

Mémoire de stage de Master 2 Sciences-Technologie-Santé  
Mention : Agroproduction et Environnement  
Spécialité : Ecosystèmes, Agrosystèmes et Développement Durable  
Soutenu en Septembre 2012

-----

**Potentiel de production de deux espèces d'halophytes :**  
*Salicornia fragilis* et *Aster tripolium*  
**en Baie de Somme**

---



---

**Gaëtan Duponchelle**

L'Europe s'engage en France avec le Fonds Européen pour la Pêche.  
Travail réalisé avec le soutien financier de :



Les opinions émises dans ce document n'engagent pas la responsabilité des co-financiers ni du GEMEL de l'usage qui pourrait en être fait.

## Sommaire

Remerciements .....	4
La structure d'accueil .....	5
Introduction .....	6
Les salicornes .....	7
La salicorne ou les salicornes ; La classification des salicornes : .....	7
Habitat : .....	9
Cycle de vie des salicornes.....	10
La Germination : .....	11
Période de germination.....	11
Taux et condition de germination.....	11
Croissance : .....	12
Productivité : .....	13
Fleurissement et production de graines : .....	13
L'exploitation des salicornes en milieu naturel: .....	13
La culture des salicornes .....	15
Utilisation de la salicorne .....	15
L'aster.....	16
Cycle de vie. ....	16
Habitat : .....	16
L'exploitation de l'aster .....	17
Etude de la dynamique de population et de la production de <i>Salicornia fragilis</i> .....	19
Matériels et méthodes.....	19
Site d'étude.....	19
Caractérisation de la zone de suivi .....	19
Méthode des quadrats .....	20
Paramètres biotiques .....	20
Dynamique de la population adulte.....	20
Production de <i>Salicornia fragilis</i> .....	20
Modèle de fleurissement : nombre de fleur par longueur de tige fleurie .....	20
Banque de graine et test de germination .....	20
Banque de graine du sol .....	20
Tests de germination de la banque de graines du sol .....	21
Banque de graine complémentaire sur les pied sec de salicorne.....	21
Résultats : .....	22
Zones de suivi.....	22
Paramètres biotiques .....	22

Relation Poids frais, poids sec et poids sec sans cendre par espèce.....	23
Dynamique de population adulte.....	24
Production de <i>Salicornia fragilis</i> .....	24
Etat de maturation .....	26
La longueur de la partie « lignifié » .....	26
Modèle de fleurissement : nombre de fleur par longueur de tige fleurie. ....	27
Banque de graine et tests de germination.....	28
Banque de graine complémentaire .....	29
Synthèse de la dynamique de population .....	29
Synthèse sur la production .....	30
Etude de la dynamique de population et de la production de <i>Aster tripolium</i> .....	35
Matériels et méthodes.....	35
Site d'étude :.....	35
Caractérisation de la zone de suivi :.....	35
Méthode des quadrats :.....	36
Paramètres environnementaux biotiques.....	36
Dynamique de la population adulte.....	36
Production de <i>Aster tripolium</i> .....	36
Modèle de fleurissement .....	36
Banque de graine et test de germination : .....	36
Banque de graine du sol .....	36
Tests de germination de la banque de graines du sol .....	37
Résultats .....	37
Etude de l'effet du fauchage sur les performances écologiques et agronomiques d' <i>Aster tripolium</i> . ....	39
Matériel et méthodes : .....	39
Site d'étude :.....	39
Modalités de traitements : .....	39
Modalités de suivi : .....	39
Paramètre biotique.....	39
Paramètres de suivi de la dynamique de population .....	39
Paramètre de suivi de croissance des individus.....	39
Résultats .....	40
Discussion .....	41
Bibliographie.....	42
Table des figures .....	44
Index des tableaux.....	45
Annexes.....	46

## **Remerciements**

Tous mes remerciements s'adressent tout particulièrement à Antoine pour toutes les connaissances apprises au cours du stage et l'aide apportée dans la rédaction du rapport.

Je remercie également Stéphanie, Thierry, Jean-Denis, Karine, Ellen pour leur aide apportée au cours de ce stage.

## **La structure d'accueil**

Le GEMEL (Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux) est une association (de type "Loi 1901") interrégionale de recherche et d'animation scientifique. Fondé en 1981, ses objectifs sont:

- de promouvoir la connaissance des écosystèmes littoraux en développant la recherche scientifique et les études appliquées,
- de participer à une large diffusion de la culture scientifique dans le domaine de l'écologie littorale,
- de développer les relations de travail auprès d'autres scientifiques français et étrangers.

Situé au 115 quai Jeanne d'Arc à Saint-Valéry-sur-Somme ses activités sont entre autres :

- l'évaluation des gisements de coques,
- l'étude des végétations littorales,
- la recherche d'espèces invasives sur le littoral picard,
- le suivi des apports en nutriments en mer,
- l'étude de la qualité des eaux de rejets de pluviales en mer,
- l'évaluation du potentiel d'exploitation en ressources exploitables en pêche à pied sur la zone des trois estuaires picards,
- l'évaluation de l'effet et suivi des conditions de pâturage en Baie de Somme

## Introduction

Dans un avenir proche les milieux estuariens et littoraux vont être confrontés au problème de réchauffement climatique. En effet ces milieux côtiers seront touchés par l'élévation du niveau de la mer (Watson et al., 1997) et l'intensification de la houle et du vent. D'un autre côté ces milieux littoraux pourraient renfermer certaines solutions par l'intermédiaire des plantes halophytes. En effet les halophytes par leur tolérance au sel pourraient répondre à deux problèmes actuels et futurs de l'agriculture : la salinisation des terres et le manque d'eau douce.

L'augmentation globale des températures et la modification du régime hydrique vont entraîner dans certaines régions sèches (région méditerranéenne par exemple) des phénomènes de sécheresses saisonnières ou chroniques, obligeant pour maintenir la production agricole à un recours à l'irrigation temporaire. Or une des conséquences à moyen terme de l'irrigation et une salinisation progressive des terres, celle-ci entraînant une diminution de la production voir une impossibilité de produire avec les espèces végétales classiquement employées.

Pour que ces plantes halophytes puissent tenir ce rôle si prometteur, il est nécessaire de mieux les connaître. Cette étude a pour objectif d'améliorer les connaissances sur la dynamique de population et le potentiel de production des deux halophytes estuariennes les plus exploitées en France à ce jour : l'*Aster tripolium* et *Salicornia fragilis*.

Après une synthèse des connaissances actuellement disponibles dans la littérature pour ces deux espèces les travaux réalisés sur celles-ci seront présentés. Dans un premier temps il sera développé les analyses qui ont permis d'aboutir à un modèle global de prévision de la production de la salicorne.

Ce modèle a pour objectif de prévoir :

- 1- le potentiel de production temporel et géographique de salicornes commercialisable en fonction de la pression d'exploitation
- 2- la production primaire temporelle et géographique
- 3- la production de graines en fonction de l'exploitation

Dans un deuxième temps il sera présenté quelques résultats préliminaires des études en cours chez l'aster qui visent à aboutir à l'obtention d'un modèle similaire

## Les salicornes

Les salicornes annuelles européennes qui regroupent toutes les salicornes comestibles, font toutes partie du genre *Salicornia* appartenant à la famille des Chénopodiacées.

### La salicorne ou les salicornes ; La classification des salicornes :

Un certain nombre de genre végétal possèdent des espèces difficiles à déterminer, le genre *Salicornia* en fait partie. Le nombre d'espèces qui le compose varient suivant les auteurs et les années. Toutes les sources s'accordant quand même pour distinguer trois groupes peut se distinguer facilement.

**Tableau 1: Synthèse sur la classification des espèces du genre *Salicornia* de la zone atlantique Française.**

Genre	Pléidie	Espèces	
		Lahondère Lahondère, C., 2004	Nouvelle flore de Belgique Lambinon, J. <i>et al.</i> , 2004
<i>Salicornia</i>	Diploide	<i>S. disarticulata</i> (Moss)	<i>S. pusilla</i> (Woods)
		<i>S. x marshallii</i> (Dalby)	
	Tripléide	<i>S. fragilis</i> (Ball et Tutin)	<i>S. Procumbens</i> (Smith)
		<i>S. dolichostachia</i> (Moss)	
		<i>S. emerici</i> (Duval-Jouve)	<i>S. emerici</i> (Duval-Jouve)
	Diploides	<i>S. obscura</i> (Ball et Tutin)	<i>S. obscura</i>
		<i>S. ramosissima</i> (Woods)	<i>S. europaea</i> Huiskes, A. L. <i>et al.</i> ,
		<i>S. brachystachia</i> (König)	

Cependant de récentes études Teegea, P. *et al.*, 2011 regroupe *S. procumbens*, *S. stricta* (*S. fragilis*) et *S. nitens* (*S. emerici*) en une seule espèce. La différence observée entre ce qu'il était considéré comme des espèces différentes ne résulterait que d'une forme d'écotype. La classification des espèces ne sont jamais complètement fixées mais celle des salicornes risque fort d'évoluer. La classification utilisée par la suite est celle de Lahondère, 2004.

En baie de Somme, cinq groupes d'espèces ont pu être identifiés. Le groupe *S. dolychostachya – fragilis* (sensu Lahondère, 2004) est bien représenté sur les bas niveaux. L'espèce la plus commune semble être *S. fragilis*, *S. dolychostachia* ne subsistant que sur certaines stations. Le groupe *S. ramosissima – brachystachya* caractérise les hauts niveaux. Les spécimens se rapprochant plus de *S. brachystachya* sont retrouvés sur la zone de la Maye, le reste étant de la *S. ramosissima* plus typique. *S. obscura*, espèce obscure s'il en est, aurait été vue sur une station. Enfin, *S. disarticulata* est présente sur la zone de la Maye, ainsi que l'hybride, *S. x marshallii*.

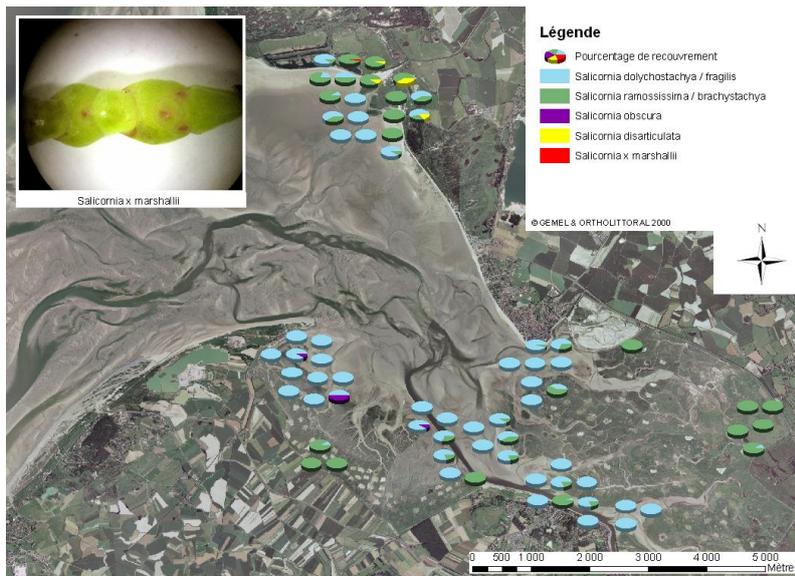


Figure 1 : Répartition des différentes espèces de salicornes en baie de Somme, en 2006.

Les salicornes se développent sur de larges surfaces en baie de Somme, principalement dans la zone comprise entre le Cap Hornu et le Hourdel et entre St Valery et le Crotoy, zone dans lesquelles sont implantées la concession d'exploitation des salicornes de l'Association des Ramasseurs de salicornes de la Baie de Somme. Certains espaces, notamment à proximité de l'embouchure du Dien, présentent de forts recouvrements en espèces du groupe *ramosissima* – *brachystachya*.

