans la claire 02 (@SMEL) .....	13
Figure 9 : La MiniBatt .....	13
Figure 10 : Stockage des graines avant semis.....	13
Figure 12 : Nombre de graines récoltées par unité de poids. ....	14
Figure 14 : Vent maximal à Heugeville sur Sienne en novembre 2023 (source infoclimat.fr) .....	15
Figure 15 : Températures minimum et maximum à Heugeville sur Sienne en novembre 2024 (source infoclimat.fr) .....	15
Figure 16 : Bacs d'expérimentations le 07 août, peu de temps avant l'arrachage des plants (@SMEL) .....	17
Figure 17 : Croissance et effectif des salicornes par rapport à la date et le lieu de récolte des graines (R 27_10 : 27 octobre 2024, R 04_11 : 04 novembre 2024, R 27_11 : 27 novembre 2024, R 23_12 : 23 décembre 2024, récoltées à la pointe d'Agon. R_Cl02 : claire 02, R_Cl35 : claire 35, récoltées le 07 novembre. En abscisse, à gauche, hauteur moyenne des plants en cm, à droite, l'effectif total par bac. ....	18
Figure 18 : Croissance des salicornes dans différentes configurations en 2024 (en bleu) et 2025 (en orange) .....	23
Figure 19 : Taux de germination moyen par claire. ....	24
Figure 20 : Semis dans la claire 35 (à droite) et pose des voiles de croissance (à gauche) .....	26
Figure 21 : présence d'a minima 10 cm d'eau relevé par les sondes nke STDS 50m lors de la période fevrier – juin 2024. ....	26
Figure 22 : Photos avant (à gauche) et après (à droite) comptage du cadrat (@SMEL) .....	27
Figure 23 : Résultats des 2 comptages de densités effectués en 2024.....	27
Figure 24 : Croissance des salicornes dans les différentes conditions de densité comparé à la croissance dans le milieu naturel, dans le havre de Blainville-sur-Mer .....	29
Figure 25 : Semis dans la claire 35 au 25 mars 2024 (en bleu, semis du 26 janvier 2024, en vert, semis du 21 mars 2024).....	30
Figure 26 : Les semis à différentes dates entre le 21 février et le 18 avril 2025.....	31
Figure 27 : Croissance des salicornes en fonction des dates de semis dans les trois claires en 2025. ....	32
Figure 28 : Densités relevées en août 2025 dans les différentes conditions de semis.....	34
Figure 29 : Schéma de bac de type "tangue + huîtres".....	35
Figure 30 : Croissance et taux de germination des salicornes dans les bacs contenant différents substrats.....	36
Figure 31 : Coupe des salicornes.....	38

Figure 32 : Machine à couper la salicorne .....	38
Figure 33 : bac rempli avec de la tangue de la claire 35 dont une partie est coupée à deux reprises (cliché du 19 août après la seconde coupe) .....	39
Figure 34 : Rendements moyens par densité et par mois de coupe en 2024 .....	39
Figure 35 : Etat de la claire le 07 août 2025, une semaine après la coupe .....	40
Figure 36 : Profil minéral en XRF (exprimé en unités comparatives) .....	44
Figure 37 : Evolution des volumes de salicornes récoltés dans la Manche entre 2015 et 2024... <td>46</td>	46
 Tableau 1 : Récolte des salicornes pour production de graines à la pointe d'Agon .....	12
Tableau 2 : Récolte des salicornes pour production de graines dans les claires .....	12
Tableau 3 : Résultats des différentes récoltes à la pointe d'Agon en 2023 .....	14
Tableau 4 : Résultats des différentes récoltes à la pointe d'Agon en 2024.....	14
Tableau 5 : résultats des récoltes entre différents lieux de récolte.....	14
Tableau 7 : date de semis pour chaque claire.....	31
Tableau 8 : Données de coupe en 2025.....	40
Tableau 9 : Résultats des coupes dans le bac "substrat claire 35". .....	41
Tableau 10 : Résultats des analyses des plants de salicornes par LDM .....	42
Tableau 11 : Teneurs en sels minéraux (Calibration externe – résultats exprimés en ppm et % de matière sèche en équivalent ICPMS). .....	44



## Avant-Propos.

Le projet SALICA (ou SALicornes de la CABANOR) est un projet financé par la région Normandie ayant pour partenariat le SMEL (Synergie Mer et Littoral, identifié comme chef de file), la coopérative de la CABANOR située à Blainville sur Mer, le Comité Régional de la Conchyliculture Normandie Hauts de France (CRC NHdF) et le CNAM-INTECHMER. Ce projet fait suite à deux études que sont « **La culture de salicornes : Point général et évaluation du potentiel des claires ostréicoles de la CABANOR** » (Fermey-Paris & Pien, 2017) et « **REHAB : REHABilitation des claires ostréicoles de la CABANOR** » (Milot & Pien, 2023). Le premier projet était une étude bibliographique ainsi qu'une première prise de contacts avec différents acteurs qui ont permis de montrer l'intérêt d'une culture de salicornes en Normandie sur un modèle existant en Charentes Maritimes où des ostréiculteurs ont mis en culture leurs marais salants depuis 25 ans. Le projet **REHAB** a permis de tester à très petite échelle la possibilité de cultiver des salicornes dans les claires. Cette étude était également l'occasion d'apprécier les débouchés économiques de cette plante dans un contexte de développement local. Ces travaux ont permis de démontrer un potentiel tant technique que commercial autour de cette plante.

**SALICA** propose de passer à l'échelle supérieure que ce soit pour la culture et ses contraintes que pour son modèle socio-économique. D'un point de vue de la culture, là où au cours de REHAB, les cultures étaient effectuées dans des bacs de petites tailles plus ou moins élevées, il est prévu de travailler au niveau du sol sur des surfaces plus importantes dans le cadre de SALICA. Ce qui signifie d'adapter la technicité aux contraintes des claires et d'évaluer les possibilités d'évolution des claires pour assurer une culture de salicornes dans de bonnes conditions. Il propose également de mener une étude socio-économique qui doit apprécier la rentabilité d'une telle culture et d'étudier les différentes options qui s'offrent aux ostréiculteurs sur l'organisation de cette culture.

**SALICA** s'articule autour des trois grands chapitres :

- Préparation des claires et la production de graines
- Suivi des cultures dans différentes conditions.
- Etude socio-économique et réglementaire

## Introduction

Le terme « salicorne » recouvre plusieurs taxons du genre *Salicornia* et genres proches (*Sarcocornia*), appartenant à la famille des Amaranthaceae (anciennement Chénopodiacées). La systématique de ce groupe est réputée complexe, en raison de son polymorphisme morphologique, de son hybridation fréquente et de sa plasticité écologique (Murakeözy et al., 2015). Des analyses phylogénétiques ont mis en évidence une diversité génétique importante sur les côtes atlantiques françaises, dont celles de Normandie (Kadereit et al., 2007).

La salicorne présente des tiges charnues segmentées et des feuilles réduites, caractéristiques d'une adaptation au stress salin. Sa tolérance repose sur des mécanismes physiologiques de succulence, de compartimentation ionique et de synthèse d'osmolytes compatibles (Flowers & Colmer, 2008). Par ailleurs, elle accumule des métabolites secondaires (polyphénols, composés antioxydants) d'intérêt pour l'agroalimentaire et la cosmétique (Barreira et al., 2017).

Dans le département de la Manche, les salicornes colonisent les prés salés et vasières des havres, baies et estuaires. Ces habitats pionniers jouent un rôle essentiel dans la stabilisation des sédiments, le stockage de carbone et la fourniture de ressources alimentaires et de refuges pour l'avifaune migratrice (Adam, 1990). Ils sont reconnus comme habitats d'intérêt communautaire par la directive Habitats (92/43/CEE) (DREAL Normandie, 2015).

L'exploitation de la salicorne, autrefois marginale et à usage familial, a fortement augmenté depuis deux décennies, en particulier pour l'alimentation et la cosmétique (Wikimanche, 2023). Cette intensification pose des risques pour la régénération naturelle des peuplements. Dans la Manche, des arrêtés préfectoraux (2009, modifiés en 2015) réglementent la cueillette (périodes, quotas, zones) pour limiter la pression anthropique (Préfecture de la Manche, 2015).

La culture de la salicorne est considérée comme une culture halophile prometteuse (« seawater agriculture ») et existe déjà dans différentes régions du monde comme en France dans les marais salants de Charentes Maritimes par les ostréiculteurs locaux (APSALIMAC pour Association de Producteurs de Salicorne des Marais Charentais). Toutefois, plusieurs études montrent que certaines espèces, notamment *Salicornia ramosissima*, peuvent accumuler des métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu) dans les tissus, posant des questions de sécurité alimentaire (Sanjosé et al., 2022). Par ailleurs, la présence potentielle de microorganismes pathogènes sur les parties consommées impose une vigilance sanitaire (Marangi et al., 2024).

Les enjeux scientifiques incluent : (i) la clarification taxonomique des populations locales ; (ii) l'évaluation écologique et cartographique des habitats ; (iii) l'amélioration des pratiques culturales (substrats, écotypes adaptés, symbioses microbiennes) ; et (iv) le suivi sanitaire de la chaîne alimentaire (Mesa-Marín et al., 2020 ; Constantin et al., 2023). Sur le plan opérationnel, il apparaît essentiel de renforcer la traçabilité des filières, de développer la culture contrôlée et de maintenir une réglementation adaptative basée sur des suivis écologiques (Préfecture de la Manche, 2015).

En milieu naturel, le cycle de la salicorne est strictement calé sur les dynamiques saisonnières et les contraintes abiotiques caractéristiques de ces milieux, notamment l'inondation périodique par la mer, la salinité fluctuante, et la dynamique sédimentaire.

### *Phase de germination (printemps - mars à mai)*

Les graines de salicornes, dispersées à la fin de l'automne précédent, entrent en dormance hivernale. Au printemps, à partir de mars-avril, la baisse progressive de la salinité superficielle du sol due aux précipitations hivernales et à une moindre évaporation permet la levée de dormance. Cette phase est particulièrement critique : une salinité trop élevée ( $>17$  g/l) inhibe plus ou moins la germination, tandis qu'un substrat temporairement dessalé déclenche une germination massive (Khan & Ungar, 1997). La germination est donc déclenchée dans des zones de haut estran, rarement inondées à marée haute, où la salinité diminue par lessivage.

### *Croissance végétative (fin printemps – début été)*

Une fois la germination assurée, les plantules entrent dans une phase de croissance rapide. Cette phase se déroule entre mai et juillet, période durant laquelle la plante développe sa tige charnue segmentée, adaptée à la rétention d'eau et à la tolérance au sel (succulence). Le développement est favorisé par des températures modérées et un ensoleillement suffisant. Les marées n'atteignent ces zones qu'occasionnellement, ce qui limite le stress salin direct.

### *Floraison et pollinisation (été – juillet à août)*

La floraison intervient à partir de la fin juillet. Les fleurs de salicorne sont très réduites, hermaphrodites et regroupées dans des épis axillaires. L'autopollinisation est fréquente, bien que la pollinisation anémophile (par le vent) soit aussi possible. Cette stratégie reproductive favorise la réussite dans des environnements où les polliniseurs sont rares et les conditions changeantes.

### *Fructification et dissémination (fin été – automne)*

Les fruits, des akènes<sup>1</sup>, arrivent à maturité entre septembre et octobre. La dissémination des graines est facilitée par le dessèchement des tiges et par les marées automnales, souvent en novembre dans les havres de la Manche. Une partie des graines est transportée passivement par l'eau (hydrochorie) vers d'autres zones du marais, assurant la dispersion spatiale. L'autre partie tombe à proximité immédiate, favorisant le renouvellement local des populations.

### *Fin du cycle et sénescence (automne – novembre)*

Les salicornes sont des espèces annuelles : après la dissémination des graines, la plante entre en sénescence. Les tiges brunissent et se dessèchent. Les graines passent l'hiver dans le sol sous forme dormante, jusqu'au prochain cycle au printemps suivant.

<sup>1</sup> Un akène est un fruit sec, indéhiscent (c'est-à-dire qui ne s'ouvre pas spontanément à maturité) contenant une seule graine libre, c'est-à-dire que la graine n'est pas soudée à la paroi du fruit.

Dans le cadre de la culture dans les claires de la CABANOR, le cycle naturel devra être respecté au maximum (cultures en extérieur, influence de la marée...) pour assurer une réussite et une qualité de produits maximales.

**Dans la Manche, les prés salés présentent :**

- Des marées à fort marnage (jusqu'à 12 m), qui modulent la salinité de manière fine selon la topographie,
- Un climat océanique tempéré, avec des hivers doux et des étés modérés, favorables à la germination printanière,
- Une diversité de micro-habitats, allant du haut estran peu inondé (favorable aux salicornes annuelles comme *Salicornia europaea*) aux zones plus basses salées en permanence, où d'autres halophytes dominent.

# I. Préparation des claires et production des graines.

## 1. Présentation des claires utilisées.

Initialement, 3 claires étaient prévues pour les expérimentations. Il s'agissait de

- **la claire 02**, située au nord de la zone. C'est une claire peu étanche dont le sol est composé d'une tangue sablo-vaseuse assez fine, qui peut s'assécher assez rapidement. L'eau a tendance à s'évacuer assez rapidement par percolation à travers le sol. La vitesse de percolation semble être dépendante de la hauteur de la nappe phréatique.
- **la claire 32**, située au sud-ouest de la zone des claires dont le sol est composé de tangue plus classique qui peut rester relativement humide. Cette claire est restée relativement étanche et l'eau s'y évacue difficilement.
- **la claire 35**, située côté sud-est de la zone des claires. La particularité de cette claire est que le sol est composé en grande partie d'argile et de nombreux cailloux. Il semble que l'argile a été ajouté *a posteriori* pour étanchéifier la claire. Cette claire est relativement étanche et l'eau s'y évacue difficilement.



Figure 1 : Photo aérienne de la zone conchylicole de la Cabanor (Google Earth)



Figure 2 : Les claires de la CABANOR vu par drone (SMEL)

## 2. Gestion de l'eau de mer.

Durant le programme REHAB (Madison & Pien, 2023), les cultures de salicornes étaient effectuées dans 9 bacs de 1m<sup>2</sup> de 20cm à 60cm de hauteur avec la tangue provenant d'un milieu extérieur (tangue prélevée au Pont de la Roque à Heugueville-sur-Sienne, Manche). Ces bacs étaient installés dans la claire 32. Pour le projet SALICA, l'objectif était bien de cultiver les salicornes sur le sol de la claire, quel que soit son comportement vis-à-vis de la gestion de l'eau ou de la nature du sol. Pour l'ensemble des claires de la CABANOR, l'eau de mer rentre dans les claires par une vanne reliant la claire au chenal et ressort par cette même vanne. De ce fait, les conditions de remplissage et de vidange d'une claire sont totalement dépendantes du niveau d'eau dans le chenal qui peut être plus ou moins gérable grâce à la vanne reliant le chenal au havre de Blainville sur Mer (cf. Figure 1, ci-dessous).



Figure 3 : Schéma du remplissage des claires à marée montante (hauteur minimum : 10.5m) (crédit photo : Google Earth)

D'une manière générale, la gestion de l'eau dans les claires a été totalement différente en 2024 et en 2025. En 2024, notamment durant la première partie de la culture (février – mai), la principale difficulté était l'évacuation de l'eau dans les deux claires. L'idée de départ était de submerger les cultures une fois par mois lors des grandes vives eaux. Cependant, malgré la fermeture des vannes, avec l'influence de la marée, l'eau de mer pénétrait dans les claires par résurgence de la nappe conjuguée à la marée haute. De plus, l'évacuation de l'eau est rendue difficile naturellement pour trois raisons essentielles :

- Lors de cette période, le chenal était souvent plein d'eau et la vidange était impossible. En effet, l'évacuation du chenal s'effectue par le havre de Blainville, à travers des chenaux qui sont également empruntés par les petits fleuves côtiers qui se jettent dans ce havre. Or, en 2024, ces fleuves côtiers étaient suffisamment importants pour maintenir un niveau d'eau suffisant dans le havre et freiner l'évacuation de l'eau du chenal (cf. Figure 3, page 6).
- En laissant la vanne d'évacuation fermée, le niveau de l'eau dans les claires baissait, l'eau s'évacuant par percolation dans le sol. Mais, en 2024, les claires mettaient souvent une semaine ou plus pour s'assécher. Deux hypothèses sont retenues pour expliquer cette observation :
  - La hauteur de la nappe phréatique peut influencer l'évacuation de l'eau par percolation. En 2024, les claires se vidaient naturellement plus rapidement au printemps qu'en hiver.
  - La nature du sol peut également jouer un rôle important. La claire 02 est composée d'une tangue fine qui finissait, durant l'été 2024, par s'assécher plus rapidement alors que le sol de la claire 35 est un sol argileux, plus imperméable et qui restait le plus souvent humide même après asséchement de la claire.

À la suite de ces observations, il semblait que cet excès d'eau dans les claires était un frein pour la culture de salicornes. Pour pallier ce problème, l'eau était évacuée par une motopompe dès que les conditions étaient réunies (phase descendante des coefficients de marée...), solution possible dans le cadre des expérimentations de ce projet mais pas dans un objectif de production. Une gestion simplifiée de l'eau devra être proposée. Pour cela, en accord avec le comité de pilotage, il est décidé de monter le niveau du sol dans la claire 32 (non utilisée en 2024) à de 20cm à 30cm et vérifier la gestion de l'eau dans ces conditions lors des expérimentations de 2025. En effet, en surélevant le sol de la claire, il se trouvera à une hauteur supérieure à la vanne permettant une évacuation totale et supérieur au niveau moyen de l'eau dans le chenal, même quand l'eau de mer s'évacue difficilement.

En 2025, les conditions se sont avérées totalement différentes et la gestion de l'eau dans les claires également. En effet, l'eau dans les claires comme dans le chenal d'alimentation s'évacuait beaucoup plus rapidement et les claires étaient le plus souvent vides dans les 3 à 5 jours qui suivaient le jour du plus gros coefficient de marée. Les sols des claires étaient très vite asséchés, souvent 1 à 2 jours après l'évacuation de l'eau, ce qui laissait *a minima* une semaine le sol des claires complètement sec. Le manque de précipitation (cf. chapitre 3, page 8) durant l'automne précédent la culture n'a probablement pas suffisamment alimenté la nappe phréatique. Ce déficit hydrique s'est poursuivi pendant le printemps et une partie de l'été et l'eau dans les claires s'évacuait plus facilement par le chenal (qui se vidait plus facilement) et par percolation.

### 3. Données climatiques durant le projet SALICA

Les deux années d'expérimentation dans le cadre de SALICA sont deux années assez distinctes d'un point de vue météorologique (cf. annexe 2), notamment au cours des périodes de croissance. Si, en termes de température, ces deux années ont des moyennes supérieures à la normale (+0.7°C en 2024 et +0.8°C en 2025), les écarts les plus importants ont plutôt eu lieu en hiver (janvier à mars) en 2024 (avant et pendant le semis). Cette donnée est importante pour la levée de semis qui sera d'autant plus importante que les températures sont importantes.

En 2025, les écarts à la normale sont nettement supérieurs à partir d'Avril, soit plutôt durant la période de croissance. De même que pour la germination, une température plus élevée peut être un facteur favorisant la croissance.

De manière globale, les précipitations ont été assez importantes en 2023 (+16% par rapport à la normale) avec un excédent en fin d'année permettant une recharge des nappes phréatiques. L'année 2024 a été globalement proche de la normale (-3%) avec un début d'année légèrement excédentaire et une fin d'année légèrement déficitaire. A contrario, l'année 2025 est du moins jusqu'en septembre, déficitaire (-12%) avec une période « sèche » allant de février à août (juillet excepté). La tendance déficitaire depuis 2024 a probablement contribué à l'abaissement du niveau de la nappe phréatique et donc participé à l'évacuation de l'eau par percolation à travers le sol des claires en 2025.

D'autre part, les précipitations sont importantes lors de la période de germination (cf. chapitre II.2. « Le semis », page 19), elles contribuent à la réussite de la levée de semis qui a besoin d'eau douce ou saumâtre. Or, les semis de 2024 (fin janvier et fin mars) ont pu bénéficier de précipitations fortes à normales, alors que ceux de 2025 (de fin février à mi-avril) ont été effectués dans des conditions de déficits hydriques (cf. annexe 3).

### 4. Préparation des claires.

#### a) Mis en état des claires pour le premier semis (2024).

En l'état d'origine, les claires n'étaient pas exploitables, un nettoyage et un désherbage étaient indispensables avant toute exploitation. Vu le travail à fournir, il a été décidé de faire appel à une entreprise de travaux publics pour effectuer un « raclage » du sol de chaque claire de manière à aplanir le sol et enlever la végétation présente. Dans la demande, il était demandé, dans la mesure du possible, de mettre une pente légère du bord vers le milieu de manière à favoriser l'écoulement de l'eau vers la vanne. Sur conseil des professionnels de la CABANOR, ce travail doit être effectué à l'aide d'une pelleteuse qui intervient du bord de la claire tout en travaillant avec le godet sur le sol.

L'opération a eu lieu entre le 08 janvier et le 10 janvier 2024, soit deux semaines avant le début des expérimentations. L'entrepreneur, n'ayant pas à disposition la pelleteuse de taille suffisante, a utilisé un modèle plus petit, ce qu'il a obligé à descendre dans les claires et

finalement enlever la couche supérieure de la tangue sur plusieurs centimètres (10 à 15 cm), soit beaucoup plus que prévu (cf. Figure 4, page 9).

Le résultat dans la claire 02 est très correct, le nettoyage était très bien fait et la pente était respectée. Mais la vanne d'entrée et de sortie de l'eau vers le chenal était très au-dessus du niveau du sol de la claire (environ 30 cm), empêchant l'évacuation totale de l'eau par la vanne. Dans la claire 35, si le nettoyage était très correct, la pente n'était pas correctement faite avec un creux au milieu de la claire qui faisait une retenue d'eau en permanence. Un canal d'écoulement a été effectué par les agents du SMEL pour faciliter l'évacuation de l'eau par la vanne. Pour la claire 32, la pelleteuse s'est enlisée dans la tangue encore humide. L'entreprise n'a non seulement pas pu travailler mais a endommagé le sol de la claire. **La claire 32 était ainsi inutilisable**, tout au moins la 1<sup>ère</sup> année.



Figure 4 : Claire 35 avant, pendant et après le curage (SMEL)

## b) Entretien des claires entre deux cultures et réaménagement de la claire 32 (2025).

Initialement, il était prévu de conserver les salicornes après la dernière récolte sur une seule claire pour la récolte des graines. Cependant, pour assurer une quantité de graines suffisantes pour les expérimentations de 2025, il a été décidé de conserver les plants de salicornes de deux claires en cultures pour la récolte des graines. Par conséquent, les claires ont continué à être gérées comme pour la culture jusqu'à la récolte des graines en novembre (entrée de l'eau par marées de vives eaux), puis elles ont été remplies d'eau au maximum jusqu'en février, date des nouveaux semis. Au préalable et pour préparer au mieux le sol avant semis, un désherbage manuel est effectué en février.