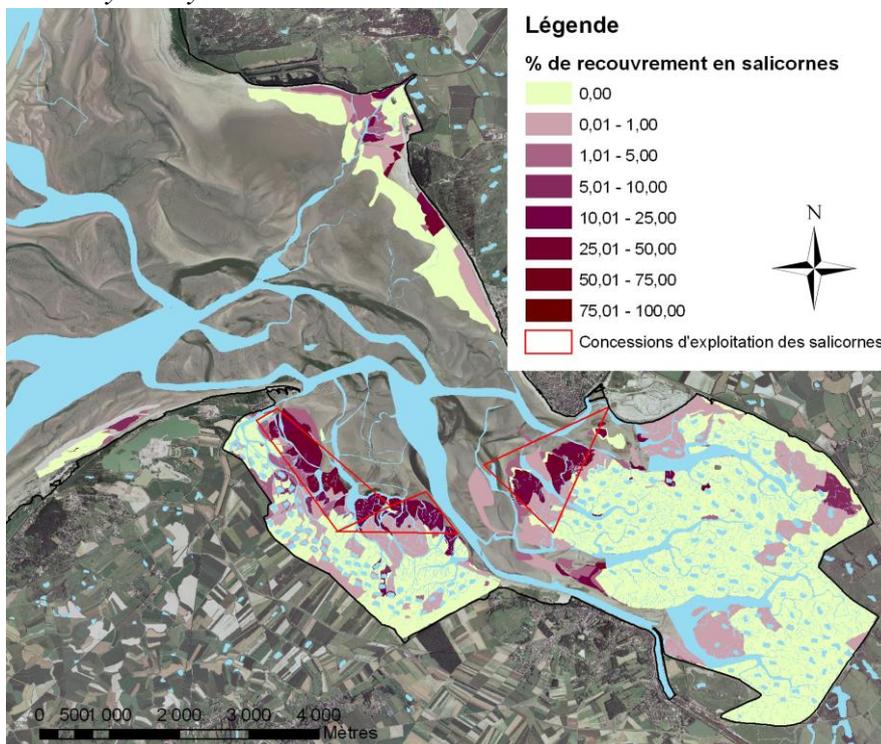
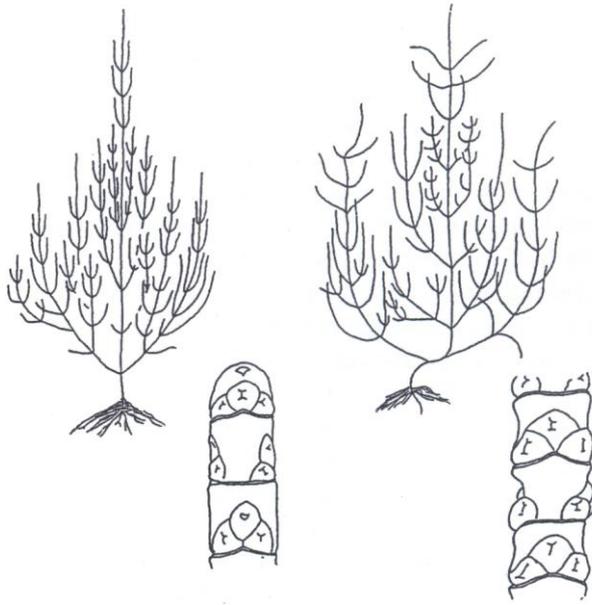


Figure 2 : Répartition des salicornes dans la baie de Somme (Auteur : GEMEL, titre : rapport à l'union européenne des résultats du promme ppicel ou un truc du genre.

Dans la suite de ce rapport sauf mention précisant le contraire on s'intéressera à l'espèce *S. fragilis* qui est une espèce récoltée en milieu naturel sur la façade de la manche. Cette espèce se caractérise par trois fleurs subégales et le port en candélabre



*Salicornia fragilis* Ball et Tutin

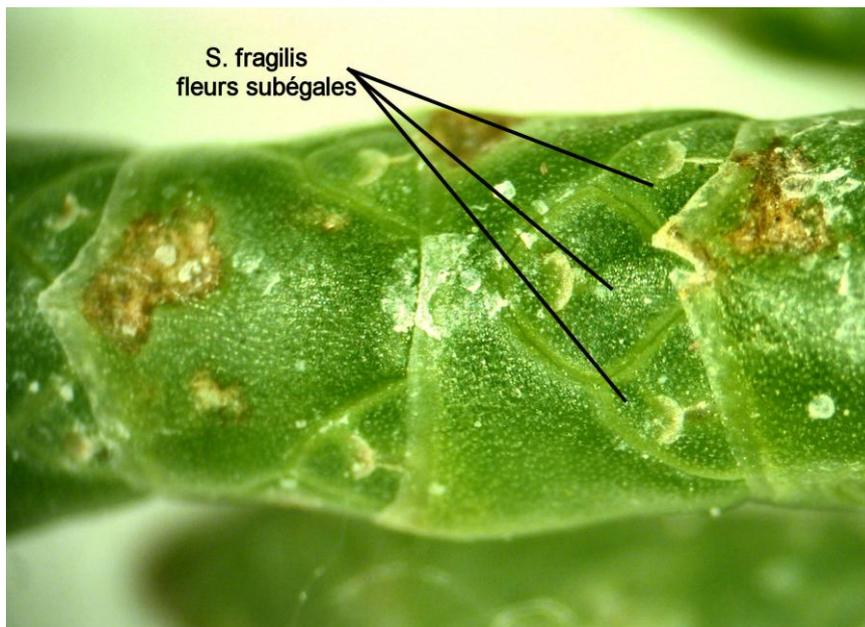


Figure 3 : *Salicornia fragilis* (Lahondère, 2004)

Les salicornes annuelles portent de nombreux noms locaux Granger, G., 2003; Jezequel, Y., 2010 utilisée principalement pour décrire une espèce comestible ( Passe pierre, Criste marine, haricot de mer, cornichon de mer ...).

**Habitat :**

*Salicornia fragilis* est une espèce pionnière qui colonise le haut des slikkes : les salicorniaies des bas niveaux (haute slikke atlantique) code Corine 15.11 Bensettiti, F. *et al.*, 2004. Au

niveau phytosociologique, l'habitat typique de l'espèce est le *Salicornietum dolichostachyae* décrit par Knauer Géhu, J.-M., 1975, même si l'espèce peut également être retrouvée dans d'autres associations.

Tableau 2: Tableaux phytosociologique du *Salicornietum dolichostachyae* Géhu, J.-M., 1975.

Sous-association																							a	b	c					
Nombre de relevés																							5	15	2					
Numéros des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22								
Surface en m <sup>2</sup>	5	10	10	10	10	10	4	4	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	5	10	10								
Recouvrement en %	20	5	20	20	40	20	2	30	60	20	40	40	40	40	20	50	30	30	30	10	30	40								
Nombre d'espèces	1	1	1	1	4	3	3	2	4	5	4	4	3	5	4	4	3	4	5	4	3	3	1,6	4,4	3					
<b>Caractéristiques d'association</b>																														
<i>Salicornia dolichostachya</i> (et <i>fragilis</i> )	23	21	21	22	33	32	21	11	44	32	33	33	21	23	21	33	33	32	32	21	32	33	v2-3	v1-4	2					
<b>Différentielles de sous-assoc.</b>																														
<i>Suaeda macrocarpa</i> (f. <i>érigée</i> )	23 +2 23 21 12 + 11 23 22 + 22 + 11 22 +																				v+3									
<i>Suaeda prostrata</i>																					11	21			2					
<i>Salicornia ramosissima</i>																					11	+			2					
<b>Compagnes</b>																														
<i>Aster tripolium</i>					11					+	i	i	+					+	11	+			11	+2	I <sup>1</sup>	Iv1-1				
<i>Puccinellia maritima</i>													+	+2	+	11	+	+	+	+					I <sup>+</sup>	III+1				
<i>Halimione portulacoides</i>													+									i			I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>				
<i>Spartina townsendii</i>																							+	2			I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>		
<i>Limonium vulgare</i>																														
Algae					32	22					22	22	23																	

**Légende :** En face de St-Valéry (Mollières), à marée basse : relevés 1-13-14-15-16-17-18-19-20  
 Baie Somme, rive gauche, entre St-Valéry et le Hourdel : relevés 2-3-4-5-6-10-11-12  
 Le Hourdel, vers Cap Hornu : relevés 9-25  
 St-Valéry : relevé 7  
 Baie de Maye : relevés 21-22  
 a : *S. d. typicum* ; b : *S. d. suadetosum macrocarpa* ; c : *S. d. suadetosum prostrata*

La salicorne a pour principales espèces compagnes : *Sueda maritima*, *Spartina anglica*, *Puccinellia maritima* et *Aster tripolium*.

**Cycle de vie des salicornes**

La salicorne fragile est une espèce annuelle. Son cycle de vie adulte peut se diviser en 3 étapes : germination, croissance et fructification. Cette dernière aboutit à la formation de graine qui l'année suivante ou après plusieurs années de dormances peuvent à nouveau germer (Figure 4).

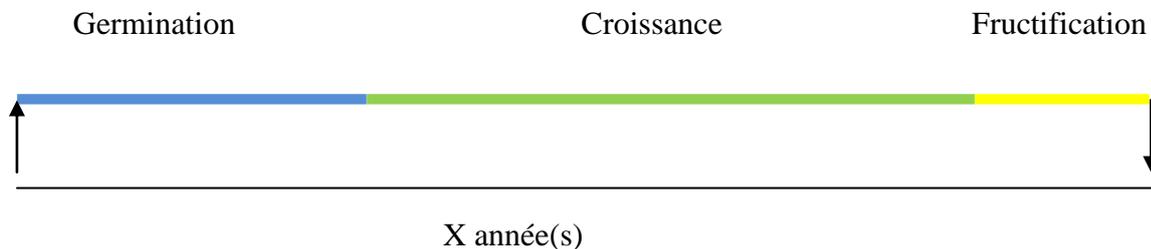


Figure 4: Cycle de vie de la salicorne.

## La Germination :

### **Période de germination**

D'après Langlois (2000), la salicorne fragile est la première plante de prés salé à germer en saison (Figure 5), les premières germinations peuvent apparaître dès la fin janvier ou début février (en baie du mont st michel) Langlois, E., 2000 et elle peut se poursuivre jusqu'au mois de mai.

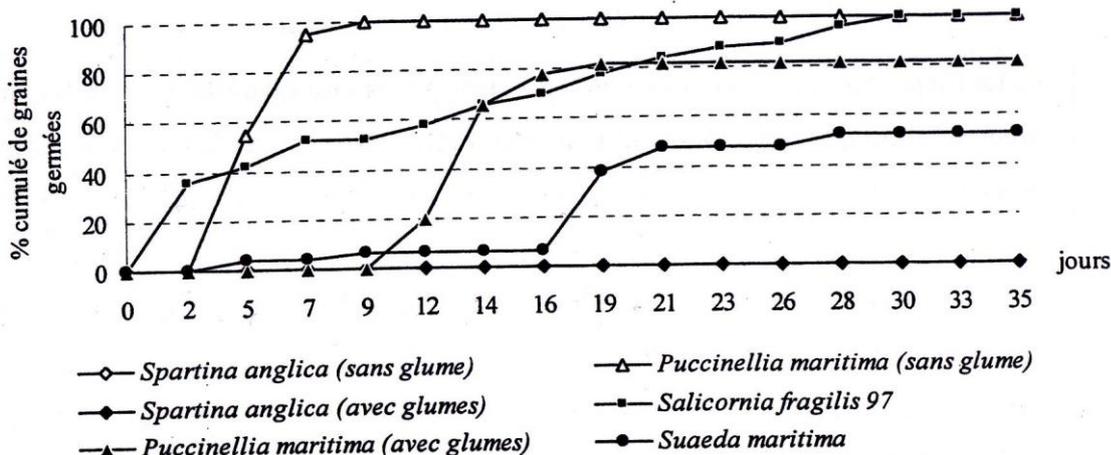


Figure 5: Vitesse et pourcentage de germination de différentes espèces de prés salé au cours du temps Langlois, E., 2000.

Cependant les autres espèces peuvent avoir une germination favorisée à la faveur de conditions météo particulières Langlois, E., 2000. Ceci peut avoir des conséquences non négligeables sur l'exploitation des salicornes. La pousse prématurée d'une autre espèce comme la soude (*Suaeda maritima*) rend l'exploitation de la salicorne beaucoup plus longue pour le cueilleur en lui rallongeant le temps de coupe ou/et lui imposant un temps de tri supplémentaire avant la commercialisation.