Pour la claire 32, inutilisable après les travaux de janvier 2024, il est décidé de la rehausser de 20 cm afin d'effectuer des tests de culture de salicornes et expérimenter la gestion de l'eau

avec un sol au-dessus de la vanne d'évacuation (cf. chapitre I.2. « Gestion de l'eau de mer. », page 6). Pour ce faire, il est fait appel à une autre entreprise de travaux publics qui est intervenue une première fois fin janvier 2025 pour y ajouter une vingtaine de centimètres de tangue (conserver par la CABANOR après le curage d'une autre claire). Toutefois, le travail est jugé insatisfaisant pour pouvoir y travailler (sol très irrégulier, pente pas respectée) et cette même entreprise est revenue un mois plus tard pour finaliser le sol de la claire. La claire 32 a ainsi pu être utilisée à partir du mois de mars 2025.



Figure 5 : Travaux sur la claire 32, en janvier 2025 à droite et le résultat début mars après le second passage à gauche (SMEL)

## 5. Préparation des graines.

### a) Généralités

Les graines de *Salicornia europaea* se présentent sous deux formes distinctes : des **grandes graines centrales** et des **petites graines latérales**. Les grandes graines pèsent en moyenne 0,78 mg et mesurent environ 1,8 mm de longueur, tandis que les petites pèsent 0,24 mg pour une longueur de 1,1 mm (Philipupillai & Ungar, 2002). Ce dimorphisme confère des rôles écologiques différenciés : les grandes graines germent plus rapidement (premières émergences dès 11 jours) et tolèrent mieux les fortes salinités, tandis que les petites sont plus dormantes et assurent une **banque de semences persistante** (Wang et al., 2018).

Les graines de *Salicornia* sont disséminées principalement par **barochorie**, c'est-à-dire par simple chute au sol, à proximité immédiate de la plante mère. Cette stratégie conduit à une distribution fortement agrégée des plantules (Khan & Ungar, 1997). Cependant, dans les milieux soumis aux marées, l'**hydrochorie** joue également un rôle : les graines peuvent être déplacées passivement par l'eau sur de courtes distances (Ungar, 1987).

L'anémochorie (dispersion des graines par le vent) est peu efficace chez *Salicornia*, en raison de la faible masse des graines et de l'absence de structures facilitant leur envol. Une **zoochorie passive** (dispersion par les animaux) est aussi envisagée, notamment via les oiseaux d'eau dont les mouvements dans les marais peuvent contribuer à une dissémination ponctuelle des graines (Flowers & Colmer, 2008).

Les graines de salicornes sont petites (environ 0,5 à 1 mm de diamètre) et dépourvues de téguments spécialisés pour la dispersion. Elles sont produites en grand nombre et possèdent une capacité de germination rapide, en particulier chez *Salicornia europaea*, où l'on observe une germination sans réelle dormance dès que les conditions deviennent favorables (Khan & Ungar, 1997).



Figure 6 : Tige de salicorne mature et ayant éclos à droite et graines de salicornes à gauche (observations effectuées sous loupe binoculaire).

## b) La récolte des graines

### Matériels & méthodes

En 2023, afin de débuter une « production », la récolte des graines ne pouvait se faire qu'à partir des plants du milieu naturel. Après demande d'autorisation de prélèvements auprès de la **Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Manche** (DDTM Manche), la phase de fructification était suivie à compter de septembre 2023. L'idée était de récolter juste avant la dissémination mais, durant la nuit du 1<sup>er</sup> au 02 novembre 2024, la tempête **Ciarán** est passée sur le territoire de la Manche avec des vents parfois supérieurs à 150 km/h. Or, en allant sur les champs de salicornes juste après cet événement, il est apparu que les plants de salicornes avaient disséminé une grande partie de leurs graines durant cette période. De fait, le vent violent, en agitant fortement les salicornes aux graines plus ou moins matures, agissait comme un système de battage. Un examen plus approfondi des plants de salicornes permettrait d'estimer le taux d'essaimage à 80 / 90%.

Cependant, une récolte effectuée sur deux jours a permis de ramasser 2750 g de plants en poids frais sur le secteur de la pointe d'Agon (Agon-Coutainville, Manche). La récolte est effectuée à la main, la partie supérieure des plants est coupée avec des ciseaux et le tout est récolté dans des mannes.



Figure 7 : Champs de salicornes le 07 novembre 2023 au moment de la récolte pour la production de graines (@SMEL)

En 2024, en l'absence de tempêtes majeures, il était décidé de récolter les graines à la fois dans le milieu naturel et dans les deux claires en cultures (les cultures ont été laissés en place durant l'automne pour que les plants puissent poursuivre une fructification normale). Dans le milieu naturel, la récolte, toujours sur la pointe d'Agon, s'est échelonnée sur deux mois entre fin octobre et fin novembre. Elle est effectuée de la même manière que l'année précédente.

Date de récolte	Etat des plants	Poids frais récolté (g)
29 octobre 2024	Absence d'essaimage	1200
04 novembre 2024	Absence d'essaimage	1540
13 novembre 2024	Absence d'essaimage	700
18 novembre 2024	Absence d'essaimage	2620
22 novembre 2024	Essaimage partiel	600
27 novembre 2024	Essaimage	100
23 décembre 2024	Essaimage	100

Tableau 1 : Récolte des salicornes pour production de graines à la pointe d'Agon

En revanche, la récolte dans les claires est effectuée avec la machine à récolter début novembre (cf. Figure 8, page 13 ).

Lieu de récolte	Date de récolte	Etat des plants	Poids frais récolté (g)
Claire 02	07 novembre 2024	Absence d'essaimage	7880
Claire 35	08 novembre 2024	Absence d'essaimage	7100

Tableau 2 : Récolte des salicornes pour production de graines dans les claires



Figure 8 : Récolte des plants en graines dans la claire 02 (@SMEL)

Une fois les plants récoltés, ils sont stockés en caissettes ostréicoles, mis à sécher dans le local « chaufferie » du SMEL, milieu sec à la température moyenne de 25°C pendant 2 à 3 jours puis stocker dans un grenier jusqu'en janvier.

Les plants sont ensuite battus pour récupérer les graines. L'opération s'effectue à l'aide d'une MiniBatt (cf. Figure 9, page 13), testé lors du projet REHAB (Mulot, 2023). Ce matériel sert habituellement à prélever les graines de céréales afin d'évaluer la faisabilité d'une récolte. La partie retenue lors du battage est ensuite tamisée sur une maille de 500 µm afin d'éliminer un maximum de résidus de végétaux et garder un maximum de graines.



Figure 9 : La MiniBatt



Figure 10 : Stockage des graines avant semis

Les graines récoltées sont ensuite stockées dans des bidons étanches. Le stockage des graines a été différent en 2024 et en 2025. En 2024, les bidons de graines ont été déposés dans les bureaux du SMELE, au sec mais chauffés. En 2025, et sur avis du SILEBAN, les bidons ont été stockés au froid positif à +4°C.

#### Résultats et discussion.

En 2023, la coupe a eu lieu sur deux jours consécutifs, peu de temps après Ciarán mais a donné des résultats très différents entre les 2 jours de récolte.

Lieu de récolte	Date de récolte	Méthode de récolte	Poids frais récolté (g)	Poids sec échantillon (g)	Pds échantillon après battage et tamisage (g)	nombre de graines récoltées dans échantillon	Nb de graines / g poids sec
Pointe d'Agon	06/11/2023	Manuelle	750	10,34	1,80	3 984	385
Pointe d'Agon	07/11/2023	Manuelle	2000	10,59	1,30	706	67

Tableau 3 : Résultats des différentes récoltes à la pointe d'Agon en 2023

En 2024, dans le milieu naturel (à la pointe d'Agon), les récoltes ont été échelonnées au cours de l'automne afin d'estimer l'incidence de la date de prélèvements des plants sur la quantité de graines récoltées. Les résultats sont présentés dans le tableau 4 et la figure 12

Tableau 4 : Résultats des différentes récoltes à la pointe d'Agon en 2024.

Lieu de récolte	Date de récolte	Méthode de récolte	Poids frais récolté (g)	Poids sec récolté (g)	Pds sec / pds frais	Pds après battage et tamisage (en g)	nombre de graines récoltées	Nb de graines / g poids sec
Pointe d'Agon	29/10/2024	Manuelle	1200	460	38%	36	39 666	86
Pointe d'Agon	04/11/2024	Manuelle	1540	480	31%	32	49 094	102
Pointe d'Agon	13/11/2024	Manuelle	700	640	91%	55	78 982	123
Pointe d'Agon	18/11/2024	Manuelle	2620	600	23%	67	95 178	159
Pointe d'Agon	22/11/2024	Manuelle	600	260	43%	32	71 647	276
Pointe d'Agon	27/11/2024	Manuelle	100	80	80%	11	19 700	246
Pointe d'Agon	23/12/2024	Manuelle	100	80	80%	11	17 632	220

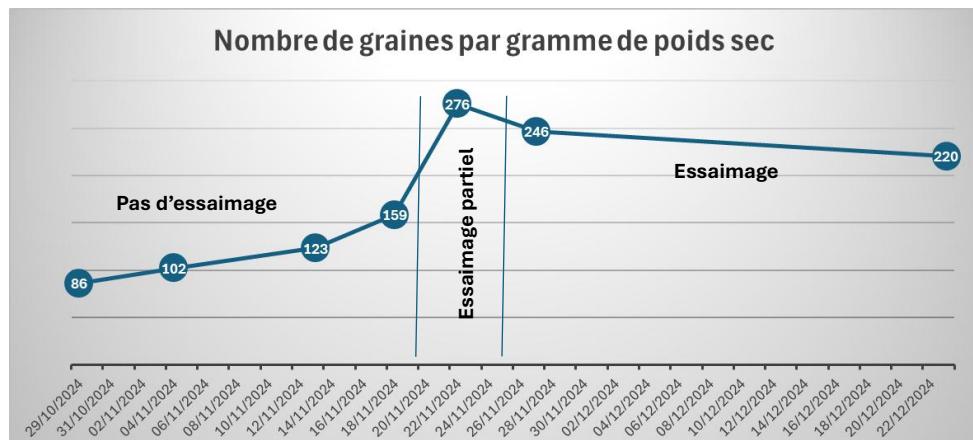


Figure 11 : Nombre de graines récoltées par unité de poids.

En ce qui concerne les claires, les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Lieu de récolte	Date de récolte	Méthode de récolte	Poids frais récolté (g)	Poids sec récolté (g)	Pds sec / pds frais	Pds après battage et tamisage (en g)	nombre de graines récoltées	Nb de graines / g poids sec
Pointe d'Agon	04/11/2024	Manuelle	1540	480	31%	32	49 094	102
Claire 02	07/11/2024	Mécanique	7880	4540	58%	352	573 363	126

Tableau 5 : résultats des récoltes entre différents lieux de récolte

En reprenant les résultats de 2023, il existe une grande différence entre les 2 jours de récolte alors qu'il n'y a que 24 heures de différence. Mais, la récolte des plants matures est effectuée après la tempête Ciaràn, avec un fort vent d'ouest résiduel les jours qui ont suivis. Et visuellement, il était notable que les plants avaient essaïmé durant cette période.

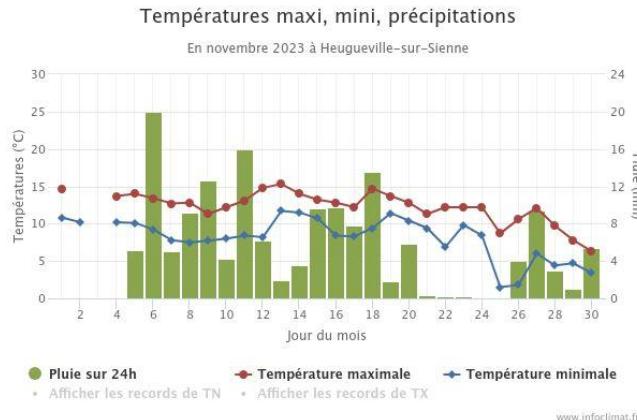


Figure 13 : Températures minimum et maximum à Heugeville sur Sienne en novembre 2023 (source infoclimat.fr)

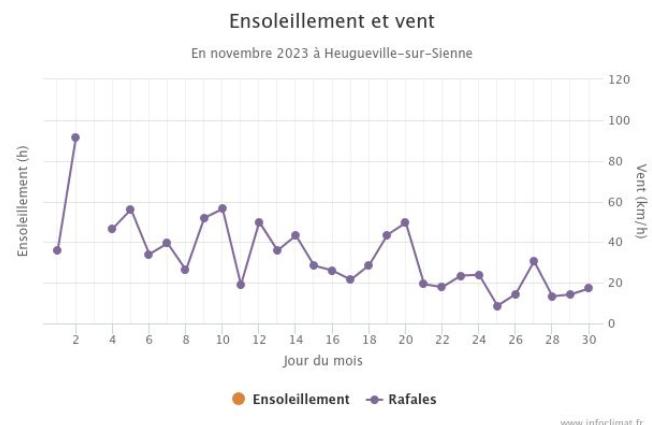


Figure 12 : Vent maximal à Heugeville sur Sienne en novembre 2023 (source infoclimat.fr)

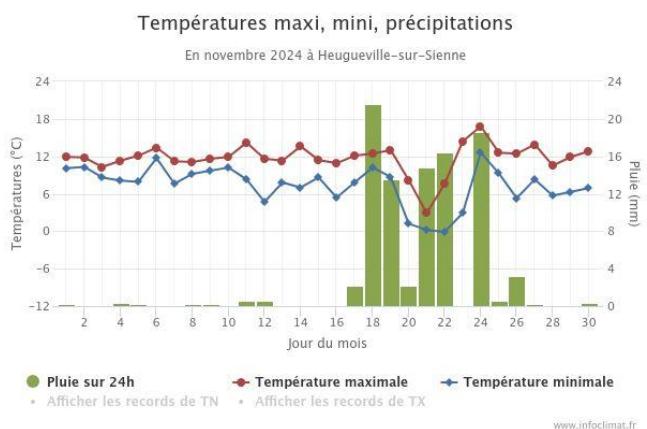


Figure 13 : Températures minimum et maximum à Heugeville sur Sienne en novembre 2024 (source infoclimat.fr)

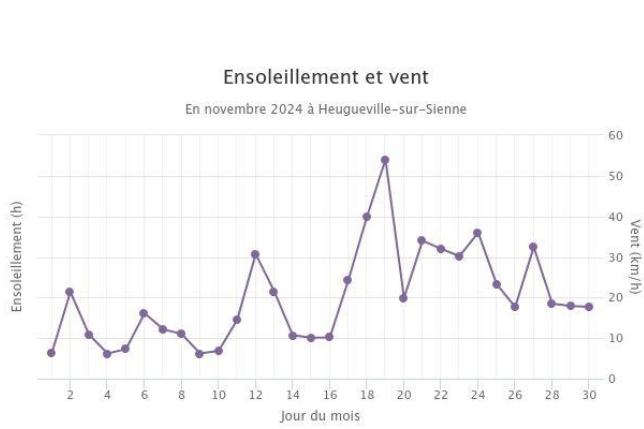


Figure 16 : Vent maximal à Heugeville sur Sienne en novembre 2024 (source infoclimat.fr)

En 2024, les conditions météorologiques ont permis d'effectuer un suivi sur deux mois de récolte de graines. Tout d'abord, les conditions de récolte influencent le poids frais récolté. En fonction de la météo, le poids d'une même quantité de plants récolté peut varier. Le séchage à 25°C pendant 2 à 3 jours permet à la fois de faciliter le battage pour la production de graines mais également de comparer les poids de récolte et ainsi donner un nombre de graines par unité de poids sec. Avec cette référence, on voit que plus la plante est proche d'essaïmer, meilleure est la récolte de graines. Il semblerait même qu'il soit préférable de récolter les graines quand les plants ont essaïmé plutôt que d'anticiper la récolte (cf. figure 12, page 14). Toutefois, il s'agit de résultats sur une seule année et des conclusions définitives ne pourraient être apportées que sur un suivi pluriannuel.

La récolte de plants matures dans les claires cultivées en 2024 donne des résultats légèrement supérieurs à ceux de la nature. Mais, avant toute hypothèse (nature du lieu, méthode de coupe...), cette opération se doit d'être renouvelée et les résultats confirmés.

D'autre part, si on compare les deux années, on note que les résultats de la récolte du 06 novembre 2023 sont bien supérieurs à toutes les récoltes de 2024 (près de 400 graines par gramme de poids sec de plant contre 280 pour la récolte du 22 novembre 2024). Toutefois, cette récolte étant effectuée dans des conditions très particulières et en petite quantité (750 g de poids frais un jour de pluie, pas de poids sec effectué sur le lot entier), ce résultat ne peut être pris comme référence. En 2024, sur le milieu naturel, il est récolté **372 000 graines** pour 6 820g de poids frais (ou 2 600g en poids sec), ce qui représente **310 m<sup>2</sup> de semis** (à 1200 graines par m<sup>2</sup>). Pour les claires, il est récolté **1 308 000 graines** pour près de 15 000g de poids frais (ou 8 700 g de poids sec), soit **1090 m<sup>2</sup> de semis**. Et dans chaque claire, la récolte s'est effectuée sur les parties mises en cultures pour l'expérimentation « Densité » aux résultats variables et pas optimales (chapitre II.4. « Densité de semis », page 25) soit **160 m<sup>2</sup>** au total. Il semble que ces performances soient nettement améliorables en retravaillant sur certains points comme la **date de récolte des plants** et/ou la **méthode de battage**.

## 6. Influence de la date de récolte des graines.

### a) Eléments de contexte.

La levée de semis chez les salicornes est fortement influencée par la date de maturation des graines, laquelle conditionne leur niveau de dormance, ainsi que par les facteurs abiotiques rencontrés après dispersion, notamment la température, la salinité et l'humidité du sol. Plusieurs études ont mis en évidence un lien étroit entre maturation tardive, réduction de la dormance et facilité de germination.

Les graines de *Salicornia europaea* et *S. bigelovii* présentent une dormance primaire qui peut être levée par une période de stratification froide imbibée, généralement à des températures de 3 à 5 °C pendant environ 30 jours (Ungar, 1977). Toutefois, les graines matures collectées plus tardivement en automne sont moins dormantes, ayant déjà été exposées à des conditions hivernales partiellement favorables à la levée de cette dormance (Davy et al., 2001).

La présence de dormance variable selon le type de graine (centrale ou latérale) a également été documentée : les graines centrales, plus grosses, germent plus rapidement et tolèrent mieux la salinité, tandis que les graines latérales, plus petites, conservent une dormance prolongée et participent à la formation de la banque de graines persistantes (Davy et al., 2001).

Les conditions de température et de salinité après la dispersion sont déterminantes pour l'émergence des semis. Chez *S. bigelovii*, la germination peut débuter dès 4,4 °C mais reste lente (Ungar, 1977). Elle s'accélère fortement entre 15 et 26 °C, surtout en salinité modérée (entre 9 et 17,5 g/l), atteignant alors des taux de germination de 80 à 85 % (Khan & Gul, 2006). Au-delà de 35 g/l, le taux de germination diminue significativement (~50 %).

Contrairement à 2023, les récoltes de graines en 2024 ont pu être effectuées sur deux mois (cf. chapitre I.5. « Préparation des graines », page 10), et plus particulièrement autour du mois de novembre. Cependant, les performances de levée de graines peuvent potentiellement différer en fonction de la date de récolte des graines (problématique de maturité des graines au moment de la récolte) et la littérature scientifique semble assez vierge sur ce sujet.

### b) Matériels & méthode.

En janvier 2024, des bacs de 37 cm par 27 cm ( $0.1 \text{ m}^2$ ) sur 25 cm de profondeur ont été remplis avec de la tangue de la claire 02 (claire qui avait donné les meilleurs résultats de croissance en 2024, (cf. chapitre II.3. « Eléments généraux sur le taux de germination et la croissance en conditions de cultures. page 21 ) puis ensemencés le 20 mars avec des graines de différentes récoltes à une densité équivalente de 1 200 graines par  $\text{m}^2$  soit 120 graines par bac. 6 bacs ont été ensemencés avec les graines récoltées les 27 octobre, 04 novembre, 27 novembre et 23 décembre pour le milieu naturel et les graines récoltées dans les claires 02 et 35 début novembre. Les bacs ont été placés sous un voile de croissance jusqu'au 19 mai et l'arrosage est effectué à l'eau de mer (moyenne de salinité : 34,4 mg/l, écart-type :  $\pm 1\text{mg/l}$ ) trois fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi) *ad libitum*, une semaine après le semis.



Figure 14 : Bacs d'expérimentations le 07 août, peu de temps avant l'arrachage des plants (@SMEL)

### c) Résultats & discussion.

Les résultats principaux sont représentés par la Figure 15, page 18.

Les résultats ne montrent pas d'effet de la période de récolte des graines sur la croissance des plants de salicornes. On voit une croissance importante, supérieure aux meilleures croissances relevées dans le milieu naturel (référence pointe d'Agon : 34.2 cm au 19 août. (cf. chapitre II.3. « Eléments généraux sur le taux de germination et la croissance en conditions de cultures. page 21).

En revanche, il semble y avoir un effet sur le taux de germination. Les effectifs les plus importants sont pour les deux récoltes du mois de novembre, sachant que l'essaimage des

graines dans le milieu naturel a eu lieu à la fin de ce mois. Mais ces résultats ne sont transposables aux graines récoltées dans les claires. En effet, les graines ont été récoltées à une date proche du 04 novembre (qui donne les meilleurs résultats dans le milieu naturel) mais donne des résultats similaires à ceux d'octobre ou décembre. Cette différence pourrait s'expliquer par le contexte particulier des claires qui décaleraient le germination et l'essaimage dans ces conditions. La date de l'essaimage « naturelle » dans les claires serait à suivre en parallèle avec celui du milieu naturel.