### **Taux et condition de germination.**

La germination est fortement liée à la salinité, les graines de salicorne peuvent germer dans l'eau douce Grouzis, M., 1974. C'est même en absence de salinité que l'on atteint une germination de 100 % Langlois, E., 2000.

Il est à noter qu'un traitement des graines avant la germination par un froid humide entraîne une hausse du taux de germination des différentes espèces de salicornes, et ceci d'autant plus que les graines se trouvent dans un milieu salé Grouzis, M., 1974; Lehraiki Semrade, S., 2008. Une certaine photosensibilité des graines de certaines espèces de salicornes a été observé Grouzis, M., 1974.

Le taux de germination en milieu naturel est dû à une combinaison de ces différents facteurs : température, lumière et salinité Meudec, A., 2006. Le taux de germination a été testé selon

différents de ces paramètres par Digaire Digaire, F., 1993, elle a montré que l'on obtenait un meilleur taux de germination à des taux de salinité faible sans obtenir les 100 % de germination de Langlois mais des taux de 80 % à une température de 25°C. Ses résultats confirment aussi qu'un pré traitement au froid humide augmente le taux de germination pour des températures comprises entre 10 et 20°C et pour des taux de salinité plus important.

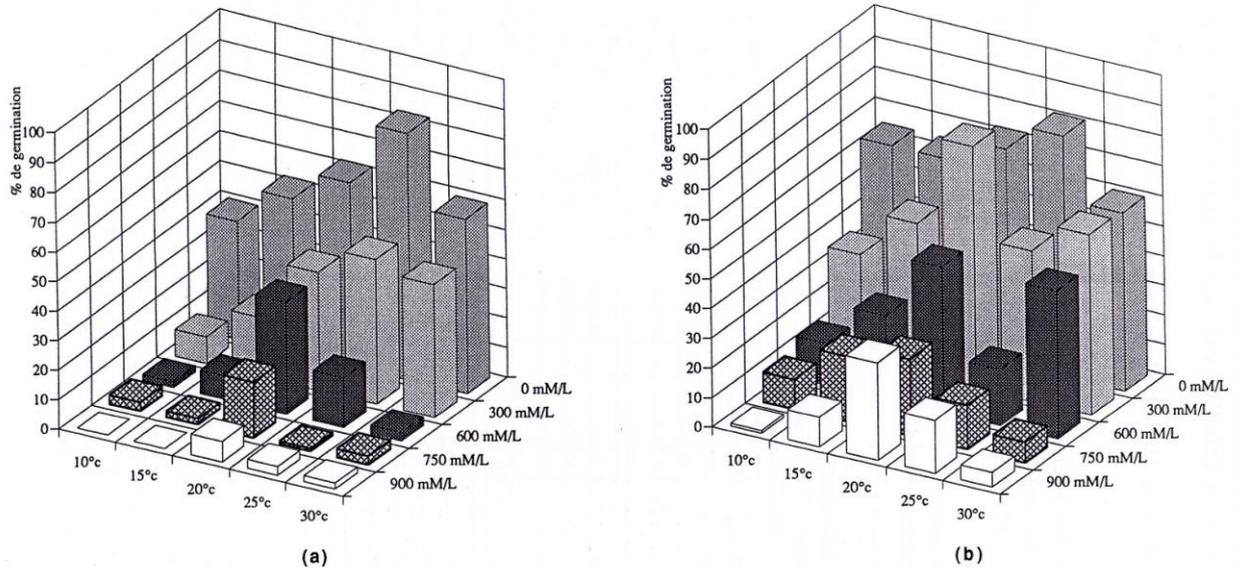


Figure 6: Pourcentage de germination des graines de salicorne en fonction de la température, de la concentration en NaCl et d'un pré-traitement (b) au froid humides (5°C) pendant 1 mois Digaire, F., 1993.

#### Croissance :

La phase de croissance est marquée par une forte diminution de la densité de salicornes Zambettakis, C., 1987 entre les mois d'avril et mai, quelles que soit les différentes stations étudiées (Figure 7). Pour atteindre une densité d'individus autour de 1 000 ind/m<sup>2</sup> au mois de septembre.

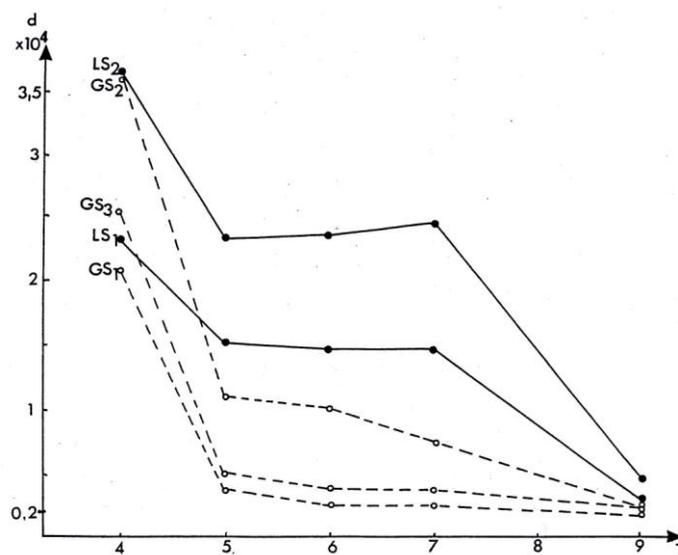


Figure 7: Evolution du nombre d'individus au cours des mois de l'année Zambettakis, C., 1987.

Un peu plus tard en saison, la densité d'individus atteint, une moyenne de 308 individus au m<sup>2</sup> (En baie de Canche, au 16 octobre) Duval, J., 1973.

#### *Productivité :*

Différentes productivités primaires de *Salicornia europaea* ont été relevées dans la littérature :

- 3,1 T/ha/an de poids sec en baie de Canche Duval, J., 1973
- De 4,9 à 6,3 t/ha/an dans le Havre de Geffosses Zambettakis, C., 1987; Digaire, F., 1993
- De 7,2 à 9,5 t/ha/an de poids sec dans le Havre de Lessay Zambettakis, C., 1987

Comparé aux autres halophytes estuariennes, la production de salicornes est légèrement inférieure à celle de *Spartina anglica* (6,4-16,5 t/ha/an) et d'*Halimione portulacoides* (5,6-36,0 t/ha/an) (Bouvet, A., 2010). En comparaison les rendements de maïs-ensilage s'étalent entre 8 à 21 tonnes (*poids sec/ ha-1*) (WHALEN, J. K., , soit environ le double que la production de salicornes en milieux naturelles. Cette différence peut paraître énorme mais quand on prend en compte que le maïs est cultivé et sélectionné spécialement pour produire de la biomasse la différence se révèle beaucoup moins grande.

#### *Fleurissement et production de graines :*

Le fleurissement a lieu dès la fin du mois d'août pour *S.fragilis*, c'est la plus précoce des salicornes atlantiques Meudec, A., 2006. La production de graine peut être estimée entre 550 et 1050 graines par individus Langlois, E., 2000. Il est à noter que le nombre de graines varie en fonction de la période de germination de la salicorne. En l'absence d'autres facteurs une salicorne ayant germé plus tôt en saison produira plus de graines.

La dispersion des graines a lieu au mois de novembre Langlois, E., 2000. Les graines ont tendance à se regrouper dans les anfractuosités du sol, ce qui est observé également chez *Salicornia ramosissima* Lehraiki Semrade, S., 2008.

Les graines de salicornes se trouvent principalement dans la couche supérieure 0-1,5 cm du sédiment, avec des densités pouvant atteindre plus de 9000 graines au mètre carré Langlois, E., 2000. Il a été montré que des graines de certaines espèces de salicornes enfouies plus profondément ont plus de difficultés à germer Lehraiki Semrade, S., 2008.

#### *L'exploitation des salicornes en milieux naturels:*

Il faut avant tout distinguer deux types de récoltes de salicornes. La récolte amateur à des fins de consommation personnelle qui est pratiquée par un nombre restreint de personnes (essentiellement par une population locale, fréquentant les zones à salicorne pour d'autres activités). Et la récolte professionnelle qui représente des quantités beaucoup plus importantes et dont il sera question dans la suite de ce paragraphe.

En France la récolte de la salicorne est effectuée en milieux naturels de manière artisanale (Figure 8).



**Figure 8: Coupe de Salicorne à la faucille Mary, E., 2010.**

Les outils autorisés pour la coupe peuvent varier selon les régions (en fonction de la réglementation) de la période de l'année (utilisation de l'outil le mieux adaptées à la morphologie de la salicorne) et du pêcheur (utilisation de l'outil le mieux adapté pour obtenir la qualité de salicorne recherchée).

Ce mode de récolte de la salicornes n'est pas considéré comme de la culture (absence de plantation) néanmoins il nécessite un entretien du milieu : fauche hivernale, fauche de début de saison Le Rest, M. *et al.*, 2011, labour hivernal Meirland, A. *et al.*, 2010 permettant de maintenir voir améliorer le potentiel de production.

Le potentiel de production de salicorne exploitable n'est pas connu ou n'est pas publié à l'échelle d'un lieu géographique et par conséquent n'est pas quantifiable au niveau Français. Néanmoins, ce potentiel de production diminue et va continuer à diminuer dans les années à venir. Ceci est lié à la diminution des habitats à salicornes Bensettiti, F. *et al.*, 2004; Le Rest, M. *et al.*, 2011 liée à la dynamique sédimentaire des littoraux.

De plus du fait de l'utilisation d'un milieu naturel sujet à protection Bensettiti, F. *et al.*, 2004, ce mode de récolte doit faire la preuve qu'il n'a pas d'impact négative sur le maintien de ces milieux. Or très peu d'études ont été menées sur l'impact de l'exploitation de la salicorne en milieu naturel Le Rest, M. *et al.*, 2011 et aucun résultat concluant de façon ferme sur la cueillette des salicornes.

Au niveau européens des zones de polders ont été re-estuarisé Wolters, M. *et al.*, 2005, et de nombreux autres sites sont en cours d'étude. Ceci ouvre des perspectives de création de nouvelles zones exploitables.

D'un point de vue réglementaire la récolte professionnelle est ouverte par arrêté préfectoral (préfecture maritime) qui fixe la ou les périodes de récolte (choisie en concertation avec les cueilleurs) et les conditions (outils de récoltes, quotas ...). Les conditions peuvent varier en fonction des régions de pêche.

### La culture des salicornes

La culture de salicorne est la principale forme de récolte de la salicorne dans le monde, elle s'effectue dans de nombreux pays (Israël, Etat-Unis, Pays-Bas, ...)

La culture en champs est présente en France, notamment en Charente maritime où des productions de 9,7 T/ha ont été atteintes (Creaa, 2010).

Une étude a démontré que le rendement maximum était atteint lorsqu'il était appliqué une coupe tous les 3 semaines à la salicorne (Ventura, Y. *et al.*, 2011).

### Utilisation de la salicorne

Historiquement la salicorne a été récoltée avec d'autres halophytes pour produire la soude. Cette activité a été éteinte au XIX<sup>e</sup> siècle supplantée par une production chimique (Jezequel, Y., 2010).

Aujourd'hui deux grands types d'utilisation peuvent être distingués : culinaire et cosmétique. A l'étranger (Etat-Unis notamment) des projets d'utilisation de la salicorne se développent également à des fins fourragères ou pour produire de l'huile (agro-carburant).

## L'aster

L'aster est considéré comme une plante annuelle, bisannuelle ou pérenne Huiskes, A. L. *et al.*, 1987. Elle peut donc être thérophyte ou hemi-cryptophyte Lambinon, J. *et al.*, 2004. Elle a été très peu étudié et de nombreuses incertitudes demeurent sur différents aspect de sont cycle de vie.