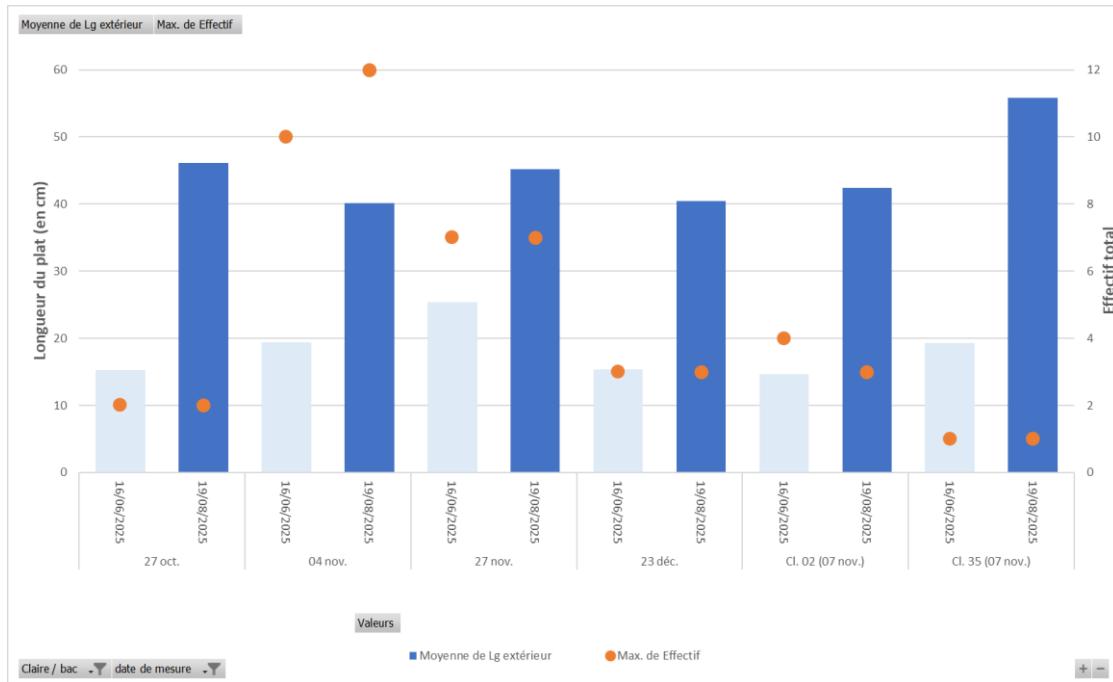


Figure 15 : Croissance et effectif des salicornes par rapport à la date et le lieu de récolte des graines (R 27\_10 : 27 octobre 2024, R 04\_11 : 04 novembre 2024, R 27\_11 : 27 novembre 2024, R 23\_12 : 23 décembre 2024, récoltées à la pointe d'Agon. R\_Cl02 : claire 02, R\_Cl35 : claire 35, récoltées le 07 novembre. En abscisse, à gauche, hauteur moyenne des plants en cm, à droite, l'effectif total par bac.

Cependant, pour obtenir des résultats fiables et reproductibles, cette expérimentation se doit d'être renouvelée selon un protocole approprié. Or, comme vu précédemment, la période printanière a été particulièrement sèche en 2025 et l'arrosage ne s'est fait qu'avec de l'eau salée autour de 34 g/l alors que les expérimentations du SILEBAN (cf. chapitre II.2 : «Le semis», page 19) et la littérature montre qu'une germination est facilitée par de l'eau douce ou saumâtre durant les premiers jours. Les meilleurs résultats donnent un taux de germination de 10% qui correspond à la moyenne du taux de germination dans la claire 02, avec des résultats autour de 7% en 2025 (cf. chapitre II.3 « Eléments généraux sur le taux de germination et la croissance en conditions de cultures. », page 21).

Toutefois, ces premiers résultats, bien que partiels et à confirmer, semblent montrer que la date de récolte est un sujet potentiellement important pour la réussite de la germination et qu'une récolte un peu avant l'essaimage permette une meilleure germination des graines.

## II. Suivi des cultures.

### 1. Introduction.

L'objectif de ces deux années d'expérimentation a été de définir les conditions optimales pour cultiver la salicorne directement dans les claires. Cela implique d'identifier et de maîtriser les paramètres essentiels afin de garantir une production à la fois productive et attractive pour les concessionnaires de ces espaces.

Plusieurs paramètres ont pu être testés directement dans les claires comme la densité de semis, les dates de semis ou tenter une culture de production à l'échelle ½. D'autres tests ont pu être effectués « hors sol », au centre expérimental du SMEL pour tester le semis en fonction de la date de récolte des graines, la nature des sols ou la croissance et densité en fonction de la provenance des graines. Le semis et les conditions d'arrosage avant la levée des plants ont été vu par le SILEBAN qui dispose de la compétence et des installations pour cette phase très particulière.

Cependant, comme évoqué dans le chapitre I.2 « Gestion de l'eau de mer » (page. 5), les conditions de culture ont radicalement différé entre les deux années d'expérimentation, en particulier en ce qui concerne la gestion de l'eau de mer et les conditions climatiques. En 2024, l'eau était abondante, tandis qu'en 2025, une sécheresse marquée a dominé, notamment lors des phases critiques de semis et de croissance. Ces variations ont eu un impact direct et significatif sur les résultats des différentes expérimentations.

Par conséquent, si les résultats donnent le plus souvent des sources de réflexion importante sur la gestion de la culture et des claires, l'absence de répétabilité des conditions d'expérimentations empêche toute conclusion définitive sur la ou les manières de cultiver la salicorne dans les claires de la CABANOR.

### 2. Le semis

#### a) Eléments de contexte.

La germination des graines de salicorne (*Salicornia* spp.) dépend fortement de facteurs abiotiques tels que la profondeur de semis, la température et la salinité. Des semis superficiels favorisent la levée, tandis qu'un enfouissement plus profond réduit le taux de germination. La température influence également ce processus : des températures modérées à élevées (jusqu'à environ 32 °C) améliorent la germination, même en conditions salines (Irwin, 1967). La salinité joue un rôle complexe : des concentrations modérées de NaCl peuvent stimuler la germination, alors que des concentrations élevées l'inhibent (Khan & al, 2000). Les interactions entre température et salinité montrent que des températures plus chaudes peuvent compenser l'effet inhibiteur d'une forte salinité. Ces connaissances sont essentielles pour optimiser la culture de la salicorne dans des milieux salés ou pour des projets de restauration écologique.

Etant équipé d'une serre adaptée pour les expérimentations en milieu contrôlé et ayant une grande expérience sur différents végétaux, ces travaux sur les conditions de germination ont été confiées au **SILEBAN**, station d'expérimentation et de recherche de la filière légumière normande.

### b) L'étude du SILEBAN

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la faculté germinative de la salicorne (*Salicornia* sp.) en conditions contrôlées, en étudiant l'impact de trois facteurs clés : la profondeur de semis, la température et le type d'eau d'irrigation. L'expérimentation visait à identifier les conditions favorables à la levée des graines, afin d'éclairer les pratiques culturales et d'orienter des recherches futures sur cette plante.

Le dispositif expérimental comportait 16 modalités combinant :

- **Profondeur de semis** : en surface (0 cm) ou enterré (2 cm)
- **Température de germination** : 10°C, 15°C, 20°C
- **Type d'eau d'irrigation** : eau douce, eau salée et eau en transition (faiblement salée).

Une modalité supplémentaire dite « bonus » a également été testée. Chaque modalité était reproduite en 4 répétitions, avec 50 graines par parcelle. Les émergences ont été comptées à intervalles réguliers (7, 14, 21, 28 et 35 jours) et la biomasse fraîche devait être mesurée à 35 jours, mais cette étape n'a pas pu être réalisée en raison de la lenteur générale de la germination.

L'expérimentation s'est déroulée en trois essais successifs, implantés à des températures contrôlées : 20°C (29/11/2024), 15°C (30/01/2025) et 10°C (15/04/2025). Un point important : le premier lot de semences a montré une germination très tardive (>3 mois), ce qui a conduit à utiliser un nouveau lot de graines pour les essais suivants, garantissant ainsi la validité des résultats.

Les résultats ont révélé des différences nettes selon les conditions testées.

- **À 20°C** (essai 1), la germination a été très lente. Seule une modalité (M15 : semis en surface, eau douce, autre provenance) a atteint un taux notable, de 15% au bout de 35 jours.
- **À 15°C** (essai 2), la germination s'est accélérée (levée observée dès 2 semaines). La modalité M2 (semis en surface, eau douce) a atteint un taux maximum de 35%. Les semis enterrés à 2 cm (modalité M9) ont montré une germination très faible (<5%).
- **À 10°C** (essai 3), la germination a pris environ 3 semaines. La modalité M1 (semis en surface, eau douce) a obtenu 30% de germination, suivie par la modalité M17 (eau faiblement salée à 0,5%) avec 15%. Les semis soumis à une irrigation en eau douce puis salée (M4) ont affiché un taux très bas (<5%).

L'analyse globale permet de dégager plusieurs conclusions :

- **Profondeur de semis** : semer en surface favorise nettement la germination, alors qu'un enfouissement à 2 cm réduit fortement les chances de levée.

- **Température** : des températures plus basses rallongent la durée nécessaire à la germination, mais n'empêchent pas la levée ; les résultats obtenus à 10°C et 15°C sont comparables en termes de pourcentage final, bien qu'étais dans le temps.
- **Type d'eau d'irrigation** : l'eau douce stimule la germination, contrairement à l'eau salée ou faiblement salée qui réduit sensiblement la faculté germinative.

En raison de la lenteur constatée, la mesure de biomasse fraîche à 35 jours n'a pas pu être réalisée, ce qui limite l'évaluation du développement végétatif à cette étape. Néanmoins, les résultats obtenus apportent un éclairage précieux sur les conditions optimales pour la germination de la salicorne.

Les perspectives ouvertes par cette étude incluent la répétition de l'essai pour confirmer les tendances observées, l'extension à des conditions plus proches du milieu naturel (cycles de pluie, immersion), et l'intégration d'analyses de croissance post-germination. Ces recherches permettraient de mieux comprendre les exigences écophysiologiques de la salicorne et d'optimiser ses conditions de culture pour des applications écologiques et agricoles.

**L'intégralité du rapport est disponible en annexe 1.**

### 3. Eléments généraux sur le taux de germination et la croissance en conditions de cultures.

#### a) Eléments de contexte.

Si de nombreuses études ont examiné l'effet de la salinité, de la nutrition ou du système de culture sur les rendements finaux, la **vitesse de croissance** reste moins documentée. Or, ce paramètre est déterminant pour :

- optimiser la **fenêtre de récolte** des jeunes pousses,
- prévoir le **temps nécessaire** à atteindre un stade commercialisable,
- ajuster la **gestion des intrants** (eau, nutriments),
- modéliser la réponse des plantes à des variations environnementales à court terme.

Chez *S. europaea*, certaines études ont montré que la phase initiale de croissance est rapide, avec un accroissement linéaire de la biomasse pendant plusieurs semaines avant un ralentissement lié à la floraison et à la lignification des tiges (Davy et al., 2023). Des observations sur *S. bigelovii* indiquent également que la vitesse de croissance est maximale au milieu du cycle végétatif, puis diminue à mesure que l'énergie est réallouée à la reproduction (Glenn et al., 1991).

D'autre part, la salicorne présente une forte capacité de germination, mais **très dépendante des conditions de milieu**. Des expériences menées en Baie de Somme sur *Salicornia fragilis* montrent que, dans des conditions optimales (température de 20 à 25 °C, salinité faible et graines fraîches), le taux de germination peut atteindre **80 à 100 %**. Toutefois, ce pourcentage diminue fortement lorsque la salinité du sol augmente ou lorsque les semences sont âgées de plus d'un an, avec des valeurs souvent comprises entre **30 et 60 %** (Langlois, 2000). Ces résultats indiquent que, pour une culture en plein champ, la **réussite de l'implantation**

dépendra avant tout de la qualité des semences et de la gestion de l'humidité et de la salinité du substrat.

Dans ce contexte, les expérimentations présentées visent à apprécier la **vitesse de croissance** de salicornes en conditions « réelles » ainsi que le **taux de germination**, afin de caractériser les conditions de cultures dans les différentes claires testées mais également en fonction des conditions de culture variables d'une année sur l'autre

## b) Matériels & méthodes.

Les résultats seront extraits de différentes expérimentations effectuées dans des conditions comparables au cours des années 2024 et 2025.

**En 2024**, 3 lignes de cultures de 20m x 1m ont été semées le 27 janvier avec des densités de semis différentes (800 graines / m<sup>2</sup>, 1 200 graines / m<sup>2</sup> et 1 600 graines / m<sup>2</sup> (cf. chapitre II.4. « Densité de semis. », page 25), puis une dernière ligne a pu être semée deux mois plus tard, le 21 mars (densité de 1 200 graines / m<sup>2</sup>). Le semis a été effectué « à la volée », les graines mélangées à la sciure de bois, le tout étalé à l'aide d'un tamis de 1 mm (cf. chapitre II.4. « Densité de semis. », page 25). Des voiles de croissance sont installés jusqu'à la mi-mai.

**Les croissances** sont effectuées tous les 15 jours sur des cadrats fixes de 0.33m x 0.33m entre 19 avril et 28 août 2024 à l'aide d'un pied à coulisses connecté à une tablette sur les 4 lignes et dans les deux claires. Parallèlement, des mesures étaient effectuées dans le havre de Blainville-sur-Mer, sur un point précis (49°04.207' N / 1°36.277' O) afin de comparer les croissances en claires avec celle du milieu naturel. Pour cette partie de l'étude, seules trois mesures seront prises en compte, l'une en début de croissance (19 avril 2024), une autre en début de période de coupe (11 juin 2024) et la dernière en fin de période (14 août 2024). **Les densités** ont fait l'objet de 2 comptages, le premier en avril 2024 et le second en juillet 2024. Ils ont été effectués de deux manières différentes. Pour le premier comptage, une photographie était effectuée sur un cadrat de 0.25m<sup>2</sup> puis les plants étaient comptés directement les photos à l'aide d'un logiciel de photos (Image J). L'opération est renouvelée trois fois par ligne soit 12 cadrats par claire. Pour la seconde série, des comptages directs et aléatoires étaient effectués sur des cadrats de 15cm x 15cm, également trois fois par ligne soit 12 comptages par claire. Chaque cadrat était compté deux fois par deux personnes différentes. Le comptage retenu est la moyenne de deux comptages (cf. chapitre II.4. »Densité de semis. », page 25).

**En 2025**, les résultats sont évalués sur trois claires, la claire 32 (surélevée par rapport aux deux autres) ayant pu être ajoutée aux deux utilisées en 2024. Les croissances sont effectuées sur 5 lignes de 4m x 0.8m dont le semis est effectué à 5 dates différentes entre fin février et mi-avril (cf. chapitre II.5. « Date de semis », page 30). Les mesures sont effectuées de la même manière qu'en 2024 tous les 15 jours du 07 mai 2025 au 19 août 2025. Dans le milieu naturel, la pointe d'Agon (49°00.151' N / 1°34.412' O) a été ajoutée sur deux dates en plus du suivi fait dans le havre de Blainville-sur-Mer pour permettre une comparaison de milieu assez différent. En effet, le site de Blainville-sur-Mer est le même qu'en 2024 mais le milieu avait considérablement évolué. Au cours de l'automne de l'hiver 2024-2025, du sable s'est accumulé sur la zone de suivi et de nombreuses plantes halophytes se sont installées à cet endroit alors que la salicorne y était quasiment seule en 2024. Le point de suivi sur la pointe d'Agon est délibérément choisi pour ces conditions maximales de croissance de la salicorne (tangue sablo-vaseuse en grande majorité du temps humide à très humide). Enfin, les croissances des semis faits dans les bacs hors sol

situés au SMEL sont intégrés à la réflexion. Il s'agit de deux bacs de  $0.26\text{m}^2$ , l'un contenant de la tangue de la claire 02, l'autre de la tangue de la claire 35 (deux des claires utilisées) (cf. chapitre II.6. « Nature du sol », page 34). Les semis sont effectués le 20 mars à une densité de 1 200 graines /  $\text{m}^2$ , un voile de croissance est posé jusqu'à la mi-mai. Un arrosage *ad libitum*, permettant une bonne humidification du sol, est effectué trois fois par semaine, chaque lundi, mercredi et vendredi, à l'eau de mer (salinité 34‰,  $\pm 1.5\text{‰}$ ) et a débuté une semaine après le semis.

Pour les densités, une seule mesure a été effectuée début août en utilisant le même protocole que celui utilisé en juillet 2024. Pour les bacs, un comptage total est effectué en fin de cycle.

### c) Résultats & discussion

**Les résultats de croissance** (cf. Figure 16) montrent globalement une différence entre les deux années de suivi. L'année 2024 donne le plus souvent de meilleurs résultats qu'en 2025 dans les trois milieux suivis sur ces deux années. Toutefois, même si le manque d'eau est probablement à l'origine de cette différence, les explications sont différentes entre les claires et le havre de Blainville-sur-Mer. Dans les claires, la différence de croissance entre les deux années s'explique en grande partie par le manque d'eau en 2025 (Chapitre I.2. « Gestion de l'eau de mer.», page 6). Le printemps et l'été 2025 se caractérisent par un déficit hydrique important, ce qui a eu pour conséquence que l'eau de mer provenant de la marée ne restait aussi longtemps dans les claires, percolait par le sol et le sol des claires s'asséchait rapidement. Pour le point de suivi dans le havre de Blainville, le changement de milieu (sol un peu plus élevé et présence de nombreuses autres plantes halophytes) s'ajoute aux manques de précipitations.

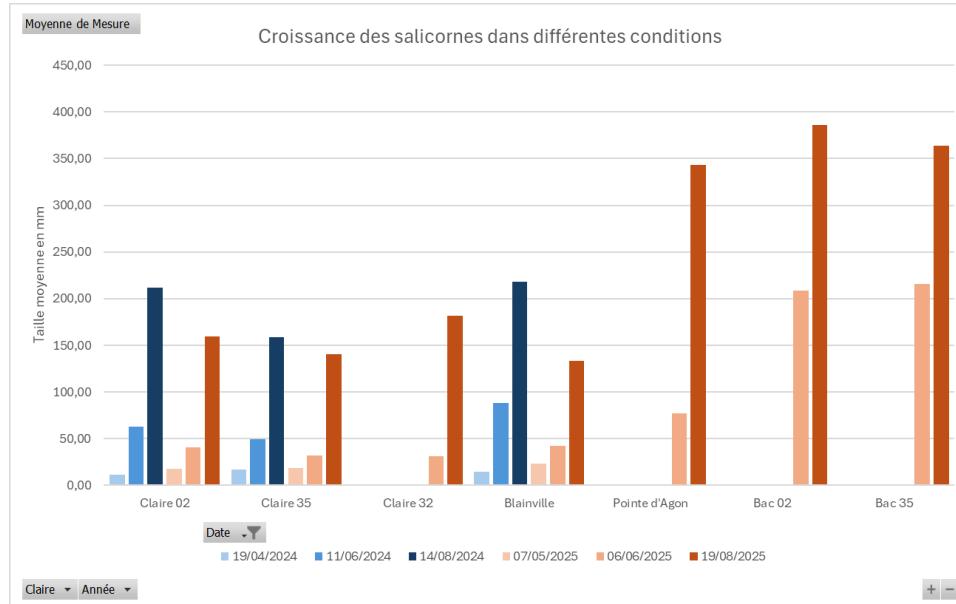


Figure 16 : Croissance des salicornes dans différentes configurations en 2024 (en bleu) et 2025 (en orange)

Concernant les différences de croissance **entre les trois milieux en 2024**, la croissance est plus importante dans la claire 02 comparativement à la claire 35 alors que l'on retrouve des croissances dans la claire 02 sensiblement équivalentes à celles mesurées dans le havre de Blainville-sur-Mer.

**Pour les croissances mesurées en 2025,** la différence observée entre les claires 02 et 35 confirme les résultats de 2024, différence également mesurée dans les bacs de culture hors sol. Cependant, même si ce résultat reste à confirmer, les croissances dans la claire 32 (claire surélevée) sont meilleures que dans les deux autres claires (sol, accès à l'eau, densité...). Mais, les performances de croissance dans les claires sont très éloignées de celles relevées à la pointe d'Agon ou dans les bacs de cultures

Si les croissances sont meilleures dans les trois claires que dans le havre de Blainville-sur-Mer, les changements de conditions à l'endroit précis où étaient effectués les mesures sont la cause de cette baisse de croissance. D'ailleurs, en comparant ce site de Blainville-sur-Mer avec celui de la pointe d'Agon, la différence de croissance est de 2.5 entre les deux sites. La grande différence entre les deux points de suivi est le taux d'humidité du sol entre le havre de Blainville au substrat sableux toujours sec lors des biométries et la pointe d'Agon dont les salicornes poussaient dans un substrat vaseux en casi permanence humide.

C'est dans les bacs de cultures hors sol que l'on retrouve les meilleures croissances. Or, les graines et les substrats sont les mêmes que pour les cultures dans les claires. La différence majeure est la gestion en eau. Les salicornes des bacs ont simplement été arrosées à l'eau de mer trois fois par semaine et les résultats en sont totalement différents. Si une culture hors sol sur une petite surface ( $0.26m^2$ ) est difficilement transposable sur des surfaces de cultures, elles montrent que le principal problème rencontré lors de ces deux années d'expérimentations est la gestion de l'eau. Que ce soit en 2024 et surtout en 2025, les périodes « sèches » (seconde partie de la culture en 2024 et l'ensemble de la culture en 2025 hors périodes de grandes vives eaux) ne permettent pas une bonne croissance. En effet, à la pointe d'Agon, la salicorne a une croissance optimale quand elle poussent sur un substrat sablo-vaseux en casi permanence humide. Il semblerait qu'un **arrosage régulier hors période de submersion des claires** pourrait apporter une amélioration significative de la croissance.

L'autre point important pour une culture est **le taux de germination** qui influe directement sur la densité de salicornes exploitables. La Figure 17 ci-dessous montre les résultats les plus marquants des semis des deux années.

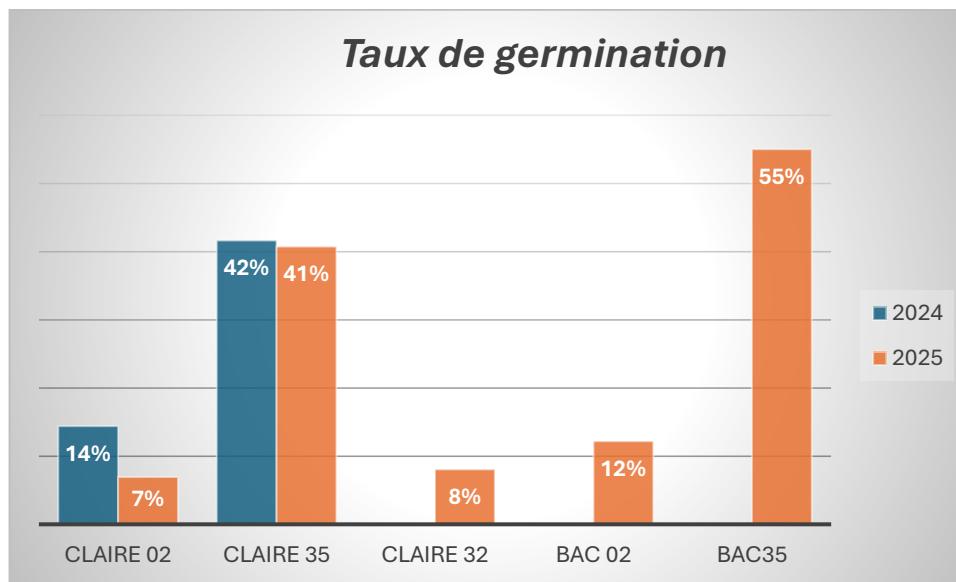


Figure 17 : Taux de germination moyen par claire.