### Cycle de vie.

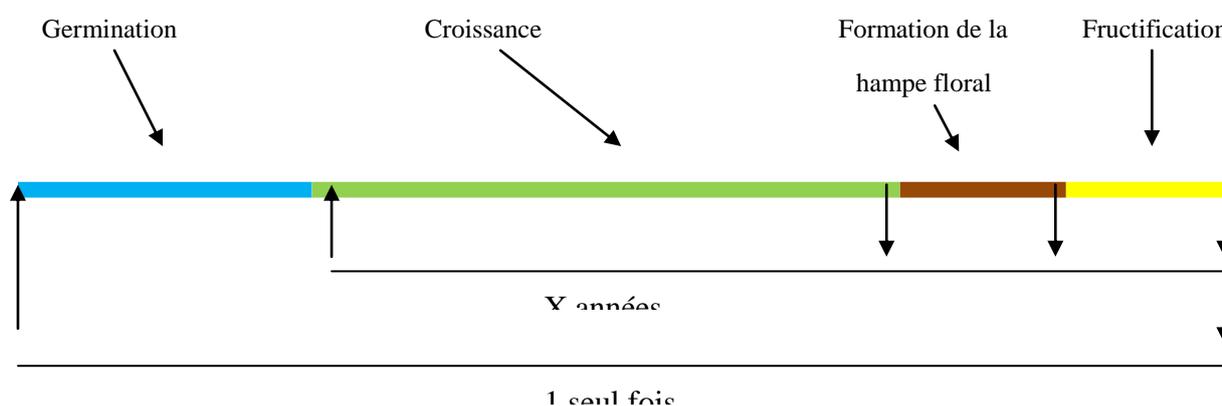


Figure 9: Cycle de vies de l'*Aster tripolium*.

La germination a lieu en février-mars suivi de la reprise des individus de plus d'un an. Duval Duval, J., 1973 note des difficultés pour observer les individus il préconise d'utiliser la densité de tiges qui lui semble plus représentative. Il trouve une moyenne de 115 tiges/m<sup>2</sup> et une productivité de 17,7 T/ha/an de matière sèche.

Une publication de Huiskes et Van Soelen nous apporte les informations concernant une production de graines moyenne qui varie entre 25 et 45 par capitules en fonction du milieu. Les moyennes hautes étant observées dans les milieux hors-tidaux et les moyennes les plus faible dans les milieux tidaux. Par contre ils n'a pas été observés de variation du nombre de capitule par hampe florale en fonction du milieu, ce nombre variant fortement entre les sites de (0 a 399 capitules par hampe florale)Huiskes, A. L. *et al.*, 1987.

### Habitat :

L'*Aster tripolium* appartient également a l'habitat à salicorniaies des bas niveaux (haute slikke atlantique) code Corine 15.11 Bensettiti, F. *et al.*, 2004. Mais au niveau phyto-sociologique elle demeure dans l'association : *Astero-Suaedetum macrocarpae* (Tableau 3) décrit par Géhu en 1969Géhu, J.-M., 1975.

**Tableau 3: Astero-Suaedetum macrocarpae Gêhu, J.-M., 1975.**

Numéros des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Surface en m <sup>2</sup>	10	5	5	5	3	5	1	2	4	5	10	1	5	6	5	5	5	10	10
Recouvrement en %	40	30	50	40		50	50	70	70	50	40	60	70	70	50	70	60	85	75
Nombre d'espèces	3	3	4	3	3	3	3	5	4	4	4	6	4	6	4	4	3	6	5
<b>Caract. d'association :</b>																			
<i>Suaeda maritima macrocarpa</i>	42	23	34	34	54	44	32	44	44	44	32	44	44	33	44	33	34	55	44
<i>Aster tripolium</i>			12	+2	+2	23		11		+	+	(+)		22				22	12
<b>Diff. de sous-ass. et des Unités supérieures :</b>																			
<i>Salicornia dolichostachya</i> et <i>fragilis</i>	21	12	23	21	12	11	32	11	+	+	21	22	23	23	+	33	22	21	22
<b>Compagnes :</b>																			
<i>Spartina townsendii</i>	(+)	+	21						+	+	+	(+)		+	+2				+
<i>Puccinellia maritima</i>												+2	12	+2	+2	+	+	+2	+
<i>Limonium vulgare</i>							+	(+)	+			11	+	+		+			+

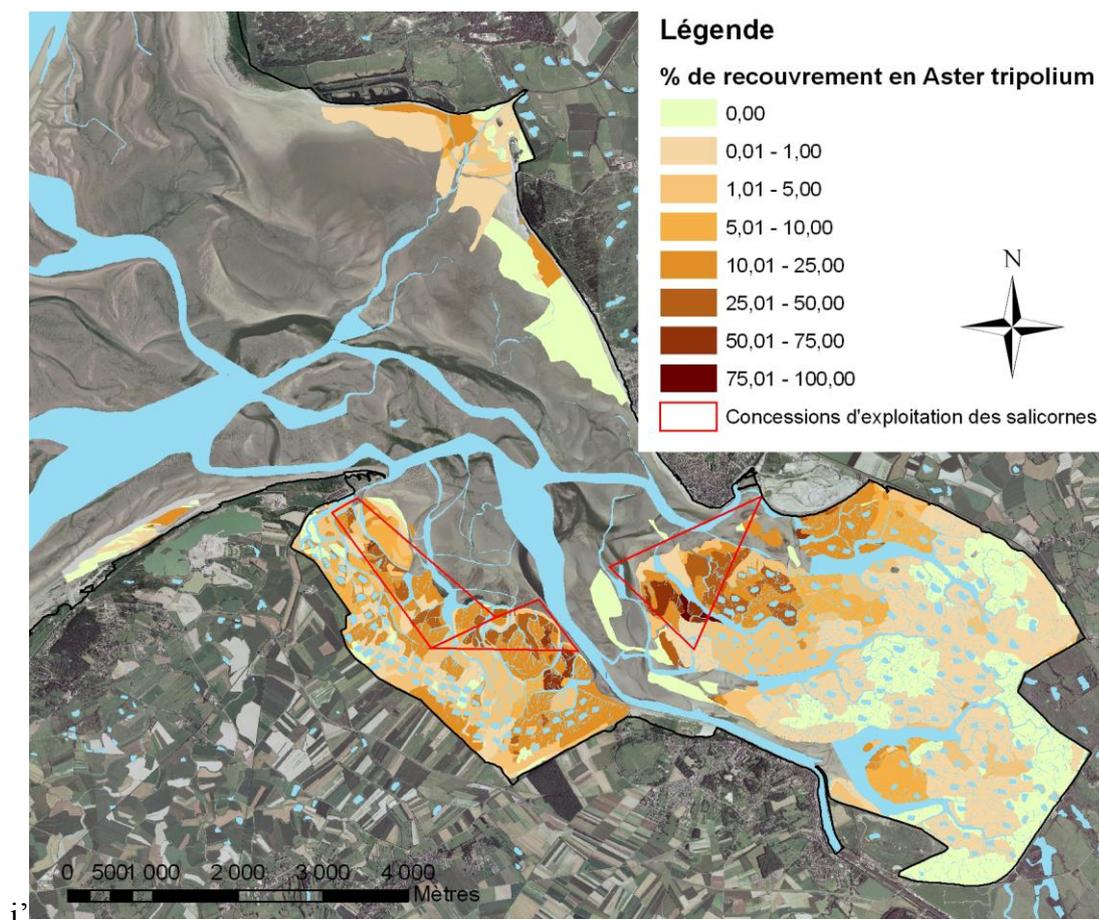
**Légende :** Embouchure de la Maye : relevés 1-5

Le Hourdel : relevés 11-7

Entre St-Valery et Le Hourdel : relevés 2-3-4-6

En face de St-Valéry, à marée basse : relevés 8-9-10-12-13-14-15-16-17-18-19

Elle se répartit, en baie de Somme, sur les niveaux intermédiaires principalement. Un voile de cette espèce recouvre une part importante du pré salé. Les zones de plus forte densité sont situées dans la concession d'exploitation des Salicornes.



### L'exploitation de l'aster

Comme la salicorne, l'aster est exploitée artisanale par une récolte au couteau en milieux naturels Association des ramasseurs de salicornes de la Baie de Somme, 2011. Au niveau

français cette récolte est beaucoup plus limitée géographiquement et quantitativement que celle de la salicorne. Au niveau européens il existe une culture au Pays-Bas (Figure 10) Lieth, H. *et al.*, 1999.



**Figure 10: Culture d'Aster tripolium au Pays-Bas Lieth, H. *et al.*, 1999.**

# Etude de la dynamique de population et de la production de *Salicornia fragilis*

## Matériels et méthodes

### Site d'étude

Deux zones différentes ont été suivies au cours des années 2007-2008 dans la baie de Somme. Une zone de trois stations (QC) était située au centre de la baie de Somme, entre Saint Valery sur Somme et le Crotoy et une autre, de quatre stations à proximité du Hourdel (Cayeux sur Mer).

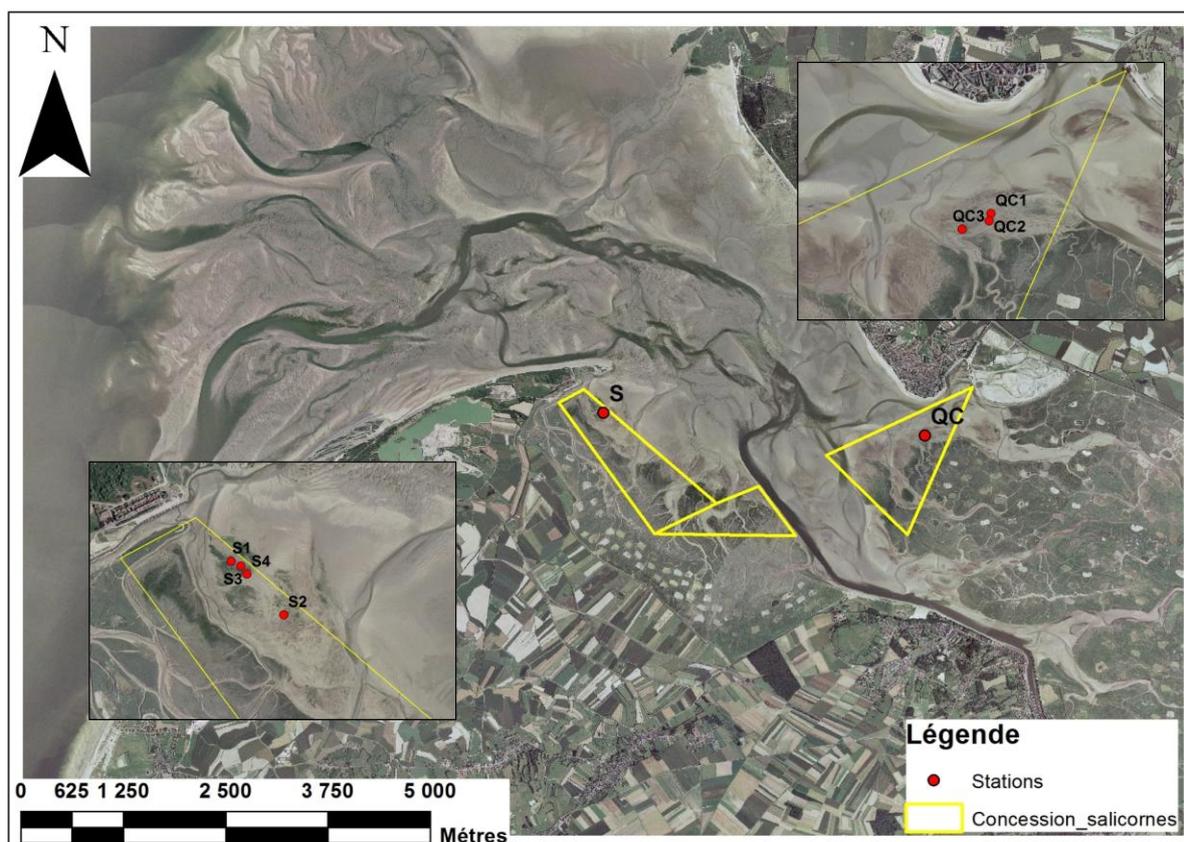


Figure 11 : Localisation des zones de suivi de *Salicornia fragilis*

Les zones ont été localisées afin de caractériser au mieux les niveaux de production de salicornes sur la baie et de correspondre aux concessions d'exploitation des cueilleurs professionnels. Les stations ont été suivies tous les 15 jours entre avril 2007 et mars 2008.

### Caractérisation de la zone de suivi

A chaque passage un relevé de végétation (proportion de recouvrement des espèces) a été réalisé sur la zone de végétation homogène comprenant la station. L'altitude peut être approchée grâce à la campagne de mesure réalisée par photogrammétrie pour le Conseil Général de la Somme.

### Méthode des quadrats

Les quadrats sont des outils régulièrement utilisés pour les suivis de population et de conditions environnementales. Sur chaque zone, sept quadrats (trois pour la station QC et quatre pour la station S) d'une surface de 0,25 m<sup>2</sup> ont été prélevés tous les 15 jours. Les paramètres mesurés concernent les paramètres biotiques, la dynamique de population adulte et la production.

### *Paramètres biotiques*

Le pourcentage de recouvrement des espèces végétales présentes sur les quadrats a été relevé. L'ensemble des parties aériennes des espèces végétales a été récolté après découpe aux ciseaux. Pour chaque espèce, le poids frais, le poids sec et le poids sec sans cendre ont été mesurés.

### *Dynamique de la population adulte*

Pour chaque quadrat, à chaque date, les salicornes présentes ont été dénombrées.

### *Production de Salicornia fragilis*

La hauteur épigée des salicornes a été mesurée. Le nombre de ramifications, leur ordre et l'état de maturation (végétatif, en fleur, en graine) a été mesuré. La longueur de la partie lignifiée a été mesurée également. Le poids frais, le poids sec et le poids sec sans cendre a été réalisé sur des groupes d'individus. Des pesées test effectuées sur 21 échantillons ont permis d'établir qu'un temps de séchage de 120 heures était suffisant pour obtenir un poids sec et stable de salicornes.

### Modèle de fleurissement : nombre de fleur par longueur de tige fleurie

En septembre 2007, il a été effectué sur dix salicornes par stations un comptage du nombre de fleurs que possède chaque salicorne. Un dénombrement du nombre de triplets de fleurs a été effectué sur une partie de la longueur fleurie de chaque salicorne (environ 4 cm), ce qui a permis d'estimer après la mesure de longueur de tiges fleuries total de chaque salicorne, le nombre de fleurs que chaque individu possède.

### Banque de graine et test de germination

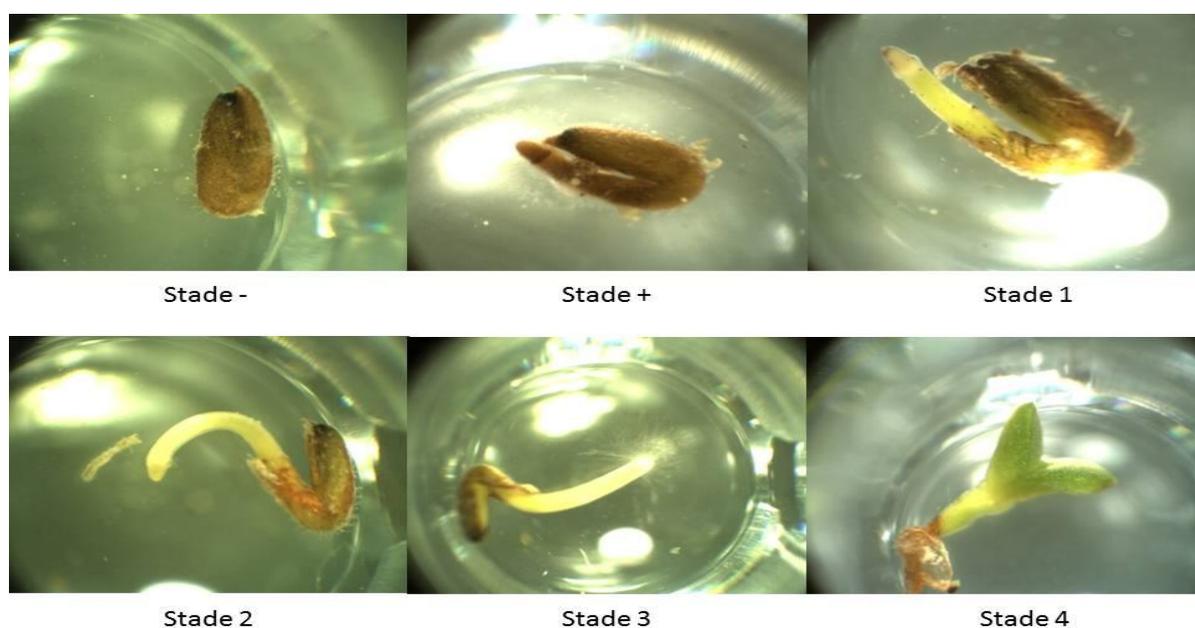
#### *Banque de graine du sol*

En septembre 2007 et en mars 2008, une mesure de la banque de graine du sol en salicorne a été effectuée. Quatre prélèvements de 1/630 m<sup>2</sup> de sédiments ont été réalisés sur chaque station. Les graines de salicornes ont été dénombrées.

### *Tests de germination de la banque de graines du sol*

Les graines récoltées ont été conservées au réfrigérateur et mises à germer en avril 2008 dans des microplaques contenant de l'eau de mer à 15 PSU. Le suivi de la germination a été effectué une fois par semaine pendant cinq semaines. Six stades de développement de la graine ont été identifiés :

- stade - : graine fermée,
- stade + : graine ouverte,
- stade 1 : radicule de petite taille,
- stade 2 : radicule bien développée,
- stade 3 : radicule bien développée et présence de racines,
- stade 4 : présence des deux cotylédons.



**Figure 12 : Six stades de développements identifiés.**

### *Banque de graine complémentaire sur les pied sec de salicorne.*

Il a un certain nombre de graines de salicorne qui passent l'hiver en sur le pied mer, sec, et non emporté par les flots. Bien que cette variable soit fortement dépendante de la zone et des conditions météorologiques hivernales, la mesure de cette variable permet d'appréhender une seconde réserve épigée de graines. Afin d'évaluer cette banque de graine complémentaire, en mars 2008 sur 18 salicornes, le nombre de gaines resté accrochées sur les pieds séchés a été dénombrés.

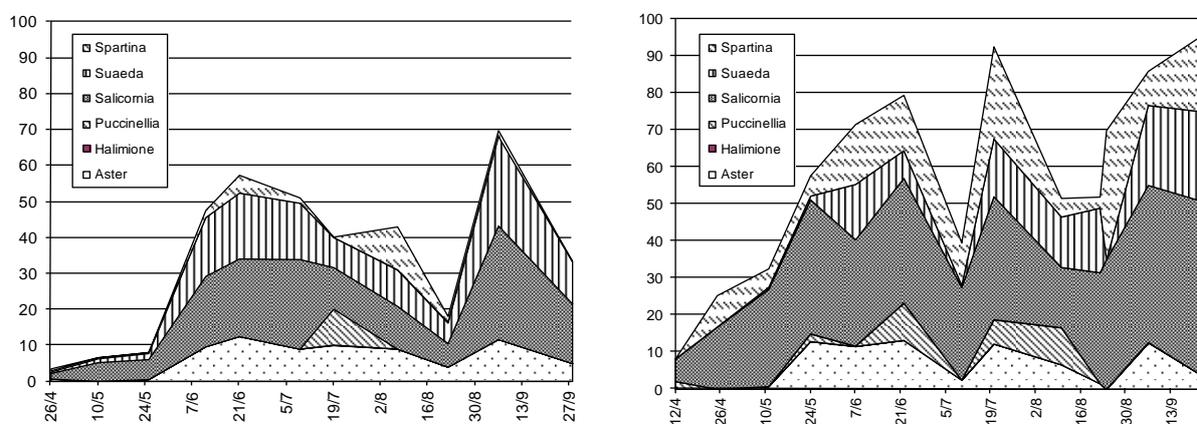
## Résultats :

### Zones de suivi

Elle est caractérisée sur les deux stations par un faible cortège d'espèces : *Salicornia fragilis*, *Spartina anglica*, *Sueda Maritima*, *Aster tripolium*, *Puccinellia maritima* et *Halimione portulacoides*.

### Paramètres biotiques

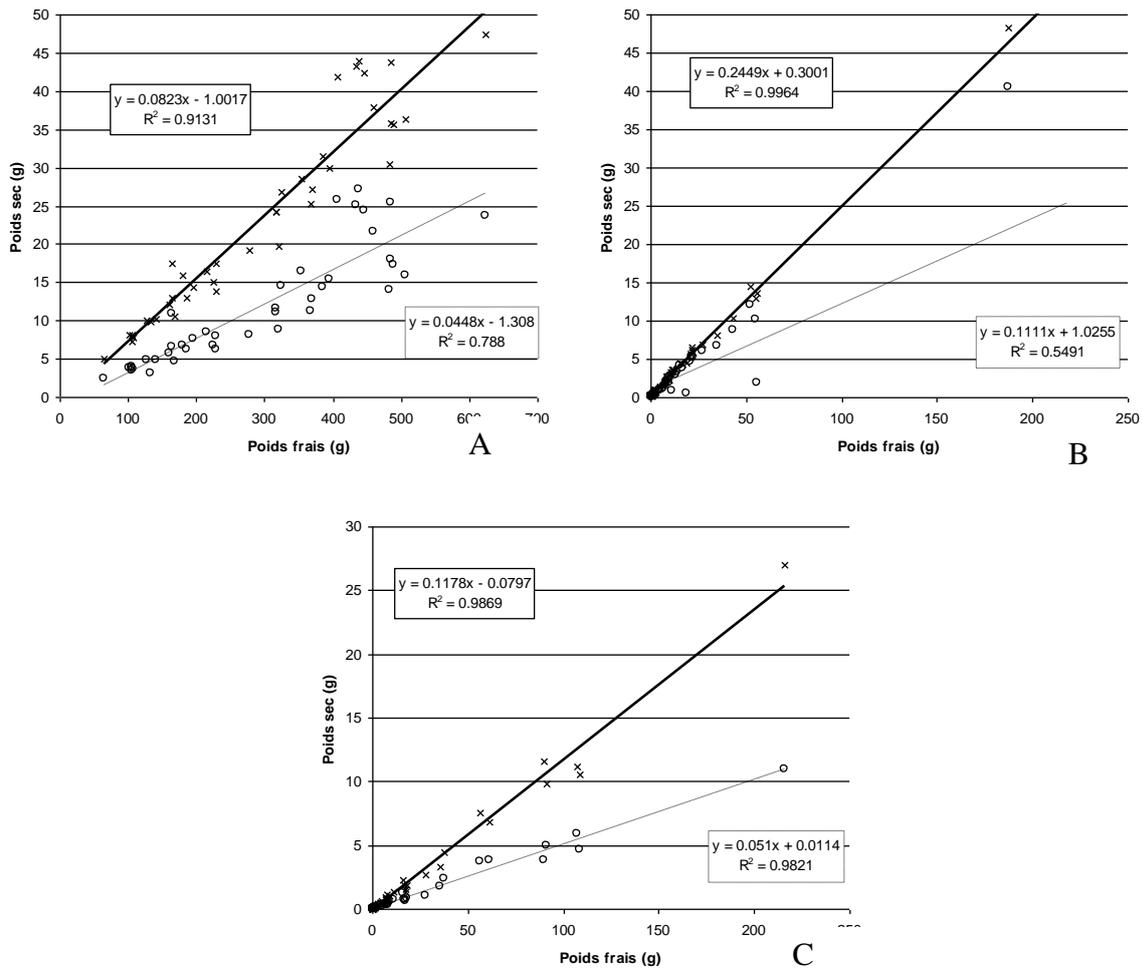
L'évolution du recouvrement sur la station permet d'appréhender l'évolution de la station au cours de la saison. La Figure 13 permet d'appréhender l'évolution globale de la zone, cependant, ces données issues des quadrats doivent être relativisée par rapport à la méthode destructrice de l'échantillonnage entraînant une forte variabilité. La zone QC est recouverte, de moins de 10% de spartine, chiffre stable au cours du temps. L'image globale de la zone laisse transparaître une zone de Salicorniaie de bas niveau, mêlée de façon importante à la soude et la spartine. Le recouvrement total atteint 50% en cours de saison. Au cours des mois de juillet et d'août, le recouvrement est compris entre 11 et 25%. La zone S a un recouvrement important, atteignant plus de 90% en fin de saison. La salicorne domine le milieu toute la saison, accompagnée de spartine (environ 10%), et de puccinellie et de soude de façon constante. Au cours des mois de juillet et d'août, le recouvrement est compris entre 16 et 35%.