Que ce soit dans les bacs ou directement dans les claires, il existe une nette différence entre les taux de germination issus des expérimentations effectués sur la tangue de la claire 35 donnent de meilleurs résultats qu'avec la tangue des claires 02 et 32. Dans les claires, l'une des explications est le taux d'humidité de la tangue au moment du semis. La tangue de la claire 35 reste beaucoup plus longtemps humide après un remplissage que les deux autres claires. Dans ce cas, l'humidité par les précipitations peut favoriser la germination mais, dans la plupart des cas, les jours suivants les semis étaient plutôt sans pluie (cf. annexe 03).

D'après la littérature et les expérimentations effectuées par le SILEBAN, la réussite d'un semis est très dépendante du taux d'humidité et de la salinité du sol. Il faut que le sol soit bien humide et l'arrosage doit se faire avec une eau d'une salinité inférieure à 18g/l dans les conditions optimales. Or, dans les conditions actuelles des claires, il est compliqué d'assurer ces conditions (forte dépendance de la marée et de la météo générale dans les jours qui suivent le semis). Pour assurer une meilleure qualité de semis, **il faudrait pouvoir contrôler a minima ces paramètres**, ce qui serait possible avec un système d'arrosage avec de l'eau de forage. Mais cette hypothèse reste à vérifier.

## 4. Densité de semis.

### a) Eléments de contexte

La culture en zones littorales et/ou en systèmes irrigués à l'eau de mer, nécessite une optimisation fine des pratiques culturales, parmi lesquelles la **densité de semis** joue un rôle déterminant.

La densité de plantation influence simultanément :

- la compétition inter-individuelle pour la lumière, les nutriments et l'eau saline,
- la morphologie et le développement végétatif,
- la répartition des assimilats entre biomasse végétative et production de graines,
- la qualité des tissus récoltés (teneur en sel, en eau, composition biochimique).

Des travaux antérieurs (Jefferies et al., 1981 ; Ventura et al., 2014 ; Feasibility Study, 2022) montrent que l'augmentation de la densité entraîne généralement une diminution de la production par plante mais, jusqu'à un certain seuil, une augmentation du rendement par unité de surface grâce à un effet de compensation. Ce seuil varie selon l'espèce (*S. europaea*, *S. bigelovii*, *S. persica*), l'écotype, la salinité de l'eau d'irrigation et la date de semis.

Les plages de densité testées dans la littérature vont d'environ **10 à 80 plantes·m<sup>-2</sup>**, avec des optimums situés fréquemment entre 20 et 40 plantes·m<sup>-2</sup> pour la production de biomasse commerciale. Toutefois, ces valeurs ne sont pas directement transposables à tous les contextes pédoclimatiques. En particulier, les conditions locales de la Manche – climat tempéré maritime, salinité variable des eaux disponibles, et risques de submersion – peuvent modifier les réponses des salicornes à la densité.

## b) Matériels & méthodes.

**En 2024**, des semis ont été effectués directement dans les claires 02 et 35 à différentes densités de graines. Par l'expérience acquise au cours du projet du projet REHAB et des informations données par le CAPENA sur les pratiques charentaises, la densité moyenne de graines utilisée en culture semblait se situer autour de 1000 à 1200 graines par m<sup>2</sup>. Pour compléter la connaissance dans le contexte des claires de la CABANOR, 3 densités de semis a été testé. La densité de référence choisie est 1200 graines par m<sup>2</sup> alors que deux autres densités sont testées, l'une à 800 graines par m<sup>2</sup> et l'autre à 1600 graines par m<sup>2</sup>. Les semis ont été effectués le 26 janvier 2024, à la « volée » mélangée à la sciure de bois, à l'aide d'un tamis pour égaliser au mieux l'étalement des graines. Chaque semis a été effectués sur des rangées de 20 mètres par 1 mètre, dans le sens de la claire. Dans le cadre d'une autre expérimentation, des semis similaires ont été effectués le 21 mars 2024 sur une ligne et à une densité de 1200 graines / m<sup>2</sup>. Les voiles de croissance ont été retirés sur l'ensemble des lignes le 15 mai 2024.



Figure 18 : Semis dans la claire 35 (à droite) et pose des voiles de croissance (à gauche)

La gestion de l'eau s'est avérée difficile car dépendant à la fois des marées, de l'emplacement de la claire, de la nature du sol, de la gestion du chenal et probablement de la hauteur de la nappe phréatique. Comme vu dans le chapitre I.2 « Gestion de l'eau de mer.» page 6, les précipitations entre juillet 2023 et février 2024 étaient globalement importants et ont pu recharger les nappes phréatiques ainsi qu'assurer un débit important aux fleuves côtiers. Puis, les précipitations durant le printemps 2024 était autour de la moyenne pluriannuelle. De ce fait, l'eau qui arrivait dans les claires lors de chaque vive eaux (tous les 15 jours) avait, au début de la croissance, beaucoup de difficultés à s'évacuer. A partir du mois de mars, il a été décidé

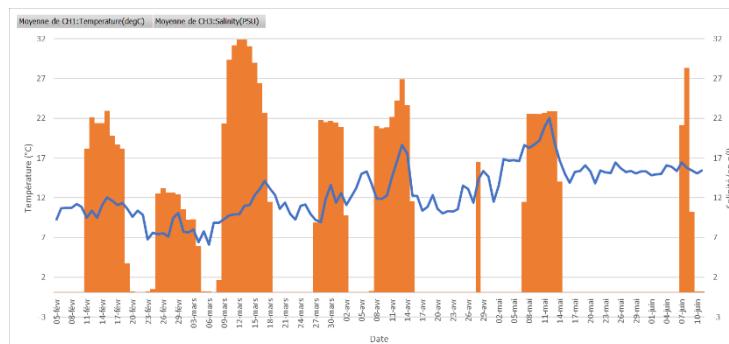


Figure 19 : présence d'a minima 10 cm d'eau relevé par les sondes nke STDS 50m lors de la période fevrier – juin 2024.

d'évacuer l'eau à l'aide d'une motopompe. A partir du mois d'Avril, les temps d'assèche étaient beaucoup plus importants, pouvant aller jusqu'à 3 semaines durant la période estivale.

Deux méthodologies de comptages ont été testées. La première était effectuée dès la sortie des plants, soit à partir du 25 mars 2024. Selon une méthodologie appliquée pour le comptage des palourdes en élevage dans le cadre du projet PARADIS (Blin & al, 2017) et adapté pour les salicornes, les plants étaient photographiés sur un cadrat de 0.25m<sup>2</sup>, puis un comptage est fait à l'aide d'un logiciel de photos (« IMAGE J »). Cette opération est répétée trois fois par condition début avril 2024.

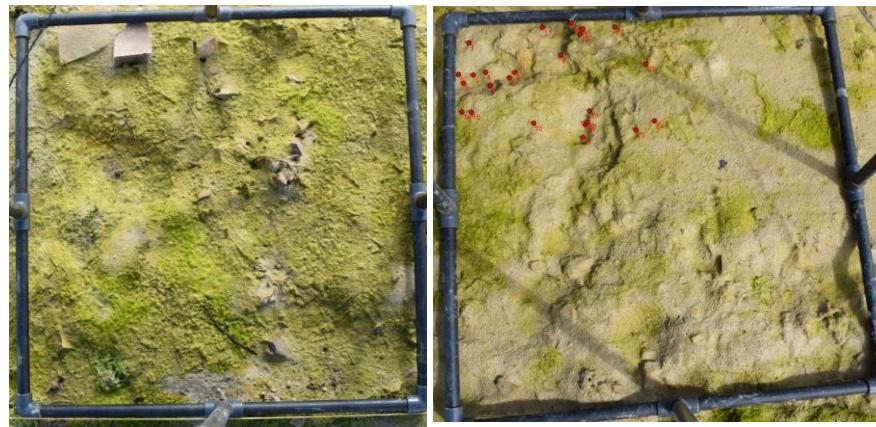


Figure 20 : Photos avant (à gauche) et après (à droite) comptage du cadrat (@SMEL)

La seconde méthode est effectuée plus tard, juste avant les premières coupes le 02 juillet 2024. Les plants de salicornes étaient comptés directement sur un cadrat d'une superficie de 0,0225 m<sup>2</sup> (15 cm x 15 cm), à trois reprises pour chaque condition.

### c) Résultats & discussion

Les résultats de deux comptages sont représentés sur la Figure 21.

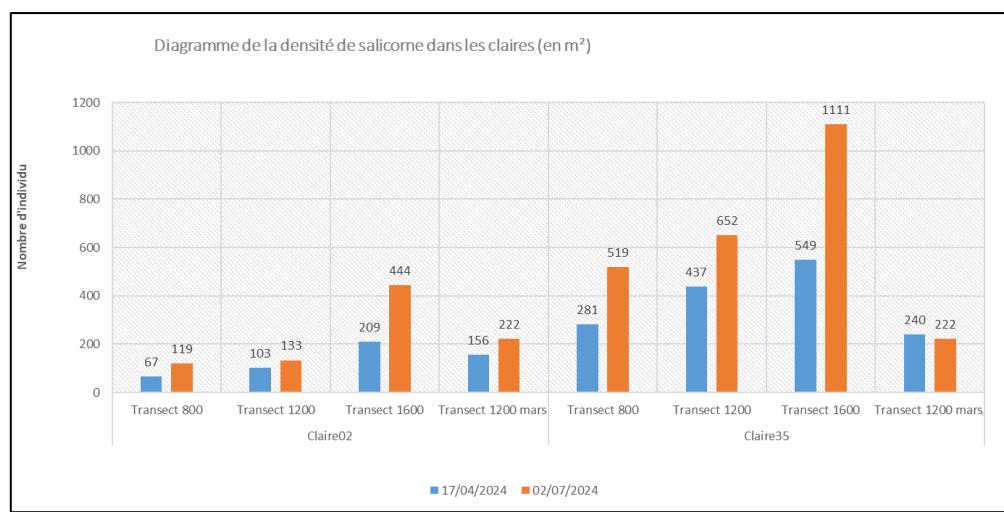


Figure 21 : Résultats des 2 comptages de densités effectués en 2024

Les résultats montrent logiquement des différences entre chaque condition avec des densités plus importantes sur la condition « 1600 graines / m<sup>2</sup> » que pour les autres, résultat observable dans les 2 claires. Il faut simplement noter que la condition à « 1200 graines / m<sup>2</sup> » semée en mars donne des résultats plus faibles que la condition « 800 graines / m<sup>2</sup> » dans la claire 35, ce qui n'est pas le cas dans la claire 02.

D'une manière générale, on voit que le nombre de plants est bien plus importante dans la claire 35 avec un **taux de germination de 52%** alors qu'il est de **18%** dans la claire 02. Ce résultat peut s'expliquer par la différence du taux d'humidité du sol au moment du semis. Même si aucune mesure du taux d'humidité du substrat n'est effectuée au cours de ces deux années de travaux, l'expérience acquise, les travaux du SILEBAN et la littérature indiquent que ce point est très important au moment du semis. Or, la claire 35 avec son sol argileux, retient beaucoup plus l'eau que la claire 02 et le séchage du sol prenait plus de temps. D'ailleurs, en 2024, il a fallu attendre le début de l'été pour avoir un sol relativement sec dans cette claire. Cette humidité résiduelle et constante, notamment au moment des semis, explique en grande partie la différence de résultats entre les 2 claires.

**La croissance** est également suivie dans le cadre de cette expérimentation et les résultats sont présentés sur la Figure 22, Page 29.

Quel que soit les conditions, la croissance est plus importante dans la claire 02 que dans la claire 35. Cependant, il est difficile de conclure que la densité moindre dans la claire 02 favoriserait la croissance des plantes. En effet, comme on a pu le voir précédemment, l'accès à l'eau et la nature du sol sont très différents dans les deux claires et sont des éléments primordiaux pour la croissance.

L'accès à l'eau, à lui seul, peut apporter des éléments de compréhension sur ces résultats. Si l'eau est indispensable pour la croissance des salicornes notamment dans le sédiment, les observations effectuées lors de cette expérimentation ont permis de voir que l'immersion d'un plant ne met pas en péril sa survie mais semble stopper sa croissance. Or, l'eau s'évacue plus facilement dans la claire 02 que dans la claire 35. Et même dans la claire 02, il existe des différences entre les conditions 800 graines / m<sup>2</sup> et 1200 graines / m<sup>2</sup> en mars d'un côté et les deux autres. Or, lors de la réhabilitation des claires, le choix a été fait de mettre une pente légère vers le milieu de la claire pour favoriser l'évacuation de l'eau. Mais, finalement, les deux conditions aux taux de croissance les plus importants se situaient plutôt sur l'extérieur et se retrouvaient plus facilement hors d'eau que les deux autres conditions situées au centre de la claire.

En conclusion, l'analyse met en évidence des écarts significatifs entre la densité de semis et la densité de plants effectivement observée, indiquant que ce paramètre constitue un facteur déterminant dans l'évaluation de la réussite du peuplement végétal. Toutefois, cette variation ne peut être interprétée isolément et doit être corrélée à un ensemble de variables environnementales susceptibles d'influencer la germination et le développement initial des plants. Parmi celles-ci, l'humidité du sol et la nature de l'eau d'irrigation — notamment l'emploi d'eau saumâtre — apparaissent comme des éléments clés. Par ailleurs, la croissance et la vigueur des plants semblent conditionnées par un équilibre hydrique optimal, caractérisé par une humidité du substrat suffisante mais une salinité modérée, liée à la présence partielle d'eau de mer dans la claire.

## SALICA

SALicornes de la CABANOR

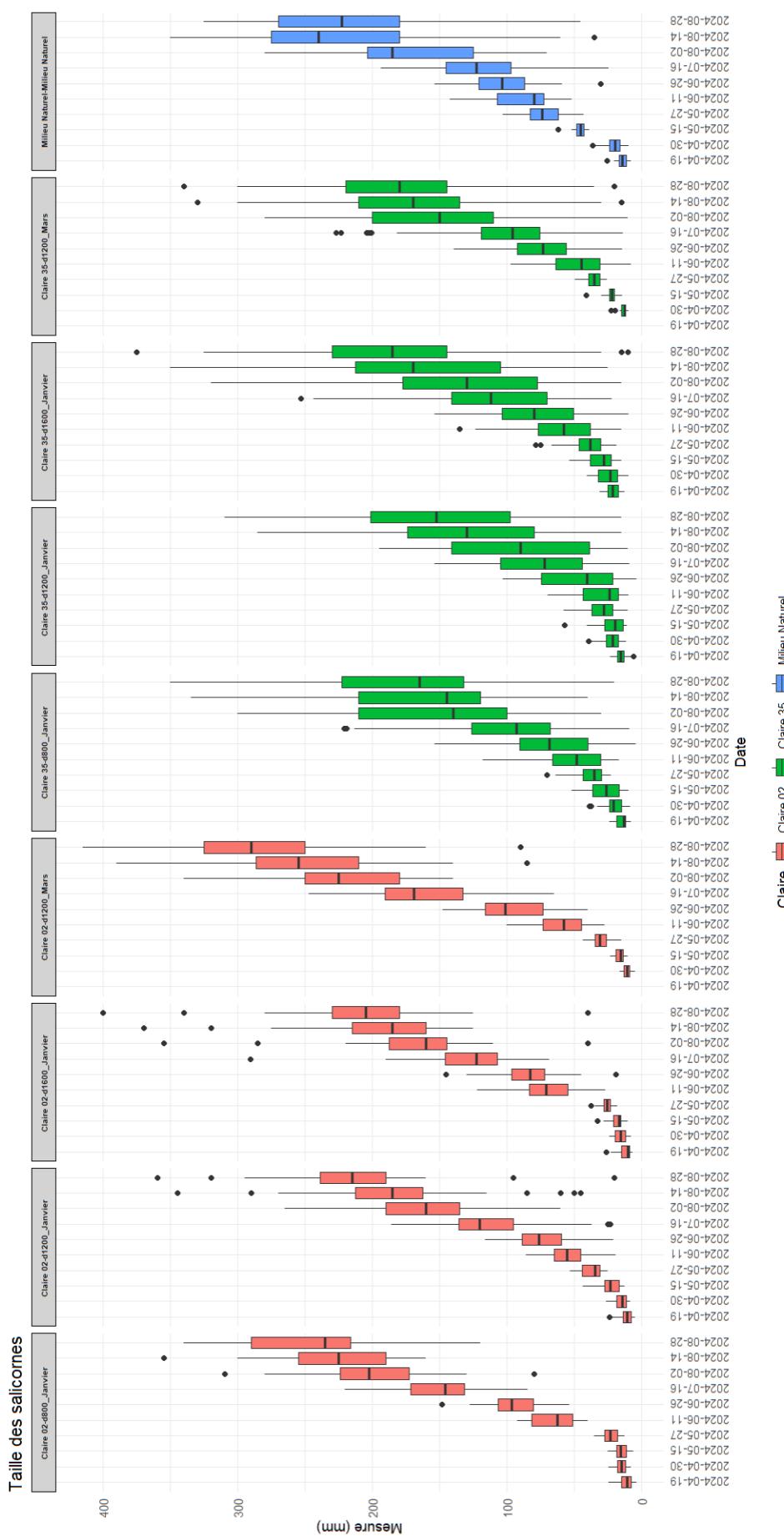


Figure 22 : Croissance des salicornes dans les différentes conditions de densité comparé à la croissance dans le milieu naturel, dans le havre de Blainville-sur-Mer

## 5. Date de semis

### a) Eléments de contexte.

En milieu naturel, les semis ont lieu spontanément à l'automne ; les plantules lèvent avant l'hiver où elles végétent, puis amorcent leur croissance au printemps quand les températures remontent. Par conséquent, il est possible d'opter pour deux solutions, soit en automne, les graines sont semées directement après l'essaimage. Les graines s'installent sur le substrat et restent en dormance durant tout l'hiver pour reprendre leur croissance dès que les conditions le permettent. Cette option n'a pas été retenue car elle oblige à gérer l'apport et le retrait de l'eau de mer durant tout l'hiver. De plus, il est plutôt préconisé de laisser les claires en eau pour éviter l'arrivée d'autres plantes dans la future culture mais également permet d'utiliser les claires comme bassin de stockage pour les huîtres pendant la période de commercialisation.

La seconde option, la plus utilisée en culture, est d'effectuer le semis en fin d'hiver ou au début du printemps. C'est l'option retenue dans le cadre de cette étude.

### b) Matériels & méthodes.

Sur les deux années de suivi, des tests autour de la date de semis ont été menés de manière assez différente.

En 2024, cette expérimentation est menée en parallèle des tests sur la densité de semis (cf. chapitre II.4. « Densité de semis.», page 25). Dans ce cadre, les premiers semis ont été effectués le 26 janvier 2024 sur des surfaces de 20m x 1m dans les deux claires utilisables sur trois densités différentes : 800, 1 200 et 1 600 graines / m<sup>2</sup>. Un second semis a été effectué le 21 mars 2024, sur une densité de 1200 graines / m<sup>2</sup> (cf. Figure 23, ci dessous). Ce semis a été effectué de la même manière que ceux du mois de janvier (cf. chapitre II.4. « Densité de semis.», page 25).

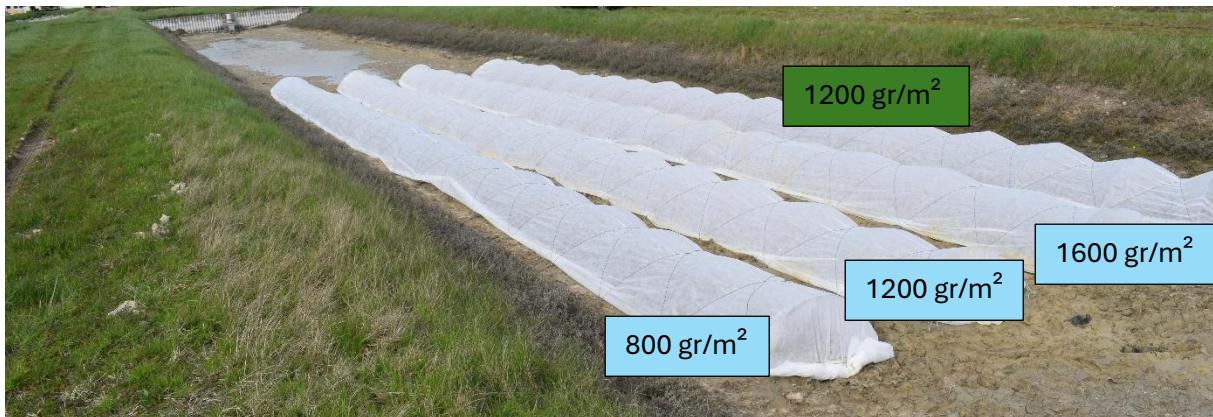


Figure 23 : Semis dans la claire 35 au 25 mars 2024 (en bleu, semis du 26 janvier 2024, en vert, semis du 21 mars 2024)..

Les claires sont ensuite gérées de la même manière en termes d'apports d'eau et les biométries ont été effectuées dans le même temps.

**En 2025**, une expérimentation a été menée plus spécifiquement dans les 3 claires (ajout de la claire 32). Avec des graines issues du milieu naturel (Pointe d'Agon) durant le mois de novembre, plusieurs semis ont été effectuées sur de petites parcelles de 4m x 0.8m, à des dates espacées de 2 semaines (cf. Figure 24 & Tableau 6).



Figure 24 : Les semis à différentes dates entre le 21 février et le 18 avril 2025.

date de semis	Numéro de ligne	Claire 02	Claire 32	Claire 35
21 février 2025	D5	X		X
07 mars 2025	D2	X	X	X
21 mars 2025	D4	X	X	X
04 avril 2025	D3	X	X	X
18 avril 2025	D1	X	X	X

Tableau 6 : date de semis pour chaque claire

Étant donné les résultats de 2024 et de la bibliographie, il est décidé de retarder le premier semis d'un mois qui aura lieu le 21 février, sauf dans la claire 32 qui n'étant pas encore opérationnelle après son rehaussement. Les semis ont été effectués à 1 200 graines / m<sup>2</sup> soit approximativement 3840 graines par ligne de 4m. La procédure de semis utilisée est la même que lors des semis de 2024, les graines sont mélangées à la sciure de bois et semées à l'aide d'un tamis pour homogénéiser au maximum le semis sur l'ensemble de la surface. La croissance est suivie tous les 15 jours à partir du moment où les plants de salicornes atteignaient une taille suffisante (autour de 1cm) d'où des dates de début de mesures différentes en fonction des claires et des dates de semis. La croissance a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse connecté jusqu'au 05 août 2025.