**Figure 13 : Evolution du recouvrement moyen par espèce sur la station QC (à gauche) et sur la station S (à droite).**

Relation Poids frais, poids sec et poids sec sans cendre par espèce

Pour les principales espèces, Salicorne, Soude et Spartine, des relations allométriques liant le poids frais au poids sec et le poids frais au poids sec sans cendre ont été établies. La spartine a une teneur en eau beaucoup plus faible que les deux autres espèces. Par contre, elle contient plus d'éléments minéraux que les deux autres.



**Figure 14 : Relation entre le poids frais et le poids sec étuvé (trait plein et croix) et entre le poids frais et le poids sec sans cendres (trait pointillé et ronds) pour *Salicornia fragilis* (A), *Spartina anglica* (B) et *Suaeda maritima* (C).**

### Dynamique de population adulte

Les deux zones d'échantillonnage ont des évolutions du nombre d'individus similaires, à la décroissance. Le nombre maximal d'individu est observé au deuxième passage, les 10 et 11 mai. Sur la station S, le nombre d'individu atteint à cette date une valeur moyenne de 1613 individus (+/- 1216) alors que sur la station S, il atteint 3552 individus (+/2287). La valeur moyenne de fin de saison est de 413 individus (+/- 204) sur la station QC et de 706 individus (+/- 413). Les taux de mortalités sont similaires, 74,38% sur la station QC et 80,12% sur la station S. Le nombre d'individu par date utilisé par la suite sera celui calculé à l'aide des équations de la Figure 15.

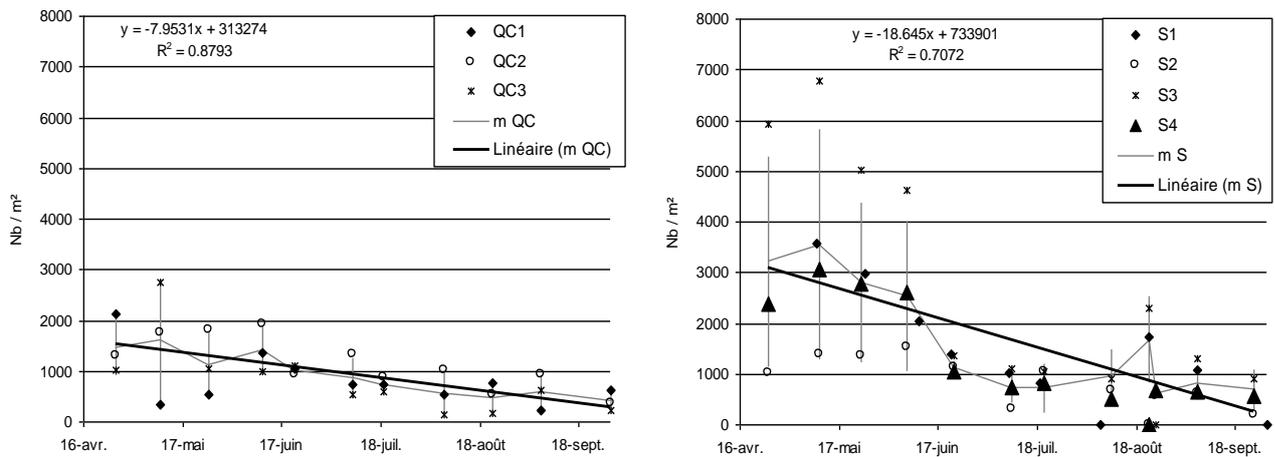


Figure 15: Evolution du nombre d'individus sur la station QC, à gauche (et sur la station S à droite).

### Production de Salicornia fragilis

Pour connaître la production globale des salicornes en fonction du temps, deux modèles ont été couplés : un modèle de croissance de l'axe principale de la salicorne et un modèle d'évolution du nombre de ramification.

L'analyse de l'évolution du nombre de ramifications et de la taille moyenne sur les deux stations a été effectuée sur le logiciel TableCurve2D. Les données ont été complétées avant l'analyse par une valeur de taille nulle tous les 15 jours (le pas de temps de nos relevées) du 1 janvier au 1 mars (période où aucun développement de salicorne « viable » ne peut être observé) et du 15 novembre au 31 décembre (période où plus aucune salicorne vivante ne peut être observée). Ces données ont été comparées à plusieurs types de modèles (annexes) choisies en fonction de leurs  $R^2$ , de leur significativité biologique et de leur adéquation avec l'évolution sur les sept stations. D'après les différents essais réalisés, le modèle le plus pertinent et le plus simple à expliquer biologiquement est la double asymptote du type :

$$y = a + \frac{b}{(1 + \exp(-(x-c+d/2)/e))} (1 - 1/(1 + \exp(-(x-c-d/2)/f)))$$

pour la taille l'axe principal de la station QC, elle prends la forme suivante:

$$y = a + b \exp(-0.5(x-c)^2/n) (1 + \operatorname{erf}(e(x-c)/((2n)^{0.5}d))) / n^{0.5} \quad n = e^2 + d^2$$

Les différents paramètres des équations utilisées par station et selon la variable sont présentés dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Paramètres et significativité des équations utilisées**

	QC		S	
	nb ramif	taille	nb ramif	taille
a	0,5642	-0,2614	-0,0506	-0,0663
b	109,5460	184,2628	21,9895	34,2999
c	232,7539	278,6995	235,0417	244,8079
d	15,8924	7,4216	65,8913	134,4700
e	12,8725	-72,9617	20,3887	24,1275
f	19,1662		0,7608	0,0947
R <sup>2</sup>	0,9792	0,9983	0,9776	0,9955

L'évolution de la longueur de tige totale des salicornes en fonction du temps a été estimée la combinaison de la vitesse de croissance en hauteur de la tige principale et du nombre de ramification selon la formule suivante.

$$L_j = H_j + \sum_{i=1}^j (R_i \cdot V_i)$$

où :

$L_j$  est la longueur de tige totale au jour j

$H_j$  est la hauteur de l'axe principale au jour j

$R_j$  est le nombre de ramification au jour j

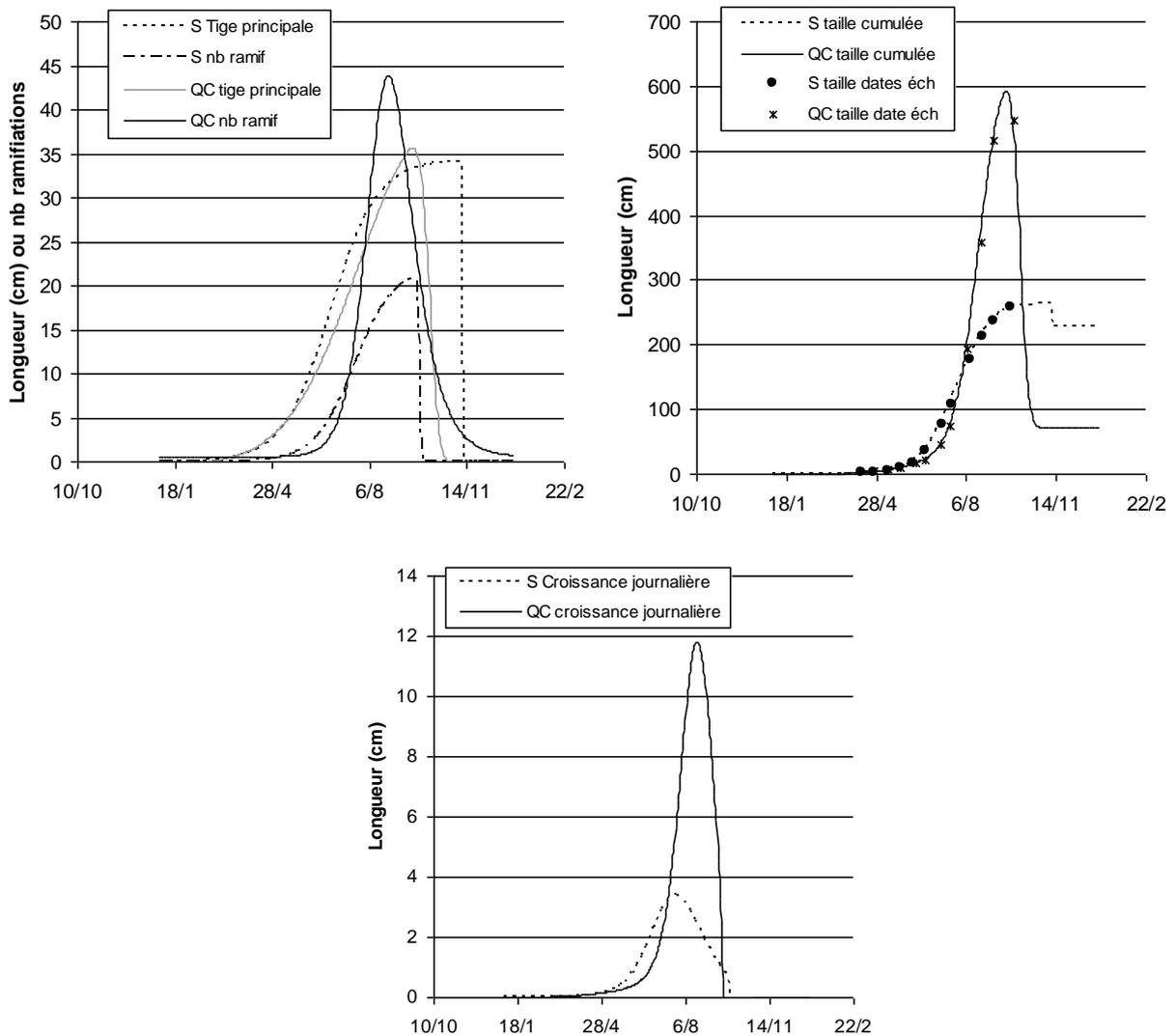
$V_j$  est la vitesse de croissance de l'axe principale au jour j [  $V_j = H_j - H_{(j-1)}$  ]

Sur la station S, la salicorne grandit jusqu'à 34 cm, valeur atteinte le 8 octobre. La plante atteint son nombre maximal de ramification (20) le 27 septembre. La taille cumulée est de 261 cm le 3 octobre. La croissance journalière maximale est atteinte le premier août avec 3,27 cm d'allongement par jour.

Sur la station QC, la salicorne grandit jusqu'à 35 cm, valeur atteinte le 23 septembre. La plante atteint son nombre maximal de ramification (43) le 29 août. La taille cumulée est de 590 cm le 21 septembre. La croissance journalière maximale est atteinte le 21 août avec 11,75 cm d'allongement par jour.

La station S a un développement continu, n'atteignant un niveau maximal que tard en saison fin septembre, alors que sur la station QC, les maxima sont atteints fin août. L'importance des

ramifications sur la station QC permet le développement de 2,26 fois plus de tige que sur la station S, pour une taille maximale similaire de 34-35cm.



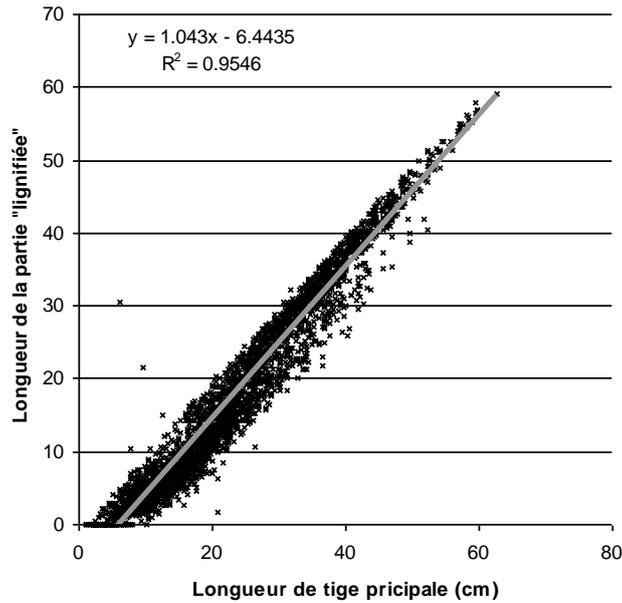
**Figure 16 : Modélisation de l'évolution de la longueur de tige totale, de la longueur de la tige principale, du nombre de ramifications et de la croissance journalière pour les stations S (trait pointillé) et QC (trait plein) .**

#### *Etat de maturation*

Les premières fleurs de salicornes apparaissent le 22 juin sur la station S et le 9 juillet sur la station QC. Toute la population est en fleur à partir du 22 août. Les graines de salicornes apparaissent le 24 septembre. Il ne semble pas avoir de différences entre les deux stations.