Une mesure de la densité a été effectuée en fin de cycle (05 août 2025) en effectuant un double comptage du nombre de plants sur un cadrat de 15 cm par 15 cm, sur trois cadrats par condition.

## c) Résultats & discussion

### Résultats 2024

Les résultats ont été présentés lors du chapitre précédent sur les Figure 21 et Figure 22 (pages 27 et 29). En termes de croissance, on voit que, malgré un retard de deux mois pour le semis, les salicornes semées en mars ont une taille similaire voire supérieure à celle semées en janvier. Par conséquent, il semble que janvier soit une date trop avancée pour effectuer le semis. De plus, un semis tardif permet de laisser les claires le plus longtemps possible en eau et donc limite le temps de culture. Lors de la saison 2024, il a fallu changer les voiles de croissance en cours de saison. A chaque marée, lors de leur immersion, les voiles se chargent en matières en suspension et au bout de deux mois, ils deviennent opaques et ne laissent plus passer la lumière correctement. En semant plus tard, on évite le changement de voiles de croissance.

Concernant la densité (Figure 21, page 27), les résultats de 2024 donnent des résultats différents dans les deux claires. Dans la claire 02, la densité du semis de mars est légèrement supérieure à celle de janvier, contrairement aux résultats obtenus dans la claire 35. Cependant il est possible que les conditions de la claire (substrat, accessibilité à l'eau...) soient dominantes dans le résultat et sur le taux de germination.

### Résultats 2025

En termes de croissance et de manière générale, on voit qu'elle est toujours supérieure dans la claire 02 comparativement aux deux autres claires ce qui confirme les résultats obtenus précédemment ou au cours d'autres expérimentations (Figure 25 ci-dessous).

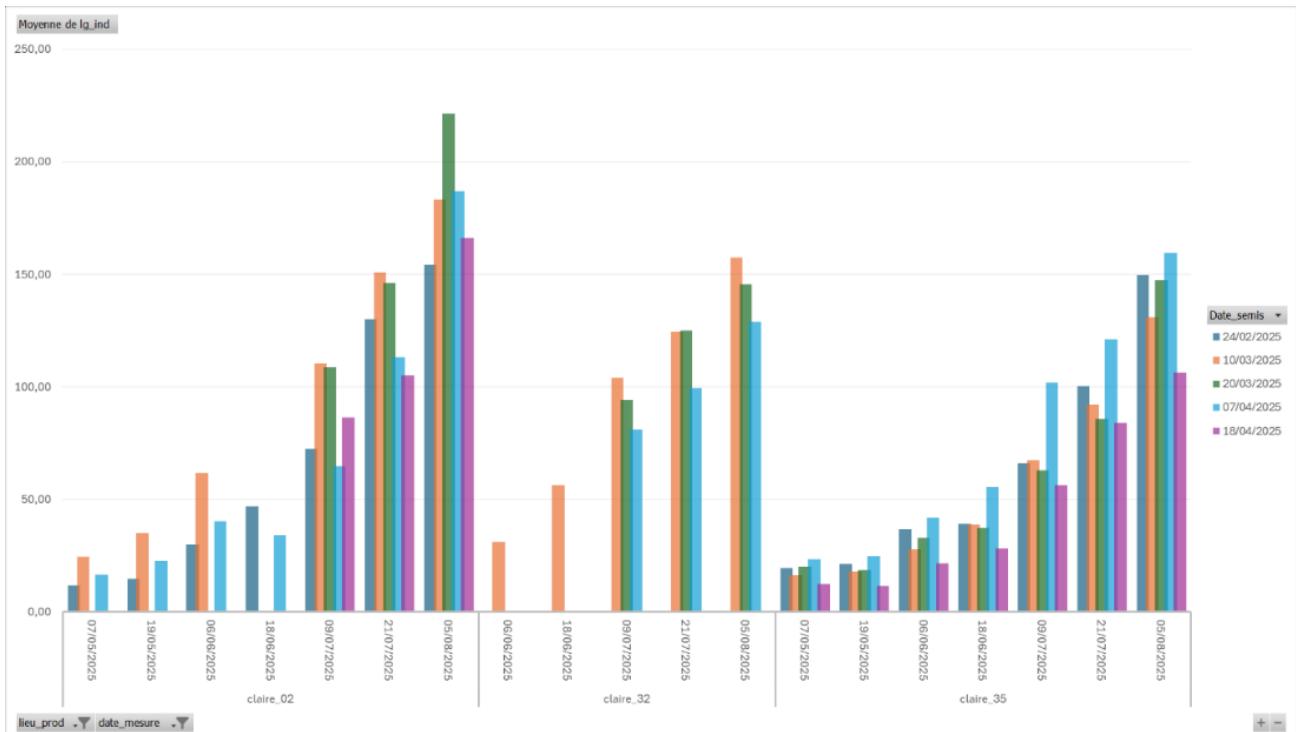


Figure 25 : Croissance des salicornes en fonction des dates de semis dans les trois claires en 2025.

Dans la claire 02, la croissance est plus importante pour les deux semis de mars et le premier d'avril. Dans la claire 35, on retrouve des résultats équivalents pour l'ensemble des semis excepté celui du 18 avril. Pour la claire 32, la croissance est similaire pour les trois semis de mars et début avril. Celui du 18 avril n'a donné aucun résultat.

D'une manière très générale, on voit que la période de semis semble assez large mais se situe de la fin février à début avril. A partir de la mi-avril, les croissances semblent plus faibles et donc, influer à la fois sur la date de récolte (qui sera plus tardive) et sur le rendement final.

Concernant la densité, les résultats sont plus difficilement interprétables (Figure 26, page 34). En prenant en compte simplement les résultats, la claire 35 donne un taux de germination nettement supérieur aux deux autres (16%) mais qui restent très faibles. Dans la littérature, on parle de taux de germination pour des semis en plein champs autour de 50%.

Plusieurs facteurs sont déterminants dans la germination des salicornes comme le taux d'humidité, la salinité de l'eau d'arrosage, un maintien de l'humidité jusqu'aux premiers stades de développement voire tout au long de la croissance du plant (à des degrés divers). Or, en 2025, le printemps s'est caractérisé par une sécheresse très importante jusqu'en juillet (chapitre I.2. « Gestion de l'eau de mer. », page 6), qui explique en grande partie les faibles résultats de germination des plants et, dans une moindre mesure, de la croissance. D'ailleurs, si la claire 35 présente un taux de germination plus important, c'est en grande partie dû à la nature du sol, plus argileux, qui retient l'humidité plus longtemps que les deux autres claires. Pour la claire 32, à la suite des résultats de 2024 sur la gestion de l'eau, il a été décidé de relever le sol de 30 cm environ (cf. chapitre I.1. « Présentation des claires utilisées. », page 5) et ce rehaussement a été effectué juste avant les semis en février 2025. Or, les travaux effectués par INTECHMER dans le cadre du projet REHAB montrent que le sol doit « se reposer » *a minima* deux à trois mois avant un semis, le temps qu'il trouve son équilibre. Un producteur de la région Occitanie (com. personnelle) annonce même une année de repos avant le 1<sup>er</sup> semis.

Par conséquent, cette expérimentation a permis de cerner les dates de semis (qui sont conformes à la littérature) mais les résultats se doivent toutefois d'être confirmés dans des conditions optimales de germination dans les claires de la CABANOR, ce qui implique d'assurer un taux d'humidité permanent quel que soit les conditions climatiques.

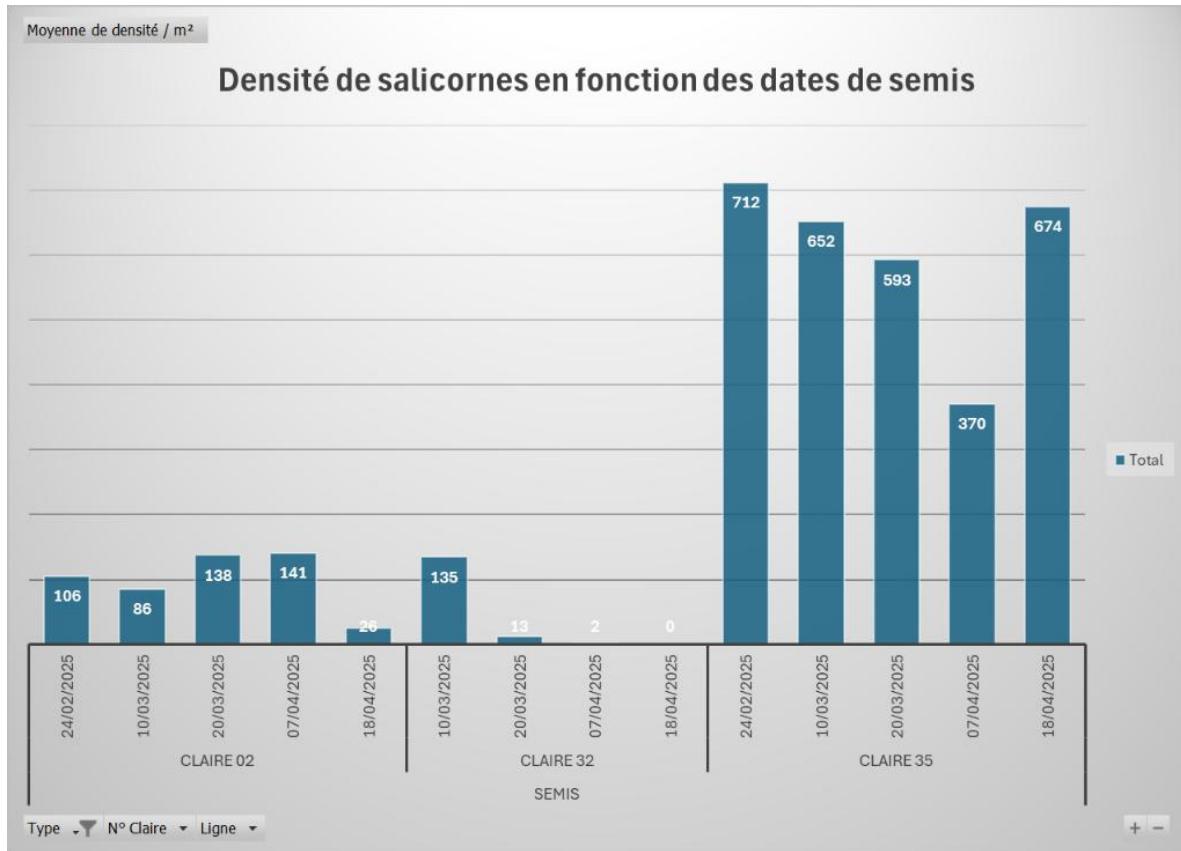


Figure 26 : Densités relevées en août 2025 dans les différentes conditions de semis.

## 6. Nature du sol

### a) Eléments de contexte

La physiologie des salicornes leur permet de tolérer, et souvent de nécessiter, des concentrations en sels dissous que la plupart des plantes cultivées ne supporterait pas (Glenn et al., 1991). Toutefois, au-delà de la seule salinité, la **nature du sol** — texture, structure, capacité de rétention en eau, aération, teneur en matière organique et composition minérale — joue un rôle déterminant dans leur croissance et leur productivité.

Les sols sableux, fréquents en bord de mer, favorisent un drainage rapide et limitent l'accumulation excessive de sels à la surface, mais peuvent restreindre la disponibilité en eau et en nutriments, ce qui ralentit la croissance (Rozema et al., 2022). Les sols limoneux ou argileux, à plus forte capacité de rétention en eau, peuvent au contraire entraîner une salinisation superficielle plus marquée lors de l'évaporation, affectant la germination et le développement des jeunes plants (Flowers & Colmer, 2015). Des études en marais salés ont montré que la microtopographie et la teneur en matière organique influencent fortement la biomasse aérienne de *S. europaea*, via des effets combinés sur l'humidité du sol et la conductivité électrique de la solution du sol (Davy et al., 2001).

Par ailleurs, la nature du substrat conditionne la dynamique d'oxygénation de la rhizosphère. Dans des sols mal drainés, une hypoxie racinaire peut apparaître, modifiant

l'absorption ionique et limitant la croissance (Colmer & Flowers, 2008). À l'inverse, des substrats bien aérés mais retenant suffisamment d'eau peuvent optimiser l'équilibre entre alimentation hydrique et tolérance au sel.

## b) Matériels & méthodes

Plusieurs substrats sont testés au cours de la saison 2025. Les essais ont été effectués dans des bacs de  $0.26\text{m}^2$  (72cm x 36cm sur une hauteur de 27cm) au centre expérimental du SMEL, à l'extérieur, exposés au sud (bénéficiant de l'ensoleillement tout au long de la journée). 7 substrats sont testés :

- ✓ Claire 02
- ✓ Claire 02 + huîtres (cf Figure 27)
- ✓ Claire 32
- ✓ Claire 32 + huîtres (cf Figure 27)
- ✓ Claire 35
- ✓ Pont de la Roque (substrat de référence utilisé dans REHAB)
- ✓ Boues de lavage des huîtres (prélevées à Gouville-sur-Mer)

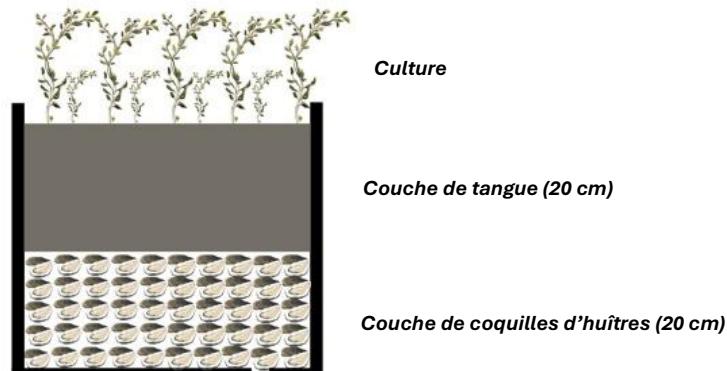


Figure 27 : Schéma de bac de type "tangue + huîtres"

En ce qui concerne les bacs avec des huîtres, des coquilles d'huîtres ont été déposées sur le fond du bac sur une hauteur de 20 cm sur lequel il était ajouté la tangue sur 20 cm (cf. Figure 27). Cette option était choisie pour évaluer la possibilité de surélever les claires par cette méthode ce qui permettrait de minimiser l'apport de tangue dans une claire.

Les bacs ont été préparés 2 mois avant le semis excepté les deux bacs équipés de la tangue de la claire 32 qui ont été fait juste avant le semis (la claire 32 étant prête fin février). Le semis est fait à la volée avec de la sciure de bois avec une densité de 1200 graines /  $\text{m}^2$  soit environ 310 graines par bac. Il est effectué le 20 mars 2025. Un voile de croissance est posé juste après le semis et retiré le 19 mai 2025. Les bacs sont arrosés ad libitum 3 fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi) avec de l'eau de mer ( $34\% \pm 1\%$ ), pour être en adéquation avec les semis des claires. Cet arrosage a débuté le 26 mars 2025, soit une semaine après le semis pour rester dans les conditions des claires pour la germination et donc dépendant des conditions climatiques. Ils ont simplement été arrosé avant le semis. D'autre part, il est considéré que les quantités de pluie étaient les mêmes dans les claires que sur les bacs expérimentaux (Annexe 3).

Les croissances sont effectuées à deux reprises, le 16 juin 2025 et le 19 août 2025 et la densité est effectuée lors de la biométrie du 19 août.

### c) Résultats & discussion

Concernant les croissances, les meilleures performances sont relevées avec les boues de lavages d'huîtres (41,4 cm) mais cette moyenne est déterminée sur 4 individus (1.3% de taux de germination). Ensuite, on retrouve les meilleurs taux de croissance avec les substrats de la claire 02 puis celui de la claire 35 et enfin celui du Pont de la Roque. Ces résultats sont relevés avec des taux de germination plus importants, tout au moins, pour les substrats des claires, soit 12% pour la claire 02 et 56% pour la claire 35. Ces taux de germination sont d'ailleurs sensiblement équivalents à ceux relevés dans les claires contrairement aux taux de croissance. Ensuite, on retrouve des taux de croissance faibles sur le substrat « Claire 02 + Huîtres », 2.3 fois plus faibles que dans le bac « Claire 02 ». Le taux de germination y est également 10 fois plus faibles que dans le bac « Claire 02 ». Enfin, les semis dans les bacs « Claire 32 » et « Claire 32 + huîtres » n'ont donné aucun résultat.

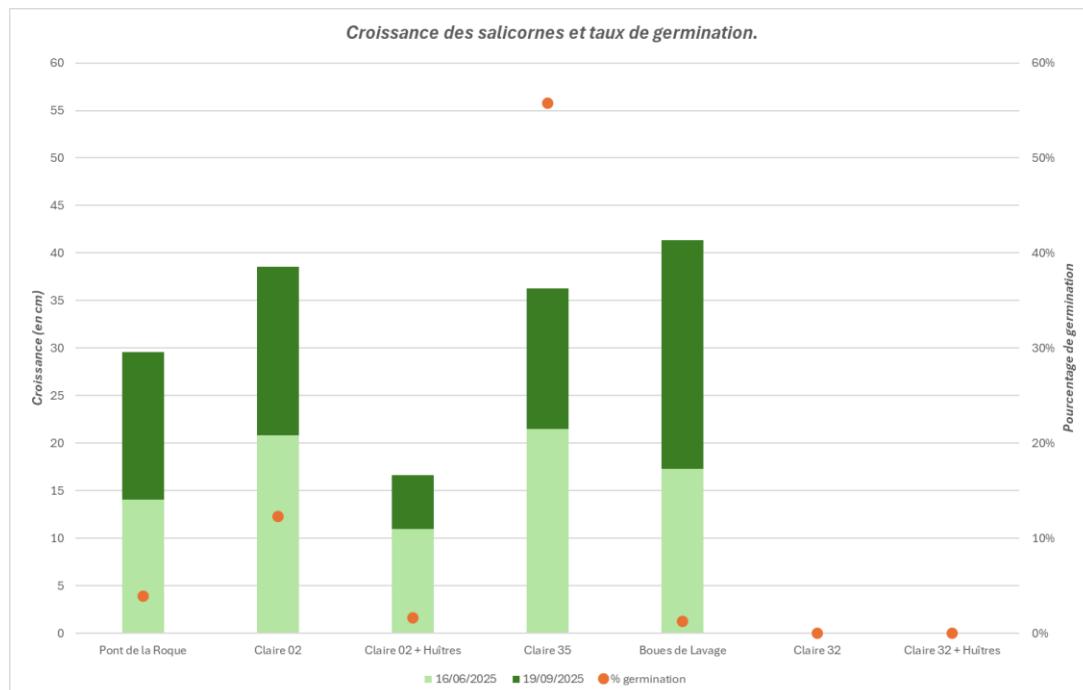


Figure 28 : Croissance et taux de germination des salicornes dans les bacs contenant différents substrats.

D'une manière générale, les conditions de semis n'étaient pas optimales car durant la première semaine, les cumuls de pluie sont très faibles (simplement 5.8 mm le 22 mars,) et les vents sont soutenus et majoritairement d'est. Seul le bac avec du substrat de la claire 35 obtient un taux de germination intéressant avec 56% mais la tangue de cette claire est très riche en argile et retient plus longtemps l'humidité.

D'autre part, les taux de croissance sont très importants avec des longueurs finales équivalentes ou supérieures à celles relevées dans les meilleures conditions en milieu naturel (36.2 cm) (référence Pointe d'Agon, Chapitre II.3. « Eléments généraux sur le taux de germination

et la croissance en conditions de cultures. », page 21). Les conditions de croissance (substrat, gestion de l'eau, exposition à la lumière...) semblent donc optimales. D'ailleurs, la croissance est meilleure avec le substrat de la claire 02 qu'avec celui de la claire 35. Ces résultats se vérifient sur les deux années de suivi dans les claires avec des taux de germination par claire équivalents

Avec le substrat de la claire 32 (avec ou sans huîtres), aucune salicorne n'a poussé. Mais, comme vu précédemment, la tangue de cette claire a été travaillée très peu de temps avec le semis. Ce temps trop court pour permettre à la tangue de trouver son équilibre combiné à des conditions de semis défavorables (cf. ci-dessous) peuvent expliquer ce résultat.

Les résultats du bac « claire 02 + huîtres » sont très en dessous des autres résultats (taux de germination et surtout croissance). Mais, les huîtres apportent un fort effet drainant au substrat et la tangue doit s'assécher beaucoup plus rapidement que dans les bacs sans huîtres. De ce fait, cette sécheresse impacte à la fois la croissance et le taux de germination et expliquer les résultats obtenus.

Cette expérimentation montre que la gestion de l'eau est primordiale dans la croissance des salicornes. Bien maîtrisée, elle permet d'obtenir des croissances équivalentes ou supérieures aux croissances rencontrées dans les meilleures conditions du milieu naturel. Dans ces conditions hors sol, la croissance est plus importante dès les premières semaines avec des longueurs de plants supérieurs à 15 cm dès la mi-juin, ce qui permettrait d'envisager une première coupe entre la mi-mai et début juin. A contrario, l'association huîtres + tangue, envisagée pour réduire la quantité de tangue apportée dans les claires, semble toutefois avoir des effets défavorables. Elle freine la croissance et probablement la germination des salicornes, les huîtres accélérant le drainage et donc l'assèchement de la tangue.

D'autre part, à l'exception du bac avec le substrat de la claire 35, les taux de germination, dans ces bacs d'expérimentation comme dans les claires, sont très faibles (entre 1% et 12%) et doivent être améliorés. Un protocole incluant le maintien d'humidité maximale avec de l'eau saumâtre (inférieur à 20‰) dans le substrat durant les premières semaines est essentiel. Ce genre d'expérimentation devra être renouvelée pour tenter d'uniformiser le taux de germination entre les différents substrats et éviter l'effet densité sur les taux de croissance.

## 7. Premiers tests de rendements de cultures

### a) Eléments de contexte

Les espèces du genre *Salicornia* présentent un fort potentiel comme cultures halophytes, particulièrement dans les zones côtières et arides. Les rendements dépendent fortement des conditions environnementales, de la salinité, du type de sol et de la gestion culturale.

Selon la littérature, les rendements en matière fraîche se situent généralement entre **8 et 15 tonnes par hectare par an (800g à 1500g par m<sup>2</sup>)**, avec des pics pouvant atteindre **20 tonnes/ha (2 000g par m<sup>2</sup>)** dans des systèmes intensifs irrigués à l'eau de mer (Glenn et al., 1991 ; Ventura et al., 2011). En conditions extensives ou semi-naturelles, les valeurs observées sont plus basses, typiquement **4 à 8 tonnes/ha/an** (Rozema & Schat, 2013). Pour les cultures en marais salants en Charentes Maritimes, la production serait **autour 2 000g / m<sup>2</sup>**, (Berdou, A., 2025)

Ces données confirment le potentiel des salicornes comme composante d'une agriculture durable adaptée aux contraintes climatiques et hydriques contemporaines.

## b) Matériels & méthodes.

En 2024, les premières estimations de rendement de cultures sont effectuées sur la base des semis effectués pour l'influence de la densité de semis sur la culture (chapitre II.4. Densité de semis. », page 25). Pour rappel, dans chacune de deux claires, trois bandes de 20m x 1m sont semées le 27 janvier 2024 selon trois densités de semis différentes (800 graines/m<sup>2</sup>, 1200 graines/m<sup>2</sup>, 1600 graines/m<sup>2</sup>) puis une quatrième bande de même taille est semée le 21 mars 2024 à 1200 graines/m<sup>2</sup>. Après plusieurs semaines de croissance, une première coupe a lieu les 16 et 17 juillet 2024 puis une seconde est effectuée le 14 août 2024. La coupe est effectuée à l'aide d'une machine conçue par les agents techniques du SMEL, inspirée de la machine à couper le thé, machine utilisée pour couper la salicorne dans les marais charentais (cf. Figure 30).

Chaque coupe est effectuée sur une longueur de 3m (soit 3m<sup>2</sup>). Les salicornes coupées sont récupérées dans le sac prévu sur la machine puis pesées en poids frais.



Figure 29 : Coupe des salicornes



Figure 30 : Machine à couper la salicorne

En 2025, des semis ont été effectués spécifiquement pour évaluer la rentabilité d'une culture en claire. Sur les trois claires, des semis ont été effectués le 21 mars 2025 sur 4 bandes de 12m x 0.8m (9,6 m<sup>2</sup>), semis effectué à une densité de 1200 graines / m<sup>2</sup> semé à la volée avec de la sciure de bois. À la suite de ces semis, des voiles de croissance sont installés puis retirés le 19 mai 2025. L'arrosage est effectué uniquement par les marées et les précipitations. Pour les marées, la vanne d'entrée du chenal est restée ouverte durant toute la période de pousse pour laisser l'eau de mer entrer et sortir du chenal en fonction du rythme des marées ce qui pour incidence de voir l'eau entrer dans les claires à chaque vive-eau, avec plus ou moins d'amplitude et de temps. L'idée était de reproduire au maximum l'influence de la marée subie dans le milieu naturel. Une coupe est faite sur deux lignes de la claire 35 le 22 juillet 2025 de la même manière que celle effectuée en 2024.

En parallèle, dans un bac semé au SMEL pour évaluer l'influence du sol sur la production, en l'occurrence celui de la claire 35, une moitié de la surface (30cm x 35 cm) de cette jardinière a subi une double coupe à 6 cm, au ciseau les 27 juillet et 26 août 2025 (cf. Figure 31, page 39).



Figure 31 : bac rempli avec de la tangue de la claire 35 dont une partie est coupée à deux reprises (cliché du 19 août après la seconde coupe)

### c) Résultats et discussion

Les résultats des coupes de 2024 sont représentés sur la Figure 32 ci-dessous.

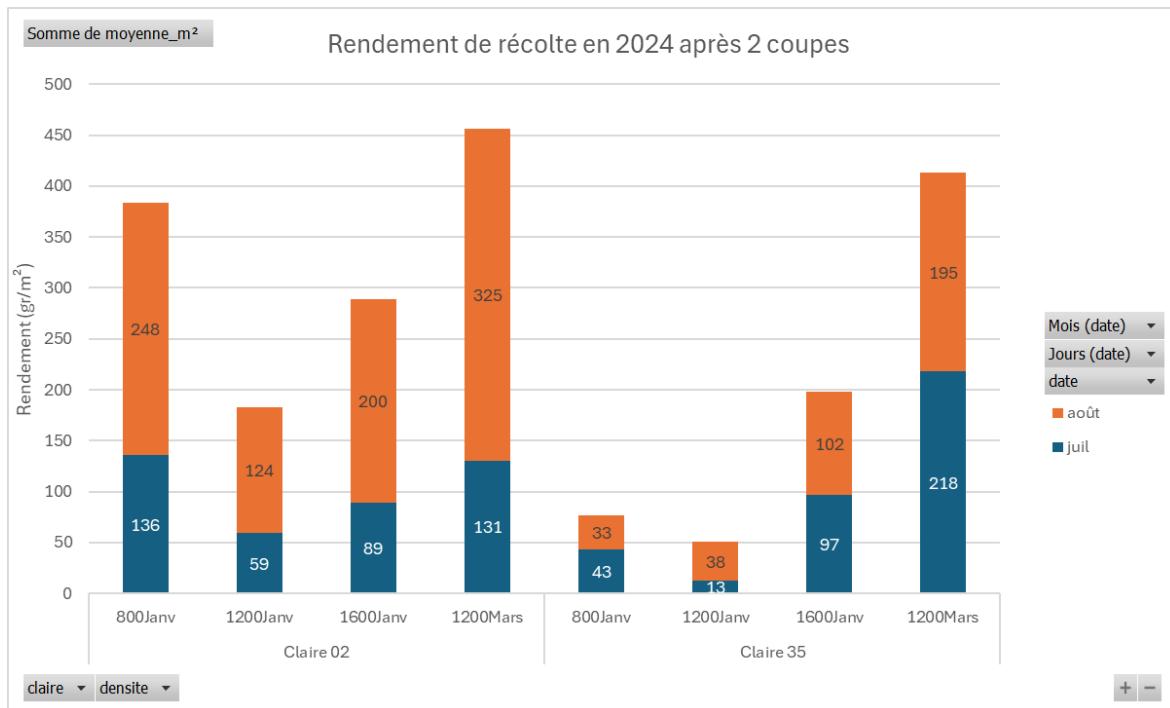


Figure 32 : Rendements moyens par densité et par mois de coupe en 2024

Les rendements sont meilleurs dans la claire 02 que dans la claire 35, malgré un taux de germination supérieur. La croissance semble contribuer de manière plus importante au rendement de la récolte. D'ailleurs, dans la claire 02, les rendements sont meilleurs en août qu'en juillet après simplement un mois de croissance. Dans des conditions correctes, la coupe n'est donc pas un frein à la croissance voire permet une meilleure repousse du plant.

En 2025, comme vu par ailleurs, le manque général d'eau durant la phase de levée de semis puis durant la phase de pousse ont fortement altéré la levée et la croissance des salicornes dans les trois claires en cultures (cf. Figure 33 ci dessous). Cependant, dans la claire 35, sur deux lignes, la densité et la croissance fut jugée suffisante pour effectuer une coupe le 22 juillet 2025. Une seconde coupe n'a pu être effectuée compte tenu de la date très tardive de la première coupe

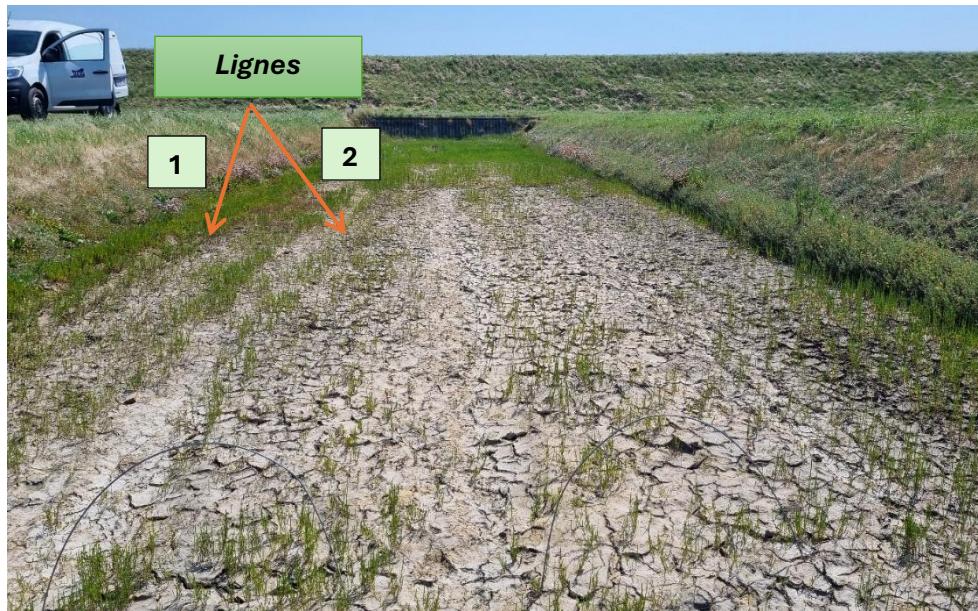


Figure 33 : Etat de la claire le 07 août 2025, une semaine après la coupe

mais également de l'état des plants. En effet, il n'a pas été observée de repousse à la suite de la coupe comme l'année précédente.

Les résultats de la récolte dans la claire 35 sont présentés sur le Tableau 7

Coupe	Ligne 1	Ligne 2
Linéaire collecté (m)	12	12
Pds frais récolté (g)	4480	880
Rendement (g/m <sup>2</sup> )	467	92
<b>Echantillon</b>		
Poids frais échantillon (g)	82,74	76,52
Poids sec échantillon (g)	9,94	8,62
% Poids sec	12%	11%

Tableau 7 : Données de coupe en 2025

Il existe une grande disparité entre les 2 lignes avec la ligne 1 qui donne des résultats proches des rendements de 2024. Mais, sur la ligne 2, les rendements sont nettement inférieurs (divisés par 5).

Dans le bac « hors-sol », les résultats sont totalement différents et donnent un rendement 10 fois supérieur aux meilleurs rendements des claires. Cependant, ce résultat est purement indicatif et ne peut être retranscrit pour les claires. Toutefois, il informe sur les conditions maximales de pousse pour les salicornes. En effet, si le substrat et les graines avaient la même origine, la grande différence entre les deux conditions de culture réside dans le rythme d'arrosage. Là où dans les claires, « l'arrosage » ne venait que par les marées de vives eaux, le plus souvent par submersion durant quelques jours et étaient à sec le reste du temps, les bacs étaient arrosés à l'eau de mer trois fois par semaine et ne subissaient aucune submersion.

Date	poids (kg)	surface (m <sup>2</sup> )	Rdt (g/m <sup>2</sup> )
27-juin	407	0,105	3876
26-août	79	0,105	750
<b>TOTAL</b>	<b>486</b>	<b>0,105</b>	<b>4626</b>

Tableau 8 : Résultats des coupes dans le bac "substrat claire 35".

L'objectif minimal sur lequel sont inscrites les hypothèses de travail, notamment pour l'étude économique (Berdou, A., 2025) est de 400 kg par claire, soit 800 g/m<sup>2</sup>. Or, au cours de ces deux années, les meilleurs rendements atteignent la moitié de cet objectif. Toutefois, pour améliorer ces rendements et potentiellement atteindre cet objectif, l'une des clés semble être la maîtrise de la gestion de l'eau de mer et saumâtre dans les claires. Si l'immersion des claires ne nuit pas à la survie des salicornes, il semble qu'il faille limiter cette immersion dans le temps car cela empêche la croissance des salicornes ou provoque une pousse de la tige principale (moins intéressant commercialement) permettant à la plante de sortir de l'eau. D'où la nécessité de remonter le niveau des claires pour permettre une évacuation de l'eau par le chenal plus facilement. Lors des périodes à sec, une croissance sera optimale si la tangue reste plutôt humide avec un taux d'humidité du sol à déterminer et à suivre ce qui implique un arrosage régulier à l'eau de mer ou saumâtre entre les marées de vives eaux.

## 8. Qualité des salicornes cultivées.

### a) Eléments de contexte

La salicorne présente une composition chimique particulièrement riche, ce qui en fait une ressource d'intérêt nutritionnel et pharmaceutique.

Elle se distingue par une teneur notable en **protéines**, comprise entre 14 et 17 % de la matière sèche soit **0.67g / 100g de matière fraîche** selon l'ANSES (CIQUAL 2017), dépendant des espèces et des conditions de culture (Hour et al., 2023). La teneur en matières grasses reste faible, généralement entre 1 et 4 % ou **0.24 g / 100g de matière fraîche de lipides** (CIQUAL 2017),

tandis que la plante contient une proportion importante de fibres alimentaires, pouvant atteindre 33 g pour 100 g de poudre de plante sèche (Marisma Biomed, 2024).

La salicorne est particulièrement riche en minéraux. Les analyses montrent des concentrations élevées en sodium (~1 200 mg/100 g), potassium (~740 mg/100 g), calcium (~160 mg/100 g) et magnésium (~52 mg/100 g) dans *Salicornia herbacea* (Lee et al., 2022). Ces teneurs varient selon la salinité du sol et les parties de la plante étudiées (tiges, racines ou jeunes pousses). De plus, la salicorne contient des quantités significatives de fer, zinc et cuivre, contribuant à son intérêt micronutritionnel (Lee et al., 2022).

Les protéines de la salicorne renferment la majorité des acides aminés essentiels, notamment l'isoleucine, la leucine, la lysine et la valine. Une étude menée sur *Salicornia bigelovii* a identifié huit acides aminés essentiels parmi les seize présents dans les différentes parties de la plante (Wu et al., 2014). Ces protéines présentent ainsi un profil équilibré, compatible avec une utilisation dans les régimes à base végétale.

Outre ses qualités nutritionnelles, la salicorne contient une grande variété de composés phénoliques et flavonoïdes, tels que l'acide chlorogénique, l'acide caféïque, l'acide férulique et des dérivés de l'isohamrnetine (Kang et al., 2022). Ces composés contribuent à une activité antioxydante élevée, qui confère à la plante un potentiel protecteur contre le stress oxydatif et certaines maladies métaboliques. On y retrouve également des vitamines C, E et β-carotène, ainsi que des saponines et stérols, aux effets biologiques potentiellement bénéfiques (Lee et al., 2022).

Cependant, la composition chimique de la salicorne dépend fortement des conditions environnementales. Une salinité modérée favorise l'accumulation de polyphénols et de composés antioxydants (Ventura et al., 2020). Par ailleurs, le mode de séchage influence la stabilité des métabolites secondaires : la lyophilisation conserve mieux les composés phénoliques et l'activité antioxydante que le séchage à l'air chaud (Ahn et al., 2021).

## b) Résultats des analyses lipides et glucides.

En 2024, des analyses ont été commandées au laboratoire LDM (Laboratoire Développement Méditerranée) sur principalement les teneurs en protéines et lipides contenus dans les plants récoltés dans les cultures des claires 02 et 35, et comparées aux plants du milieu naturel récoltés à Blainville sur Mer et à la pointe d'Agon. Les résultats sont présentés sur le tableau 10 ci-dessous (détails en annexe 04).

Lieu de récolte	Lipides (g/100g)	Protéines (g/100g)
Claire 02	0,26	1,20
Claire 35	0,27	1,30
Blainville / Mer	0,26	1,30
Pointe d'Agon	0,32	1,18

Tableau 9 : Résultats des analyses des plants de salicornes par LDM

Les résultats sur les taux de lipides et glucides ne montrent aucune différence entre les salicornes cultivées et celles récoltées à proximité dans le havre de Blainville-sur-Mer. Cependant, il existe une différence avec celles récoltées à la pointe d'Agon où elles seraient un peu plus riches en lipides mais plus pauvres en glucides. D'autre part, le taux de lipides relevés dans les salicornes cultivés dans les claires correspond à celui relevé dans la littérature. Par contre, il est plus élevé pour le taux de protéines dans les salicornes de la CABANOR et du milieu naturel. Mais, cette différence peut s'expliquer aussi par la méthode d'analyses.

### c) Analyses sur les cendres et profil minéral

En 2025, des analyses ont été effectuées par ALGAIA sur le profil minéral des salicornes cultivées. La méthodologie employée est pour chaque élément :

- ✓ **Extrait sec total ou Matière sèche (MS)** : Quantification des résidus solides totaux après séchage pendant 48h à 50°C.
- ✓ **Totale en cendres (ou matière minérale)** : Quantification en biomasses initiales par perte de poids après calcination complète de la matière organique de l'échantillon
- ✓ **Profil minéral**: par Fluorescence à rayons X (XRF) à titre comparatif. Étalonnage pour arsenic (As), calcium (Ca), potassium (K), phosphore (P) et soufre (S) et expression des résultats en équivalent ICPMS.

Le taux de cendres élevé, 51,74% de la matière sèche, indique des teneurs en éléments minéraux importants (des sels, principalement). Ainsi, le profil minéral des salicornes séchées et broyées à 200µm a été évalué par X-Ray Fluorescence (XRF) et les résultats sont rassemblés dans la Figure 34, page 44. Le traitement du signal (photons) récupéré après excitation des éléments se fait en référence à une calibration *interne* en ICPMS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) spécifiques de certaines matrices (par exemple, de la terre pour la méthode GEOCHEM) avec des échantillons de référence. Dans ce cas, les algues ne sont pas un matériel référencé, et il est utilisé les valeurs brutes à titre comparatif (Figure 34, page 44). Néanmoins, il a été développé des calibrations spécifiques aux matrices d'algues. Cette calibration externe en ICPMS a été réalisée pour l'Arsenic, le Calcium, le Phosphore, le Potassium et le Soufre. Il s'agit d'équivalent ICPMS pour ces éléments (Tableau 10, page 44). Il est à noter que le chlore est un élément souvent associé au Sodium (sous forme NaCl) mais le sodium (Na) n'est pas détecté par XRF car cet élément est en limite de détection.

Les principaux éléments rencontrés dans l'échantillon étaient, par ordre décroissant, Cl, K, S, P, Ca.

La littérature (CEVA, données de 2021 ; ANSES, données CEVA de 2015) rapporte que les chlorures de sodium représentent entre 76,6 et 79,8% de la matière minérale, et entre 32,8 et 38,9% de la matière sèche. Il n'est donc pas étonnant de trouver une majorité de l'élément Chlore dans l'échantillon testé.

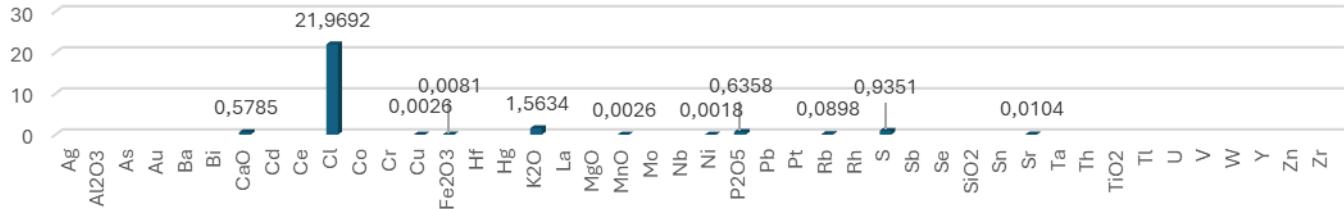


Figure 34 : Profil minéral en XRF (exprimé en unités comparatives)

Ca		K		P		S	
mg/100g	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
325,549	0,33	8656,70	0,87	2596,16	0,26	2824,51	0,28

Tableau 10 : Teneurs en sels minéraux (Calibration externe – résultats exprimés en ppm et % de matière sèche en équivalent ICPMS).

### III. Faisabilité socio-économique d'une culture de salicornes dans le cadre d'une diversification.

#### 1. Avant-propos.

Le projet a pour but d'apprécier ou d'approcher la faisabilité technique et scientifique d'une culture de salicornes au sein du complexe de la CABANOR. Si les deux années d'expérimentations ouvrent des perspectives prometteuses sur un plan cultural, il reste encore à prouver que les pistes explorées donnent des résultats tangibles. Toutefois, en parallèle de ces travaux, il semblait essentiel d'aborder les aspects sociologiques et économiques d'une telle culture.

Au niveau sociologique, les claires sont concédées, comme des concessions conchylicoles sur estran, à des conchyliculteurs adhérents à la CABANOR. Comme une concession en mer, les claires sont attribuées pour l'exploitation d'une seule espèce, le plus souvent l'huître. Or, ces claires sont actuellement sous-utilisées et la culture de salicornes offrirait la possibilité de réhabiliter cet espace comme cela a pu être le cas de certains marais salants en Charentes-Maritimes mais également en Espagne ou au Maroc. Toutefois, il est important de voir si les adhérents de la CABANOR étaient sensibles aux travaux effectués dans le cadre de ce projet, s'ils pouvaient considérer que cette culture pouvait leur offrir une possibilité de diversification à leur activité principale qu'est la conchyliculture, comment ils pouvaient envisager de mener de front cette double activité en fonction des exigences techniques et biologiques de chacune. De plus, il fallait également évaluer la faisabilité réglementaire de la culture de salicorne au sein de ces claires et de voir quelle solution apporter.

Dans le même temps, une approche économique doit permettre de voir si une telle culture, identifiée comme une activité de diversification, pouvait être rentable. En se projetant à moyen terme, il faut évidemment prendre en compte les différents investissements qui doivent rendre possible la culture dans de bonnes conditions, les différents coûts de production selon différents scénarios d'organisations professionnels et les conditions de vente.

Ce travail a pu être effectué par l'intermédiaire d'un stage d'un master d'économie appliquée à l'agriculture, la mer et l'environnement de l'université de Bretagne Occidentale de Brest qui a eu lieu entre mars et août 2025.

#### 2. Principaux résultats.

L'étude de faisabilité économique du projet s'appuie sur un modèle technico-économique détaillé. Le cycle de production de la salicorne s'étend sur dix mois, de février à novembre, et se compose de trois phases principales : semis et préparation (février-mars), croissance et récolte (avril-août), puis floraison et stockage des graines (septembre-novembre). Trois coupes sont possibles au cours de la saison, permettant un rendement moyen estimé à 800 g/m<sup>2</sup>/an, soit à minima 400 kg par claire et par an. La main-d'œuvre nécessaire est relativement faible, estimée à 66 heures par an et par claire, concentrée sur les périodes de semis et de récolte.

Le projet nécessite des investissements initiaux, qui se distinguent entre coûts non mutualisables et coûts mutualisables. Les coûts non mutualisables concernent notamment l'exhaussement des claires (entre 2 040 et 2 460 € par claire), l'installation d'un système d'irrigation (2 150 € par claire) et la pose d'arceaux pour tunnels de culture (1 064 € par claire). Les équipements mutualisables incluent un motoculteur, une récolteuse et un tamis, ce qui permet une optimisation des coûts lorsque plusieurs claires sont exploitées collectivement.

Sur le plan des recettes, la salicorne présente un potentiel intéressant. Le chiffre d'affaires estimé est de l'ordre de 2 232 € par an et par claire, réparti entre plusieurs canaux : commerce de gros (75 % des ventes, à 4,40 €/kg HT), vente directe (10 %, à 12 €/kg HT pour le produit frais), ventes aux détaillants (10 %, à 6 €/kg HT), et transformation en conserves (5 %, à 9,60 €/kg HT). Cette diversification des circuits de commercialisation permet de répartir les risques et d'optimiser les marges.