#### *La longueur de la partie « lignifiée »*

Au cours du développement de la salicorne, une tige coriace se développe dans la tige. Cette partie lignifiée apparaît le 25 mai pour une salicorne de 5cm de haut. La relation entre la longueur de tige et la longueur « lignifiée » est donnée par l'équation présentée sur la Figure 17 :



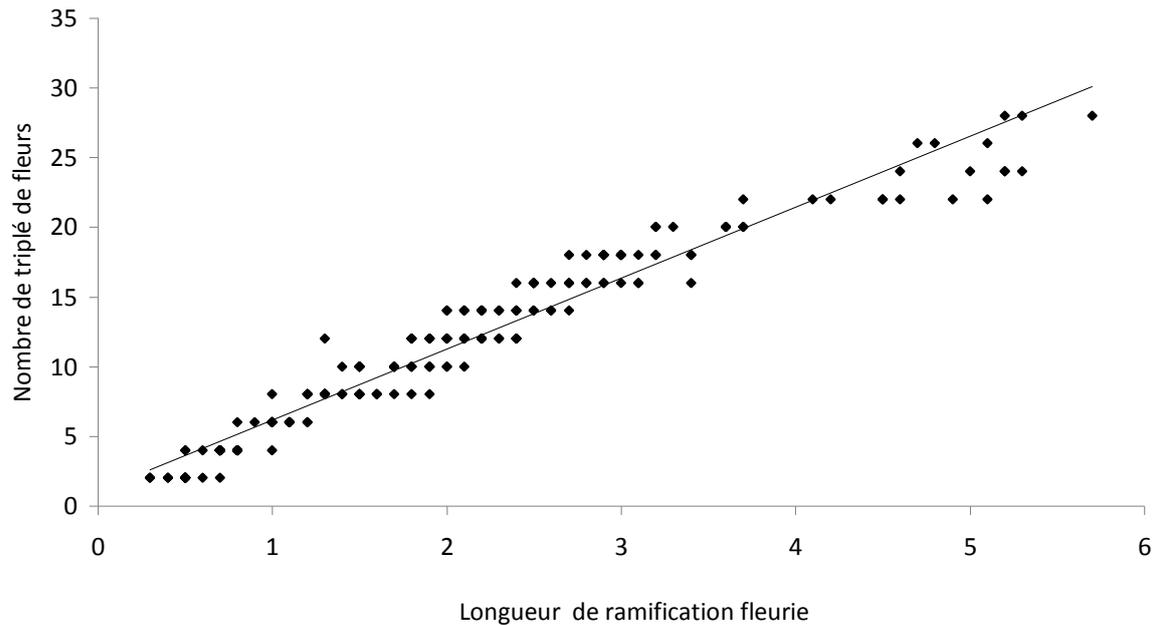
**Figure 17 : Longueur de la partie « lignifiée » en fonction de la longueur de la tige**

Ainsi, la taille maximale pour cueillir une salicorne non lignifiée est de 6,2 cm. Après différentes discussions avec les pêcheurs à pieds, cette valeur limite à été fixée à 7 cm dans les modèles suivant, cette valeur faisant l'unanimité comme une valeur permettant d'avoir des salicornes de qualité.

Modèle de fleurissement : nombre de fleur par longueur de tige fleurie.

Il n'y a pas de différence significative de longueur fleurie entre les stations (Anova sur 70 salicornes (10 dans les 7 réplicats) Fobs : 1,15 ; Flim = 2,25), ni du rapport longueur fleurie / nombre de fleurs (Anova sur 70 salicornes : 10 dans 7 stations : Fobs= 1,91 ; Flim=2,25) entre les stations. La production de fleurs est principalement liée à la longueur de ramification fleurie selon une relation linéaire (

Figure 18).



**Figure 18 : Evolution du nombre de triplé de fleurs en fonction de la longueur de ramification fleurie.**  
**Régression linéaire  $y = 5,0907x + 1,0703$ ,  $R^2 = 0,9499$ ,  $N = 209$ ,  $T_{obs} = 62,65$ ,  $T_{lim} = 1.96$ .**

La longueur de ramifications fleuries des salicornes pourrait être choisie comme indicateur du nombre de fleurs, et par hypothèse, de graines. Le taux de mortalité entre la fleur et la graine étant en effet, difficilement approchable.

#### Banque de graine et tests de germination

La station QC est quasiment dépourvue de graine au moins de septembre (un seul individu récolté). En mars, quelques graines sont récoltées et mises à germer. Sur la station S, le nombre de graine dans les sédiments est important : 11265 en septembre et 17642 en mars. Toutes les graines récoltées qui ont été mises à germer atteignent le stade +, c'est à dire d'ouverture de la graine. Elles sont donc toutes viables, quelque soit la date de prélèvement. Par contre, le potentiel à effectuer une germination complète, jusqu'au stade 4, varie en fonction de l'âge de la graine. Les graines de plus d'un an (sept 07) ont un taux de germination 4 de 0,30 alors que celles de mars ont un taux compris entre 0,55 et 0,60.

**Tableau 5 : Effectifs pas m<sup>2</sup> des graines dans le sédiment pour les différents stades, à la fin des test de germination**

Date prélèvement	sept.-07		sept.-07		mars-08		mars-08	
Station	QC		S		QC		S	
	m	s	m	s	m	s	m	s
Nb graines	157,50	545,60	11264,75	13639,21	262,83	649,55	17641,94	17725,04
stade -	0,00	0,00	3,50	3,12	0,33	0,89	1,94	2,21
stade +	0,00	0,00	5236,88	4028,84	52,50	181,87	2913,75	3161,53
stade 1	105,00	363,73	2244,38	1965,07	52,50	181,87	3346,88	3425,40
stade 2	0,00	0,00	196,88	639,12	0,00	0,00	1220,63	1847,08
stade 3	52,50	181,87	157,50	363,73	0,00	0,00	393,75	507,92
stade 4	0,00	0,00	3425,63	6639,33	157,50	284,93	9765,00	8780,91
Taux germination +	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Taux germination 4	0,00	0,00	0,30	0,49	0,60	0,44	0,55	0,50

#### *Banque de graine complémentaire*

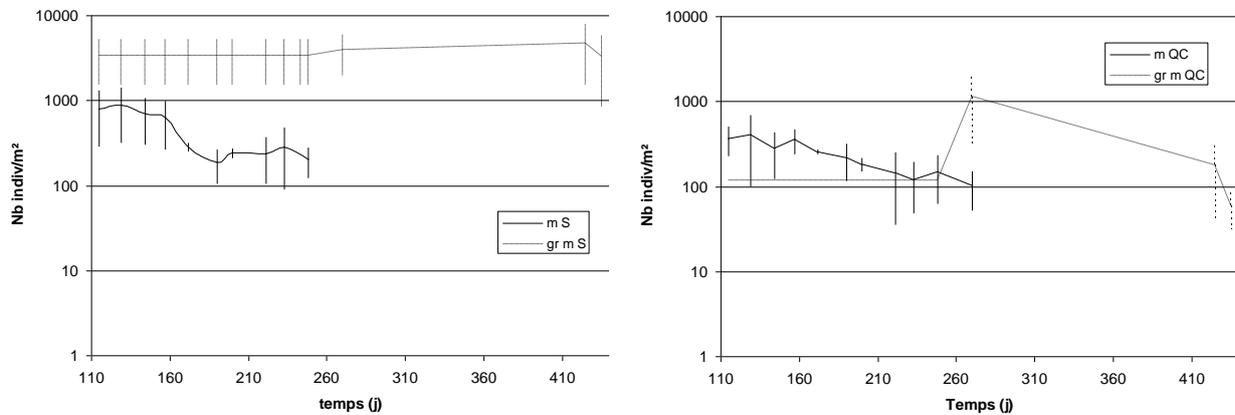
Le nombre de graine resté sur les pieds de salicorne après l'hiver est en moyenne de 31,5 graines par pieds ( $s=25,1$ ). Ce nombre de graines dépend de la longueur fleurie ( $y=1,6859x + 1,2551$  ;  $R^2=0,103$ ,  $T_{lim}=1,96$  ;  $T_{obs}=4,37$ ). Il est également lié au nombre de segments ( $Y=0,6315x + 1,2661$  ;  $R^2=0,99$  ;  $T_{lim}=1,96$  ;  $T_{obs}=4,28$

Le nombre de graine restant sur les plantes sèches après l'hiver est donc corrélé significativement avec la longueur fleurie et le nombre de segments. Une estimation du nombre de graines resté après l'hiver au niveau des stations est possible avec les connaissances de ces paramètres. Ces éléments pourraient permettre d'approfondir les aspects dissémination des graines, mais faute de données concernant l'export des plantes sèches par la mer au cours de l'hiver, il est difficile d'intégrer cette banque de graine annexe dans les modèles dans l'état actuel des connaissances. .

#### *Synthèse de la dynamique de population*

La synthèse de la dynamique de population est issue des différents paramètres analysés précédemment. Les données de la phase adulte (Figure 19) sont issues des comptages d'individus. Le nombre d'individus par m<sup>2</sup> est plus élevé que sur la station QC, aussi bien en début de période qu'à la fin. Sur la station S, un pic de germination est observable autour du 10 mai (jour 129). La forte variabilité à cette date sur la station QC ne permet pas de conclure sur la date précise de ce phénomène sur cette station. La banque de graine jusqu'au 28 septembre (jour 270) est issue des prélèvements dans les sédiments avant floraison. Elle est considérée comme constante jusqu'à l'arrivée des graine produite dans l'année ajoutée le 28 septembre (jour 270). Sur la station S, la banque de graine est importante et peu de graines sont ajoutées par les individus de l'année. Sur la station QC, la banque de graine est faible et de nombreuses graines sont apportées dans l'année. La quantité de graine après l'hiver, le premier mars (jour 425) est issue des carottages dans les sédiments. Sur la station S, le

nombre de graine augmente au cours de l'hiver, issus probablement de graines exogènes. Sur la station QC, le nombre de graine diminue durant l'hiver. Enfin, la dernière donnée concerne les graines viables. Elle est issue du nombre de graines de septembre et de celles de mars. La survie pour cette phase est de 33% pour la station QC et de 76% pour la station S.



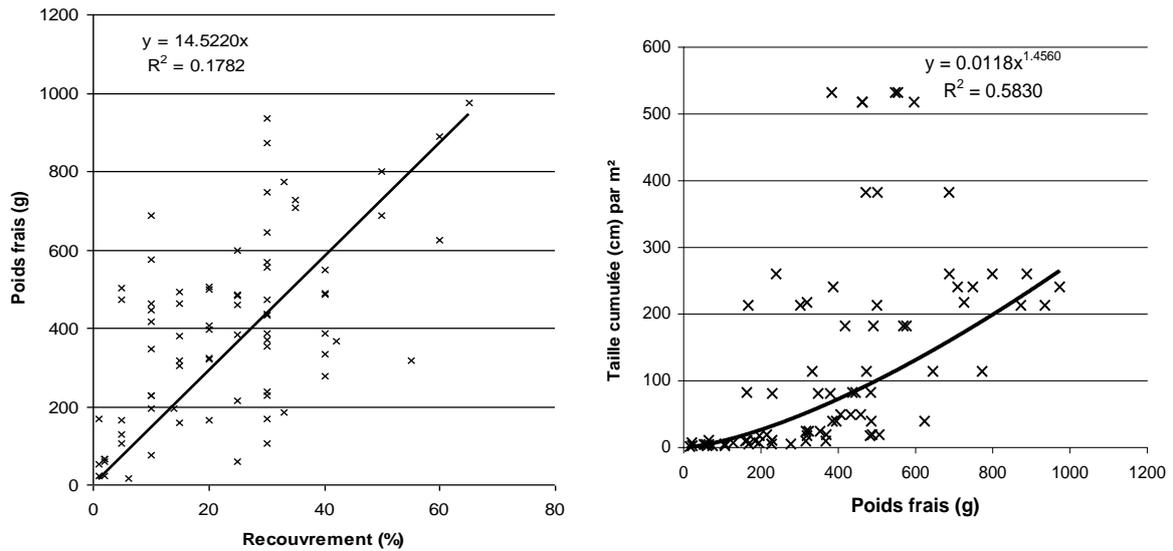
**Figure 19 : Synthèse de la dynamique de population (en nb/m<sup>2</sup>) pour la station S (à gauche) et la station QC (à droite). En trait plein, les adultes, en trait pointillé, les graines.**

### Synthèse sur la production

La production de salicorne est spatialisée grâce à la cartographie réalisée en 2006 dans le cadre du programme PICCEL (GEMEL, 2007). Cette cartographie permet de connaître le pourcentage de recouvrement en salicorne sur différents polygones, considérés comme homogènes d'un point de vue phytosociologique.