L'analyse coûts-bénéfices, réalisée sur douze scénarios différents, montre que huit d'entre eux sont rentables. Le scénario le plus favorable, impliquant dix claires, une production mutualisée et l'utilisation de main-d'œuvre interne, affiche un taux de rentabilité interne (TRI) allant jusqu'à 44 %, avec une valeur actuelle nette positive. Le seuil de rentabilité, situé autour de 400kg par an et par claire, est compatible avec les rendements estimés, ce qui conforte la viabilité du projet. Le prix de rentabilité se situe entre 3,24 et 6,12 €/kg HT, ce qui reste compétitif par rapport aux prix pratiqués sur le marché local. Le délai de récupération des investissements varie entre quatre et neuf ans selon le scénario retenu. Toutefois, l'analyse de sensibilité met en évidence que la rentabilité est fortement dépendante du niveau de rendement et du mode d'organisation. Une baisse de 30 % des rendements compromet la moitié des scénarios, et un taux d'actualisation élevé réduit la viabilité des projets ne reposant pas sur la main-d'œuvre interne.

Sur le plan du marché, la production française de salicorne est estimée entre 250 et 300 tonnes par an, avec des zones de production concentrées en baie de Somme, Normandie, Bretagne et Charente-Maritime. Le marché local, notamment dans la Manche, présente une demande forte et non satisfaite, liée à l'effondrement de la cueillette professionnelle (Figure 35 ci-dessous). Les prix moyens pratiqués varient selon les canaux : gros (4,40 €/kg HT), détaillants (6 €/kg HT), vente directe (12 €/kg HT frais, 9,60 €/kg HT conserves). Ces données montrent un potentiel commercial réel, notamment pour les circuits courts et la transformation, qui permettent d'améliorer la rentabilité. La labellisation, telle que le label « Manche Terroirs », constitue également un levier de valorisation du produit local.

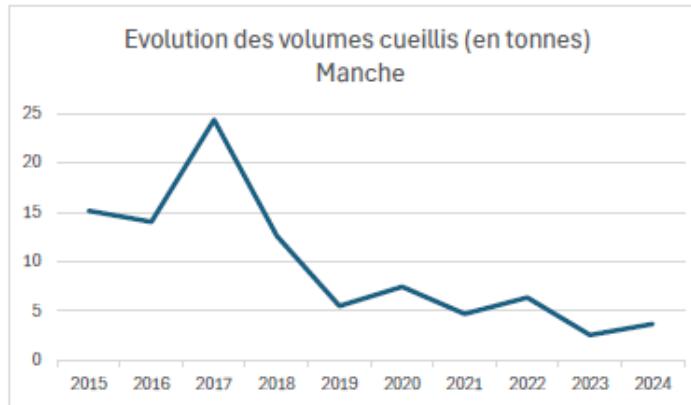


Figure 35 : Evolution des volumes de salicornes récoltés dans la Manche entre 2015 et 2024

L'analyse des enjeux économiques et extra-économiques montre que le modèle proposé est rentable sous certaines conditions : mutualisation de la production, utilisation de main-d'œuvre interne et optimisation des rendements. La production collective permet de réduire les coûts et d'améliorer la rentabilité. Sur le plan extra-économique, l'acceptabilité sociale est favorable, et le projet bénéficie d'une perception positive auprès des pêcheurs à pied locaux. Cependant, plusieurs incertitudes subsistent, notamment la disponibilité de tangue pour l'exhaussement des claires, la variabilité des rendements en fonction du climat et de la qualité des graines, ainsi que la pénurie de main-d'œuvre dans la région.

***L'étude socioéconomique est disponible dans le rapport intitulé « Étude de la faisabilité économique d'un projet de diversification conchylicole par la culture de salicorne » (Berdou, A., 2025)***

### 3. En conclusion

L'étude de faisabilité économique du projet SALICA met en évidence le potentiel de la culture de salicorne comme stratégie pertinente de diversification pour les exploitations ostréicoles de la Coopérative d'Aquaculture de Basse-Normandie. Elle démontre que, dans un contexte marqué par des crises récurrentes et une pression croissante sur la filière, la valorisation des claires ostréicoles inutilisées peut constituer une opportunité économique durable.

Les résultats montrent que la rentabilité du projet repose sur plusieurs conditions essentielles : la mutualisation des moyens de production, l'utilisation de la main-d'œuvre interne et l'optimisation des rendements. Une organisation collective apparaît comme un levier déterminant pour réduire les coûts, améliorer la compétitivité et maximiser le taux de rentabilité interne. Par ailleurs, le développement de circuits courts, la transformation du produit et la labellisation représentent des stratégies complémentaires permettant d'accroître la valeur ajoutée et de sécuriser l'accès à des débouchés locaux attractifs.

Sur le plan extra-économique, le projet bénéficie d'une acceptabilité favorable auprès des acteurs locaux, sans générer de concurrence directe avec les pratiques existantes, et s'inscrit dans une logique de développement territorial durable. Toutefois, des incertitudes persistent, liées à la variabilité des rendements, à la disponibilité des ressources nécessaires et aux conditions réglementaires. Une phase supplémentaire d'expérimentation, associée à un accompagnement technique et institutionnel, est donc indispensable pour confirmer la viabilité à long terme du projet.

Ainsi, la culture de salicorne sur les claires ostréicoles constitue une réponse innovante aux enjeux de résilience économique et environnementale de la filière ostréicole. Elle illustre la capacité d'une diversification réfléchie à transformer une contrainte en opportunité, offrant une perspective prometteuse pour renforcer la durabilité et la compétitivité des exploitations conchylicoles.

## IV. Conclusion et perspectives.

Le projet SALICA constitue une première étape importante dans l'expérimentation à échelle ½ de la culture de salicorne sur les claires ostréicoles de la Coopérative d'Aquaculture de Basse-Normandie (CABANOR). Sur ces deux années (2024-2025), il a permis d'évaluer la faisabilité technique, la viabilité économique et l'acceptabilité sociale d'une telle diversification. Les résultats obtenus confirment que la culture de salicorne est possible dans ce contexte, mais soulignent également que ce processus nécessite un accompagnement continu, des ajustements techniques et une organisation collective pour devenir pérenne.

Sur le plan technique, les expériences montrent que la salicorne peut s'implanter avec succès dans des claires sous-utilisées, avec des rendements pouvant atteindre des niveaux intéressants. Toutefois, les variations observées selon les sites et les années rappellent que la culture reste sensible aux conditions locales et climatiques. La gestion de l'eau, la nature du sol, la densité et la période de semis apparaissent comme des facteurs déterminants pour la réussite. Ces enseignements sont précieux, car ils permettent d'orienter les prochaines phases d'expérimentation vers des pratiques plus adaptées et reproductibles. L'étude montre aussi que certains aspects techniques restent à optimiser, notamment la régularité des rendements et la production des graines.

L'aspect économique du projet est également encourageant. L'analyse coûts-bénéfices indique que la culture de salicorne peut devenir rentable, surtout dans des modèles mutualisés. La mutualisation des moyens techniques et humains se révèle essentielle pour réduire les coûts et améliorer la compétitivité. Par ailleurs, la diversification des débouchés — vente directe, transformation, circuits courts, labellisation — apparaît comme une stratégie clé pour augmenter la valeur ajoutée. Ce type de diversification peut contribuer à renforcer la résilience économique des exploitations ostréicoles, en réduisant leur dépendance aux aléas du marché et aux crises sanitaires ou environnementales.

Sur le plan social et environnemental, le projet présente également un potentiel positif. Il valorise des espaces littoraux peu exploités, tout en limitant la pression sur les stocks naturels de salicornes. Il reçoit un accueil favorable de la part des acteurs locaux, qui y voient une opportunité de diversification plutôt qu'une concurrence. Ce point est important, car l'acceptabilité sociale est un facteur déterminant dans la réussite d'un projet collectif. Par ailleurs, la salicorne, plante halophyte, s'inscrit dans une logique de développement durable, offrant des perspectives de production alimentaire à faible impact environnemental.

Cela étant dit, le projet reste à consolider. Plusieurs conditions doivent être réunies pour assurer sa réussite à long terme. Il conviendra de poursuivre les expérimentations pour améliorer la régularité des rendements et affiner les protocoles de culture. L'amélioration de la gestion hydrique, notamment par l'étude de systèmes d'irrigation adaptés, pourra pallier les contraintes climatiques. L'exploration de substrats alternatifs ou d'amendements organiques représente aussi une piste intéressante pour optimiser la croissance et la qualité des plants.

Par ailleurs, la structuration collective de la production et la coordination entre les producteurs seront déterminantes. La mise en place d'une organisation collective, telle qu'une coopérative ou une association, permettrait de mutualiser les investissements, de partager les savoir-faire et d'optimiser la commercialisation. Un accompagnement technique et

réglementaire, ainsi qu'une communication claire sur les atouts de la salicorne, seront nécessaires pour renforcer l'adhésion des acteurs locaux et soutenir le développement de la filière.

Enfin, le développement de débouchés commerciaux diversifiés sera un facteur clé pour garantir la viabilité du projet. La création de circuits courts, la valorisation du produit via une labellisation et la sensibilisation des consommateurs aux qualités nutritionnelles et écologiques de la salicorne sont autant d'éléments qui peuvent contribuer à renforcer l'attractivité du produit. Une stratégie de communication adaptée, appuyée par les acteurs institutionnels et les partenaires de la filière, pourra favoriser l'émergence d'une filière locale structurée.

En somme, le projet SALICA illustre une approche modeste mais réaliste de diversification pour la filière conchylicole normande. Il ouvre la voie à une alternative qui conjugue innovation, valorisation du territoire et développement durable. Si le chemin reste encore à tracer, les premiers résultats sont suffisamment encourageants pour justifier la poursuite des travaux. D'ailleurs, à la suite de l'ensemble de ces travaux, quelques adhérents de la CABANOR et conchyliculteurs seraient prêts à rejoindre les partenaires de ce projet pour un second volet de travaux visant à mettre en pratique les conclusions de ces travaux.

La salicorne, par sa capacité à s'adapter aux milieux salins et à valoriser des espaces inexploités, pourrait constituer un élément de réponse aux enjeux économiques et environnementaux auxquels sont confrontés les ostréiculteurs. En associant recherche, innovation et coopération, il est possible de transformer cette expérimentation en un modèle reproductible et durable.

## Bibliographie

- Adam, P. (1990). *Saltmarsh ecology*. Cambridge University Press.
- Ahn, M. J., Kim, J. H., & Lee, Y. H. (2021). Effect of drying methods on the phytochemical composition and antioxidant activity of *Salicornia herbacea*. *Food Chemistry*, 353, 129–136.
- ANSES [https://cqual.anses.fr/#/aliments/20283/salicorne-\(salicornia-sp.\)-fraiche](https://cqual.anses.fr/#/aliments/20283/salicorne-(salicornia-sp.)-fraiche)
- Baker, M. A. (1983). Seed germination and seedling establishment of *Salicornia europaea* agg. in relation to environmental conditions in a salt marsh. *Canadian Journal of Botany*, 61(12), 3216–3221. <https://doi.org/10.1139/b83-085>
- Barreira, L., Resek, E., Rodrigues, M. J., Rocha, M. I., Pereira, H., Bandarra, N., ... & Custódio, L. (2017). Halophytes for the future: Potential of *Salicornia europaea* for nutraceutical and pharmaceutical applications. *Marine Drugs*, 15(10), 335.
- Blin, J. L., Fouet, M., & Joncourt, Y. (2017). PARADIS : Pérenniser l'activité palourde à Chausey : Définir des indicateurs de suivi. Rapport SMEL, 58 p. <https://www.smel.fr/paradis-le-temps-du-bilan/>
- Böer, B., & Glennie-Holmes, M. (1983). Germination ecology of *Salicornia europaea* L. *Plant Ecology*, 56(2), 127–135.
- Calone, R., Barbanti, L., & Sanoubar, R. (2020). Assessing *Salicornia europaea* tolerance to salinity at seed germination stage. *Agronomy*, 10(2), 29.
- CEVA <https://sensalg.fr/composition-nutritionnelle-des-algues/>
- Colmer, T. D., & Flowers, T. J. (2008). Flooding tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179(4), 964–974.
- Constantin, C. G., et al. (2023). The impact of the growing substrate on morphological and biochemical traits of *Salicornia europaea*. *Applied Sciences*, 13, 3341.
- Cooper, A. (1982). Seed germination in relation to salinity and water stress in some species of Chenopodiaceae and related families. *Journal of Experimental Botany*, 33(3), 497–504.
- Davy, A. J., Bishop, G. F., & Costa, C. S. B. (2001). *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla*, *S. europaea* and *S. ramosissima*). *Journal of Ecology*, 89(4), 681–707. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00607.x>
- Davy, A. J., et al. (2023). Functional traits and growth dynamics in *Salicornia europaea*. *Plant Biology Journal*.
- DREAL Normandie. (2015). *Les salicornes dans le département de la Manche*. Rapport technique, 42 p.
- El Shaer, H. M., et al. (2022). *Salicornia* cultivation under different saline irrigation and planting dates. *Frontiers in Plant Science*, 13, 851293. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.851293>

Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179(4), 945–963.

Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015). Plant salt tolerance: Adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3), 327–331.

Géhu, J.-M., & Biondi, E. (1994). *Écologie et sociologie des prés salés atlantiques. Colloques Phytosociologiques*, Vol. XXII. J. Cramer.

Glenn, E.P. et al. (1998). *Salicornia bigelovii* Torr.: An oilseed halophyte for seawater irrigation. *Bioresource Technology*, 65(3), 253–261.

Hour, A., et al. (2023). Nutritional evaluation of halophyte plants for animal feeding: The case of *Salicornia* spp. *Livestock Research for Rural Development*, 37(2).

Irwin, A.U. (1969). Influence of salinity and temperature on seed germination. *The Ohio journal of science*, 67(2), 120 - 123.

Kadereit, G., Ball, P., & Freitag, H. (2007). Molecular phylogeny of *Salicornia* and allied genera (Chenopodiaceae: Salicornioideae): Implications for biogeography, taxonomy and the evolution of halophytism. *Taxon*, 56(4), 1143–1170.

Kadereit, G., Ball, P., Beer, S., Mucina, L., Sokoloff, D., Teege, P., ... & Freitag, H. (2007). A taxonomic nightmare comes true: Phylogeny and biogeography of *Salicornia* L. s.l. (Chenopodiaceae). *Taxon*, 56(4), 1143–1170.

Kang, J. Y., et al. (2022). Phytochemical profiling and antioxidant activity of *Salicornia* species under saline conditions. *Antioxidants*, 11(21), 3402.

Khan, M. A., & Gul, B. (2006). Halophyte seed germination. In *Eco-physiology of high salinity tolerant plants* (pp. 11–30). Springer.

Khan, M. A., & Gul, B. (2000). Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *Journal of arid environments*, 45(3), 279–283.

Khan, M. A., & Ungar, I. A. (1997). Effect of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *American Journal of Botany*, 84(2).

Koshida, K. (2025). Cutting propagation of *Salicornia europaea* L. *International Journal of Plant Production*, 19(1), 1–10.

Langlois, E. (2000). *Potentiel de production de Salicornia fragilis et Aster tripolium en Baie de Somme*. Université de Picardie Jules Verne.

Lee, S. H., et al. (2022). Nutritional and mineral composition of *Salicornia herbacea* cultivated in saline environments. *Foods*, 11(21), 3402.

Lefèuvre, J. C., & Laffaille, P. (2000). La gestion des marais maritimes : dynamique, biodiversité, production. *Hydrobiologia*, 436(1–3), 137–152.

Manche Nature. (2020). *Réglementation de la cueillette des salicornes*. <https://manche-nature.fr>

Marangi, M., et al. (2024). Abundance of human pathogenic microorganisms in *Salicornia* production systems. *Agronomy*, 14(11), 2740.

---

Marisma Biomed. (2024). Tableau nutritionnel – Salicorne en poudre.  
<https://marismabiomed.com>

Mesa-Marín, J., et al. (2020). Plant growth promoting bacteria improve salt tolerance in *Salicornia europaea*. *Plants*, 9(11), 1530.

Murakeözy, E. P., et al. (2015). Adaptations of halophytes in saline environments: Morphological and physiological strategies. *Acta Botanica Hungarica*, 57(1–2), 43–67.

Orlovsky, N., & Kiseleva, N. (2016). Effect of salinity on seed germination, growth and ion content in dimorphic seeds of *Salicornia europaea* L. *Agronomy*, 6(2), 29.

Philipupillai, J., & Ungar, I. A. (2002). Effect of salinity on the seed germination of two halophytic annual species, *Salicornia europaea* and *Suaeda linearis*. *Annals of Botany*, 90(2), 179–183.  
<https://doi.org/10.1093/aob/mcf153>

Préfecture de la Manche. (2015). *Arrêté préfectoral relatif à la cueillette de la salicorne dans le département de la Manche*.

Rozema, J. & Schat, H. (2013). *Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture*. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 83–95.

Rozema, J., et al. (2022). Halophyte production systems: Matching species to salinity and soil type. *Scientific Reports*, 12, 13895.

Sanjosé, I., et al. (2022). Bioconcentration and translocation of heavy metals in *Salicornia ramosissima*. *Plants*, 11, 1256.

Singh, D. (2014). *Salicornia* as a crop plant in temperate regions: Selection of suitable species and cultivation techniques. *Annals of Botany*, 113(4), 637–646.

Ungar, I. A. (1977). Salinity, temperature, and seed dormancy effects on the germination of *Salicornia europaea* L. *Plant Physiology*, 59(3), 395–397. <https://doi.org/10.1104/pp.59.3.395>

Ungar, I. A. (1977). Salinity, temperature, and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. *Journal of Experimental Botany*, 28(4), 854–863.

Ungar, I. A. (1991). *Ecophysiology of vascular halophytes*. CRC Press.

Ventura, Y. et al. (2011). *The potential of seawater irrigation for sustainable agriculture in arid regions*. *Annals of Botany*, 108(3), 471–477.

Ventura, Y., Myrzabayeva, M., Alikulov, Z., Khozin-Goldberg, I., & Althan, L. (2020). *Salicornia*: From salt marsh to sustainable agriculture — A review. *Agriculture*, 10(2), 29.  
<https://www.mdpi.com/2077-0472/10/2/29>

Ventura, Y., et al. (2023). Growth rate assessment and morphometric analysis in halophyte cultivation. *Horticulturae*, 9, 658.

Wang, F., Ma, J., Zhou, Y., & Zhang, G. (2018). Dimorphic seed germination of *Salicornia europaea* and its significance in adaptation to saline habitats. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1491.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01491>

Wikimanche. (2023). *Salicorne*. <https://www.wikimanche.fr>

## ANNEXES

## **ANNEXE 1**

**RAPPORT D'ESSAI – SALICORNE – TESTS DE GERMINATION**

**TESTS EFFECTUÉS PAR LE SILEBAN**

### **OBJECTIF**

*L'objectif de cet essai est de déterminer la faculté germinative de la salicorne en conditions contrôlées. Les paramètres étudiés sont le substrat avec la profondeur de semis, la température et l'eau d'irrigation.*

# TABLE DES MATIÈRES

<b>OBJECTIF .....</b>	<b>1</b>
<b>MATÉRIEL ET MÉTHODE.....</b>	<b>3</b>
<b>RÉALISATION DE L'ESSAI .....</b>	<b>4</b>
<b>RÉSULTATS ET ANALYSES .....</b>	<b>5</b>
A.    Notations des levées de l'essai 1.....	5
B.    Notations des levées de l'essai 2.....	6
C.    Notations des levées de l'essai 3.....	8
D.    Notations de biomasses fraîches .....	8
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>9</b>

# MATÉRIEL ET MÉTHODE

## Dispositif expérimental :

- Unité concernée : unité « légumes » du SILEBAN
- Localisation prévisionnelle : Phytotron
- Culture : salicorne
- Dispositif expérimental :
  - Type de dispositif : Blocs de Fisher
  - Nombre de répétitions : 4
  - Nombre de modalités : 16
  - Taille des parcelles élémentaires : 1 terrine de 10L (L 43 cm x l 30,5 cm x h 8 cm)
  - 50 graines/parcelle élémentaire
  - 64 parcelles élémentaires au total composent l'essai
  - Une 17<sup>e</sup> modalité « bonus » afin de tester l'eau faiblement salée à 0,5%
- Modalités :

Les modalités considérant les paramètres de profondeur, de température et de conditions d'arrosage sont renseignées ci-dessous :

Modalité	Profondeur de semis	Température (°C)	Conditions
M1	0 cm	10	irrigation à l'eau douce
M2	0 cm	15	irrigation à l'eau douce
M3	0 cm	20	irrigation à l'eau douce
M4	0 cm	10	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M5	0 cm	15	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M6	0 cm	20	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M7	0 cm	15	irrigation à l'eau salée
M8	0 cm	10	irrigation à l'eau salée
M9	2 cm	15	irrigation à l'eau douce
M10	2 cm	20	irrigation à l'eau douce
M11	2 cm	10	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M12	2 cm	15	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M13	2 cm	20	irrigation à l'eau douce les 10 premiers jours puis à l'eau salée
M14	2 cm	15	irrigation à l'eau salée
M15	0 cm	20	autre provenance des semences + irrigation à l'eau douce
M16	2 cm	20	autre provenance des semences + irrigation à l'eau de mer
M17	0 cm	10	irrigation à l'eau salée à 0,5%

## **Les modalités pourront être modifiées selon les résultats obtenus lors du test en enceinte de germination.**

- Facteurs contrôlés :
  - Conduite hydrique : Irrigation par trempage de la base des terrines de semis (imbibition du substrat par remontée capillaire). L'irrigation sera réalisée manuellement avec une solution adaptée à chaque modalité
  - Température à caler sur conditions des estrans à l'époque d'installation des cultures - 15°C par défaut (eau /air)
  - Cycle jour/nuit : 14h de jour / 10h de nuit

### **Observations, notations et suivis :**

- Comptages d'émergences : 5 dates (7, 14, 21, 28 et 35 jours)
- Biomasse fraîche récoltée à 35 jours

### **Traitements des données**

#### **Variables à analyser :**

Pourcentage de germination en fonction des dates d'observations et biomasse fraîche récoltée après 35 jours d'essai.

#### **Méthodes statistiques d'analyses :**

Analyse de la variance – logiciel Statbox

Test de Newman Keuls : comparaison des modalités étudiées entre elles

## **RÉALISATION DE L'ESSAI**

- Localisation : enceinte climatique S2 de la serre
- Dates d'implantation :
  - 29/11/2024 pour l'essai 1 à 20°C
  - 30/01/2025 pour l'essai 2 à 15°C
  - 15/04/2025 pour l'essai 3 à 10°C
- Calendrier des observations :
  - Notations des levées de l'essai 1 : du 06/12/2024 au 25/04/2025
  - Notations des levées de l'essai 2 : du 06/02/2025 au 17/04/2025
  - Notations des levées de l'essai 3 : du 22/04/2025 au 30/06/2025

Remarque : la germination de l'essai 1 a été très tardive. C'est par conséquent un nouveau lot de semences qui a été utilisé pour les essais 2 et 3.

# RÉSULTATS ET ANALYSES

## A. Notations de levées de l'essai 1

Ce premier essai à 20°C a été semé le 29/11/2024. Les notations de levées se sont déroulées du 06/12/2024 au 25/04/2025. La germination des salicornes a pris beaucoup de temps pour ce premier essai.

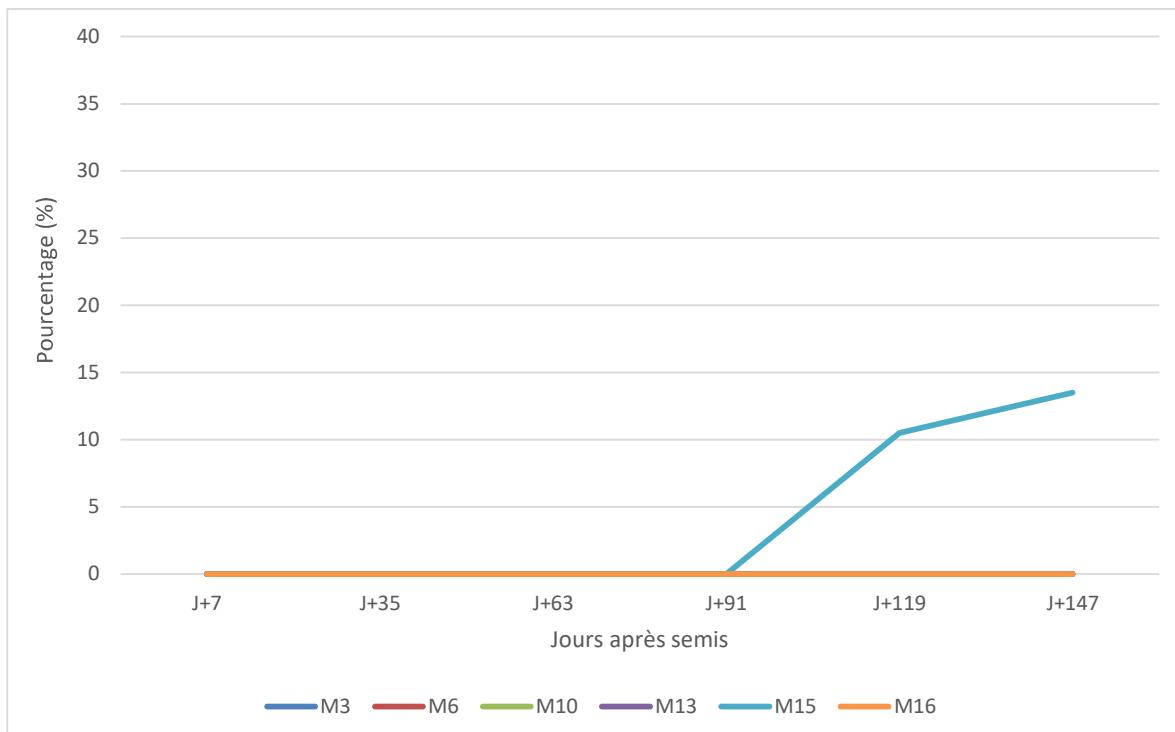


Figure 1 : Cinétique de germination des graines de salicorne durant 147 jours à 20°C

### Légende :

M3 : semis 0 cm, arrosage eau douce

M6 : semis 0 cm, arrosage eau de mer

M10 : semis 2 cm, irrigation eau douce

M13 : semis 2 cm, arrosage eau douce 10j puis eau de mer

**M15** : semis 0 cm, autre provenance des semences + arrosage eau douce

M16 : semis 2 cm, autre provenance des semences + arrosage eau de mer

### Analyse :

La germination de l'essai 1 a été très tardive. En effet, les salicornes semées en terrines ont mis plus de 3 mois à germer. Une seule modalité se démarque, la M15, mais ne dépasse pas 15% de germination. Il semblerait que l'eau douce ait favorisé la germination des graines.

Pour la suite de l'essai avec les autres températures, un nouveau lot de semences de salicornes a été réceptionné.

## B. Notations de levées de l'essai 2

Ce deuxième essai à 15°C a été semé le 30/01/2025. Les notations de levées se sont déroulées du 06/02/2025 au 17/04/2025. La germination des salicornes a été plus rapide avec le nouveau lot de semences.

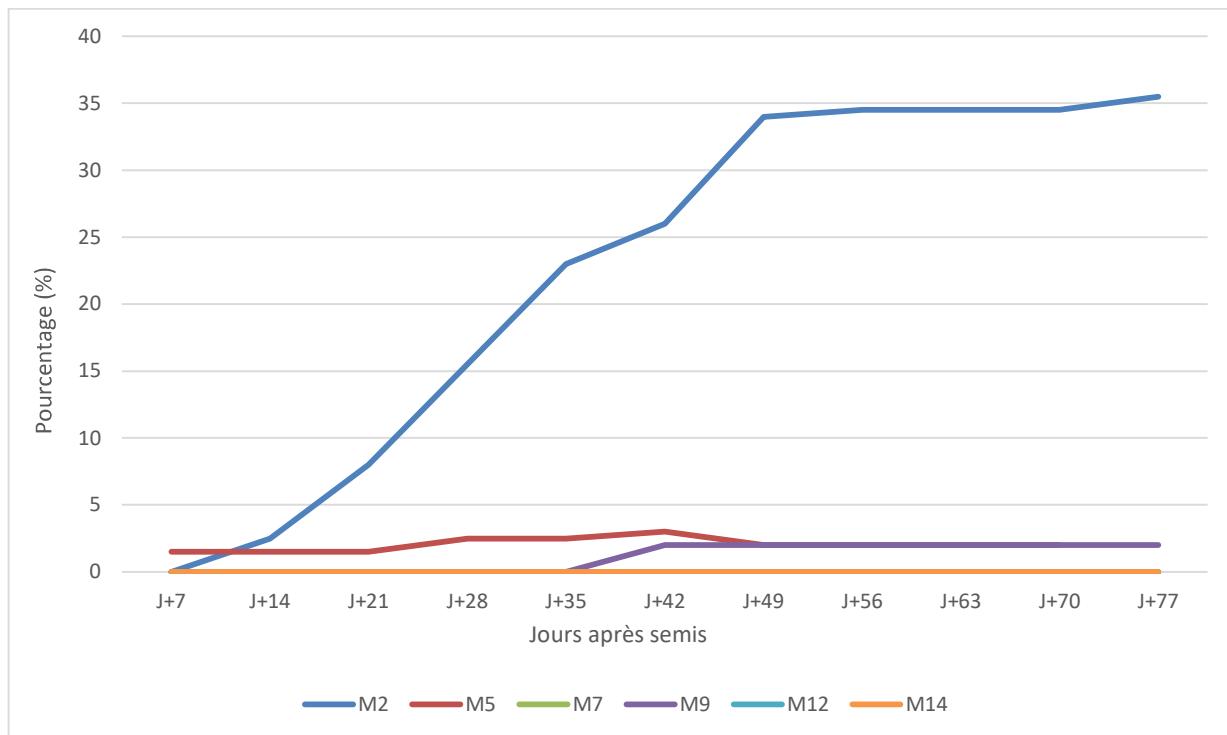


Figure 2 : Cinétique de germination des graines de salicorne durant 77 jours à 15°C

Légende :

**M2** : semis 0 cm, arrosage eau douce

**M5** : semis 0 cm, arrosage eau douce 10j puis eau de mer

**M7** : semis 0 cm, arrosage eau de mer

**M9** : semis 2 cm, arrosage eau douce

**M12** : semis 2 cm, arrosage eau douce 10j puis eau de mer

**M14** : semis 2 cm, arrosage eau de mer

Analyse :

Les salicornes du deuxième essai ont mis 2 semaines à germer. La modalité M2 atteint les 35% de germination. Les modalités M5 et M9 sont en dessous des 5% de germination. Encore une fois, nous constatons avec la modalité M2 que l'arrosage à l'eau douce a vraisemblablement permis la germination. Avec la modalité M9, nous pouvons penser que les semis à 2 cm de profondeur ne sont pas favorables à une bonne germination.



Figures 3 : Photographies de la germination de la modalité M2 à J+42 et J+63

## C. Notations de levées de l'essai 3

Ce troisième essai à 10°C a été semé le 15/04/2025. Les notations de levées se sont déroulées du 22/04/2025 au 30/06/2025. La germination des salicornes a été également rapide avec le nouveau lot de semences utilisé pour l'essai 2.

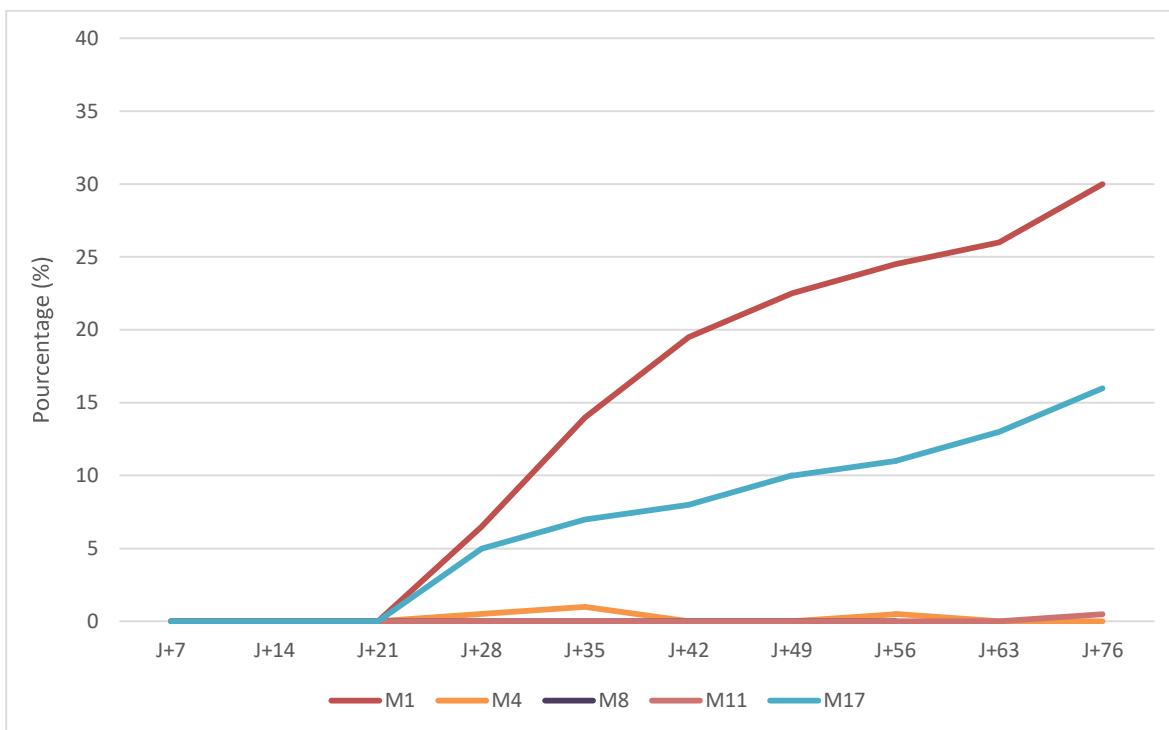


Figure 4 : Cinétique de germination des graines de salicorne durant 76 jours à 10°C

Légende :

**M1** : semis 0 cm, arrosage eau douce

**M4** : semis 0 cm, arrosage eau douce 10j puis eau de mer

**M8** : semis 0 cm, arrosage eau de mer

**M11** : semis 2 cm, arrosage eau douce 10j puis eau de mer

**M17 (modalité bonus)** : semis 0 cm, arrosage eau salée à 0,5% (5 g/L)

Analyse :

Les salicornes du 3ème essai ont mis 3 semaines à germer. La modalité M1 atteint 30% de germination, suivie de la modalité M17 avec un peu plus de 15% de germination. La modalité M4 ne dépasse pas 5% de germination. Cet essai vient potentiellement confirmer que l'irrigation à l'eau douce permet une germination des semences de salicorne. Les résultats de l'irrigation à l'eau faiblement salée contribuent à dire que l'ajout de sel, même en petites quantités, n'améliore pas la germination.

## D. Notations de biomasses fraîches

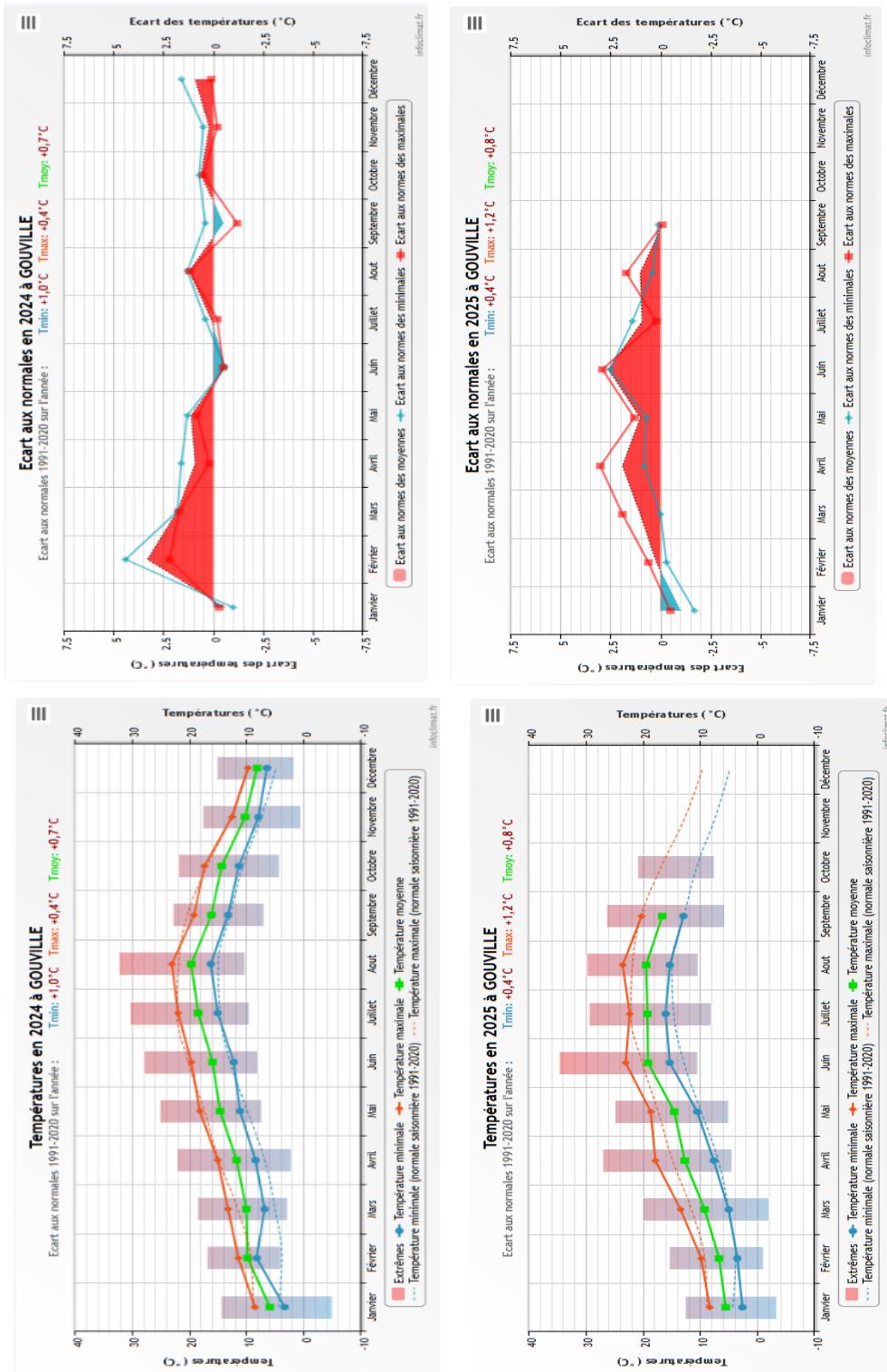
Les notations de biomasses fraîches à 35 jours n'ont pas été effectuées car au bout d'un mois les graines de salicorne avaient à peine germé pour l'essai 2 et 3. Nous avons donc fait le choix de les laisser croître et de laisser également une chance aux autres graines de germer.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

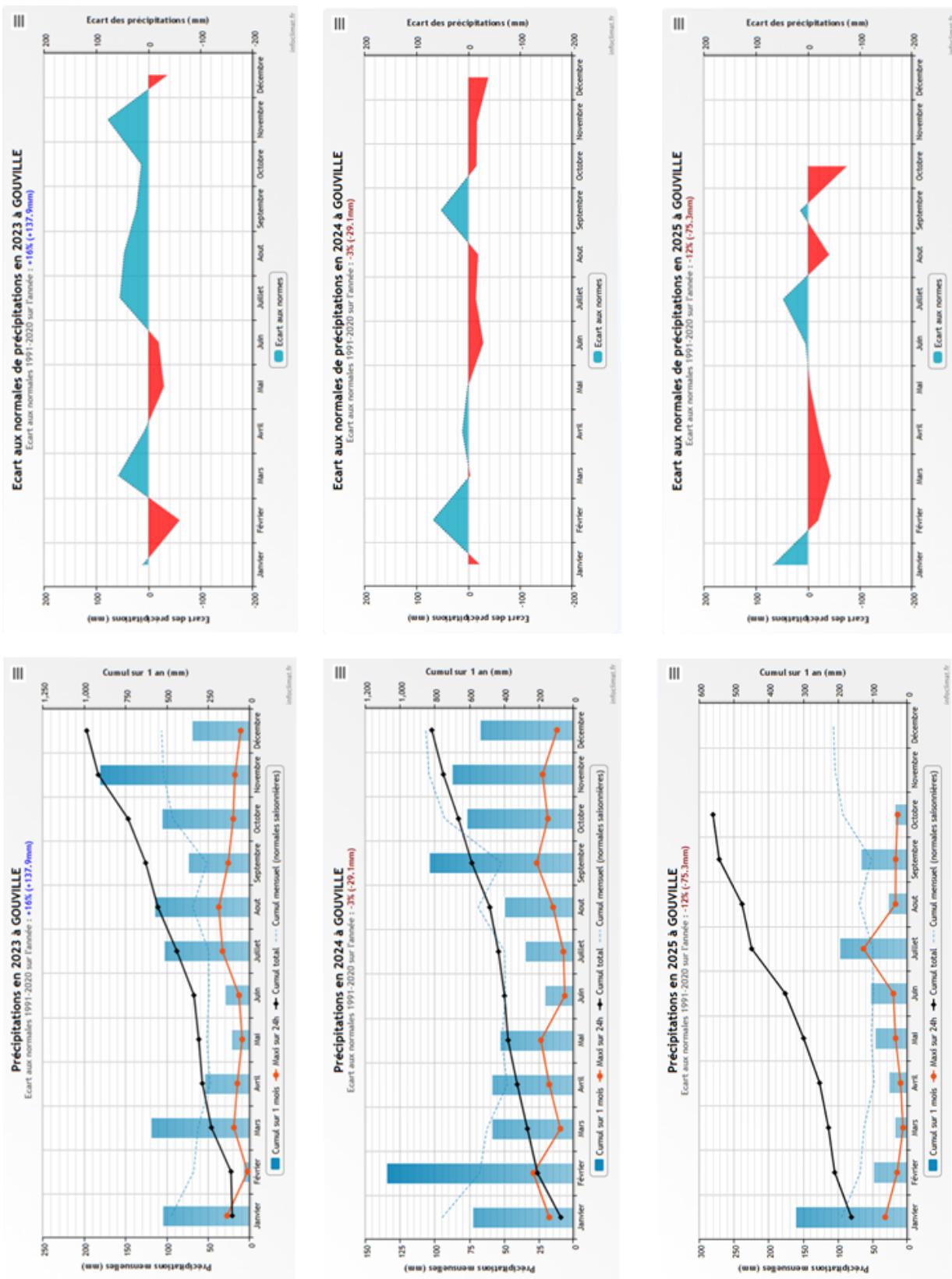
- L'essai n'a pas commencé dans les conditions optimales mais s'est bien déroulé par la suite. En effet, les salicornes du premier essai ont mis plus de 3 mois à germer. Après vérification, il s'avère que c'est la qualité du lot de semences qui était incertaine. Un nouveau lot de semences a donc été réceptionné afin de poursuivre les 2 autres essais, qui se sont bien déroulés, puisque les germinations ont pris 2 à 3 semaines.
- Dans les conditions d'essai sur le paramètre « profondeur », les résultats montrent que semer à 2 cm n'engendre pas réellement de germination. A priori, il est préférable de ne pas enfouir les graines et de les laisser en surface.
- Concernant la température, il semblerait que plus la température baisse, plus la durée de germination augmente. Cependant, ce n'est pas un paramètre bloquant puisqu'il y a eu autant de levées à 10°C qu'à 15°C. Il manque toutefois les données d'essai à 20°C pour établir un bon comparatif.
- Pour finir, à chaque température, ce sont les modalités arrosées avec de l'eau douce qui ont le plus fort pourcentage de germination. De même, l'arrosage avec une eau faiblement salée donne un pourcentage de germination plus faible qu'avec de l'eau douce pour le dernier essai. Nous pouvons donc penser que le sel n'est pas nécessaire et même pas souhaitable pour déclencher une germination. Par le passé, des chercheurs ont également émis cette hypothèse : « les conditions optimales pour la germination sont réalisées en l'absence de NaCl dans le milieu » (Grouzis *et al.*, 1976).
- Il serait intéressant de pouvoir réitérer cet essai afin de voir si les conditions de germination se confirment. Dans les conditions naturelles, le fait que la germination se produise avec de l'eau douce peut-elle s'expliquer par des épisodes de fortes pluviométries ? Pourrait-on envisager des nouveaux essais avec le paramètre d'immersion qui entre en jeu ?

## ANNEXE 2

### Données mensuelles de température en 2024 et 2025 et les écarts à la normale (source : [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr))



## Données mensuelles de précipitations en 2023, 2024 et 2025 et les écarts à la normale (source : [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr))



## ANNEXE 3

### PRECIPITATIONS EN PERIODE DE SEMIS



**Précipitations à Gouville-sur-Mer entre janvier et avril lors des années 2024 & 2025.**  
**En jaune, période de semis pour les expérimentations et la semaine qui suit.**