Les données de recouvrement de salicorne par polygone de la couche de végétation sont traitées afin de déterminer des seuils d'exploitabilité. Deux conditions différentes sont appliquées : si le recouvrement en salicornes par rapport au sol est supérieur à une valeur seuil, alors il est exploitable. Sinon, ce recouvrement est exploitable si il représente une part déterminée du couvert végétal. La première condition permet d'intégrer des zones de forte abondances, même mélangé à d'autres végétations. La seconde condition permet d'intégrer les données de recouvrement faibles en végétaux, quand la salicorne représente une part déterminée du couvert.

Le recouvrement est une variable appréhendée de façon visuelle. La variable mesurée la plus fortement corrélée au recouvrement est la biomasse de salicornes fraîches selon l'équation présentée Figure 20. Le poids frais est lié à la longueur totale en tige de la plante par une fonction puissance (Figure 20).



**Figure 20 : Recouvrement en fonction du poids frais (à gauche) et taille de tige et de ramification cumulée par m<sup>2</sup> (en cm) (à droite).**

Ces deux équations sont utilisées pour transformer le recouvrement exploitable en biomasse puis en taille cumulée de tige.

Ensuite, pour chacune des dates de prélèvement et chacune des stations, les paramètres du Tableau 6 sont utilisés. Si la taille moyenne des ramifications est inférieure à 7cm, seuls 7 cm de tige seront considérés comme exploitable. Par contre, si la taille moyenne des ramifications est supérieure à 7, aux 7cm exploitables sur la tige, s'ajoute ceux des ramifications.

**Tableau 6 : Paramètres de tendances centrale de différents paramètres issus du modèle de production ; en grisé les dates pour lesquelles les ramifications sont considérées comme exploitables.**

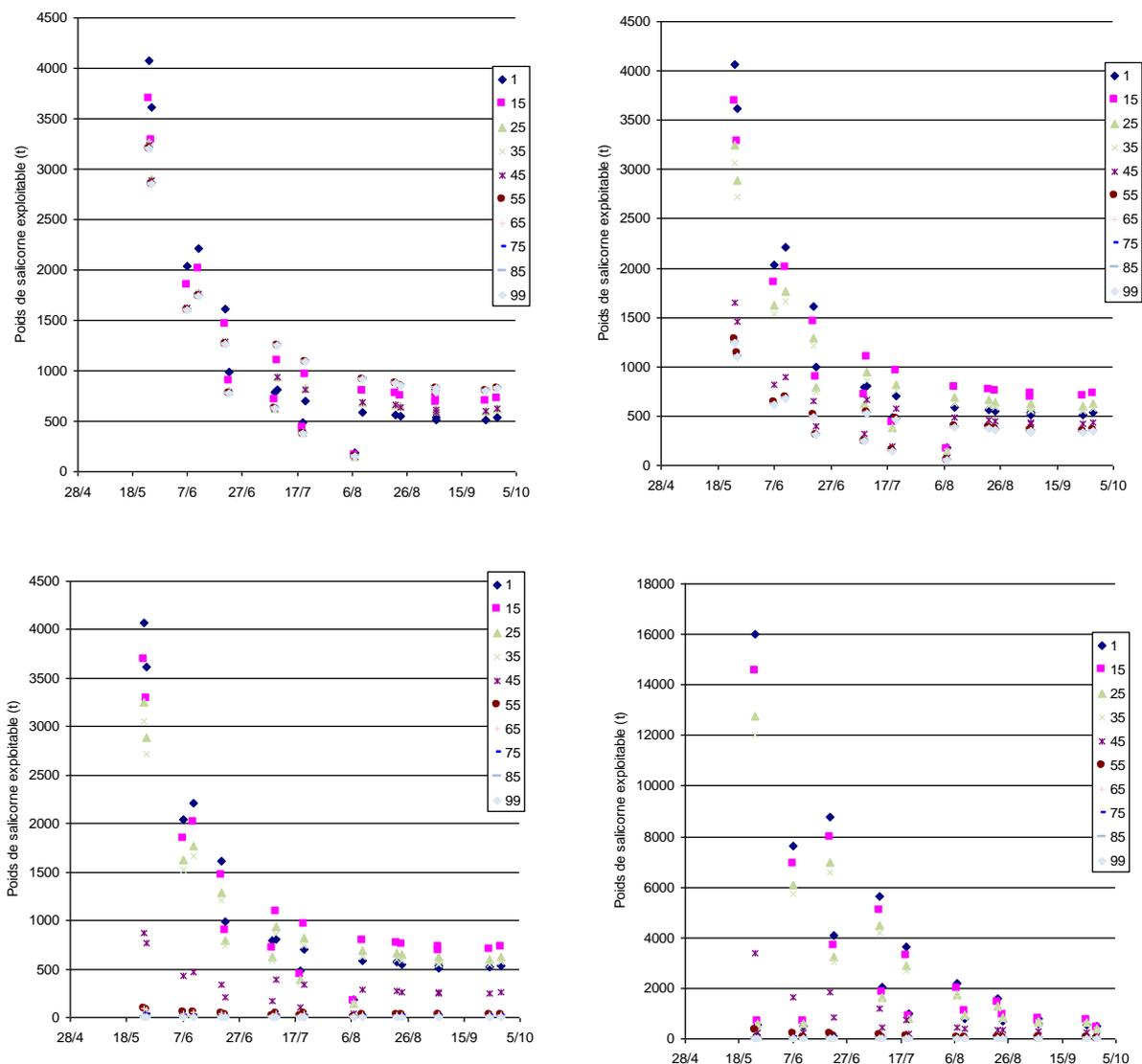
Station	Date	Long tige princ	Nb ramif	Long tot ramif	Taille moy ramif	Tailles ramif + tige princ
S	12/4	1.31	0.10	0.04	0.42	1.35
	25/4	2.23	0.24	0.20	0.85	2.43
	11/5	4.13	0.57	0.98	1.71	5.10
	24/5	6.54	1.10	3.02	2.75	9.56
	7/6	10.18	2.12	8.93	4.21	19.12
	22/6	15.11	4.04	24.13	5.97	39.25
	10/7	21.41	7.78	61.05	7.85	82.46
	20/7	24.53	10.38	89.64	8.64	114.16
	10/8	29.37	15.70	152.74	9.73	182.11
	24/8	31.33	18.29	186.22	10.18	217.55
	6/9	32.48	19.84	208.18	10.49	240.66
	24/9	33.38	19.58	226.55	11.57	259.93
	Q	26/4	2.83	0.59	1.62	2.76
10/5		4.38	0.63	2.56	4.07	6.94
25/5		6.64	0.77	4.12	5.37	10.77
11/6		10.03	1.32	7.55	5.73	17.58
21/6		12.42	2.17	11.74	5.40	24.16
9/7		17.39	6.55	32.08	4.90	49.47
19/7		20.40	12.24	60.49	4.94	80.89
7/8		26.22	31.67	186.77	5.90	212.98
22/8		30.45	43.48	351.80	8.09	382.25
6/9		33.90	38.73	498.08	12.86	531.98
28/9		32.26	19.52	485.23	24.86	517.49

La longueur totale de tige dans le polygone est donc divisée par la longueur moyenne de la tige principale sur la station considérée afin d'obtenir le nombre de pointes exploitables dans le cas où la taille moyenne des ramifications est inférieure à 7cm. Dans le cas contraire, les ramifications sont considérées comme exploitables et sont ajoutés à la tige principale dans la formule précédente.

Pour chaque polygone peut être ainsi calculé le nombre de pointes vertes de 7cm de salicorne dans des conditions exploitables. La somme de ces valeurs par date et par station peut être synthétisée sur l'ensemble de la baie.

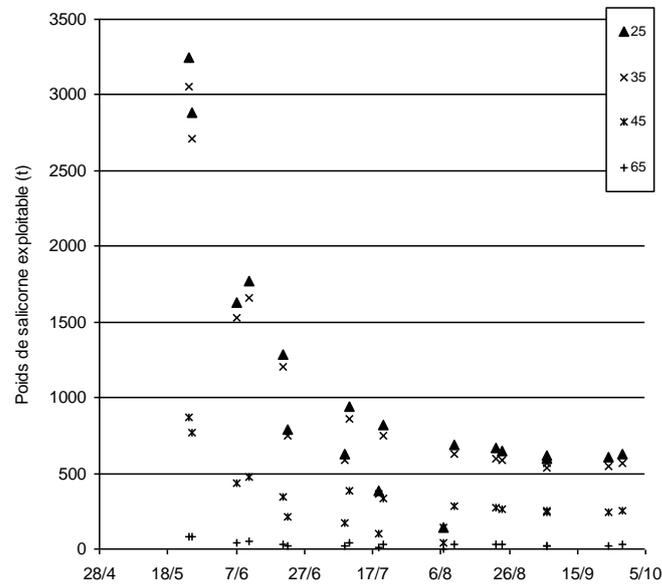
Quatre cas ont été testés une exploitation des salicornes quand elles représentent 20, 30, 50 et 70% du recouvrement du sol. Ces conditions correspondent à l'attitude de ramasser là où il y en a le plus en premier.

Dans le premier cas, les salicornes sont exploitées quand elles représentent plus de 20% du recouvrement du sol. L'exploitation se faisant à un niveau bas de recouvrement, l'aspect recouvrement en salicorne sur les autres zones ne rentre que peu en ligne de compte. Quand les salicornes ne sont exploitées que dans les plus belles zones (70% du recouvrement du sol), la quantité de salicorne exploitable dépend essentiellement du recouvrement des salicornes par rapport au reste du couvert végétal. Dans les cas extrêmes (1% de salicornes), le stock atteint 16000 tonnes en début d'année. Les deux autres cas présentent des intermédiaires plus proches de la pratique de pêche. La valeur choisie par la suite est de 50%.



**Figure 21 : Evolution de la biomasse exploitable dans différents scénarii d'exploitation. A : exploitation de la biomasse à 20%, B à 30%, C à 50% et D à 70% du recouvrement en salicornes. Dans chacun des cas est présentée une exploitation du reste selon la dominance 99% ou non des espèces autres que les salicornes.**

La production est estimée à environ 600 tonnes en fin de saison, dans les cas d'une exploitation poussée et de 250 tonnes environs, dans le cas d'une exploitation plus aisée. En début de saison de coupe, ce stock est estimé à plus de 3000 tonnes dans le cas d'une exploitation importante et de 800 tonnes environ, dans le cas d'une exploitation plus aisée.



**Figure 22 : Evolution de la biomasse exploitable dans le cas où les salicornes sont cueillies dans des zones de plus de 50% de recouvrement. Dans les autres zones, les salicornes sont ramassées si les autres espèces représentent 25, 35, 45 et 55% de recouvrement.**

## Etude de la dynamique de population et de la production de *Aster tripolium*

### Matériels et méthodes

#### Site d'étude :

La dynamique de l'espèce a été suivie sur trois stations présentes en baie de Somme, répartis de façon à caractériser les principales zones de production de l'espèce.

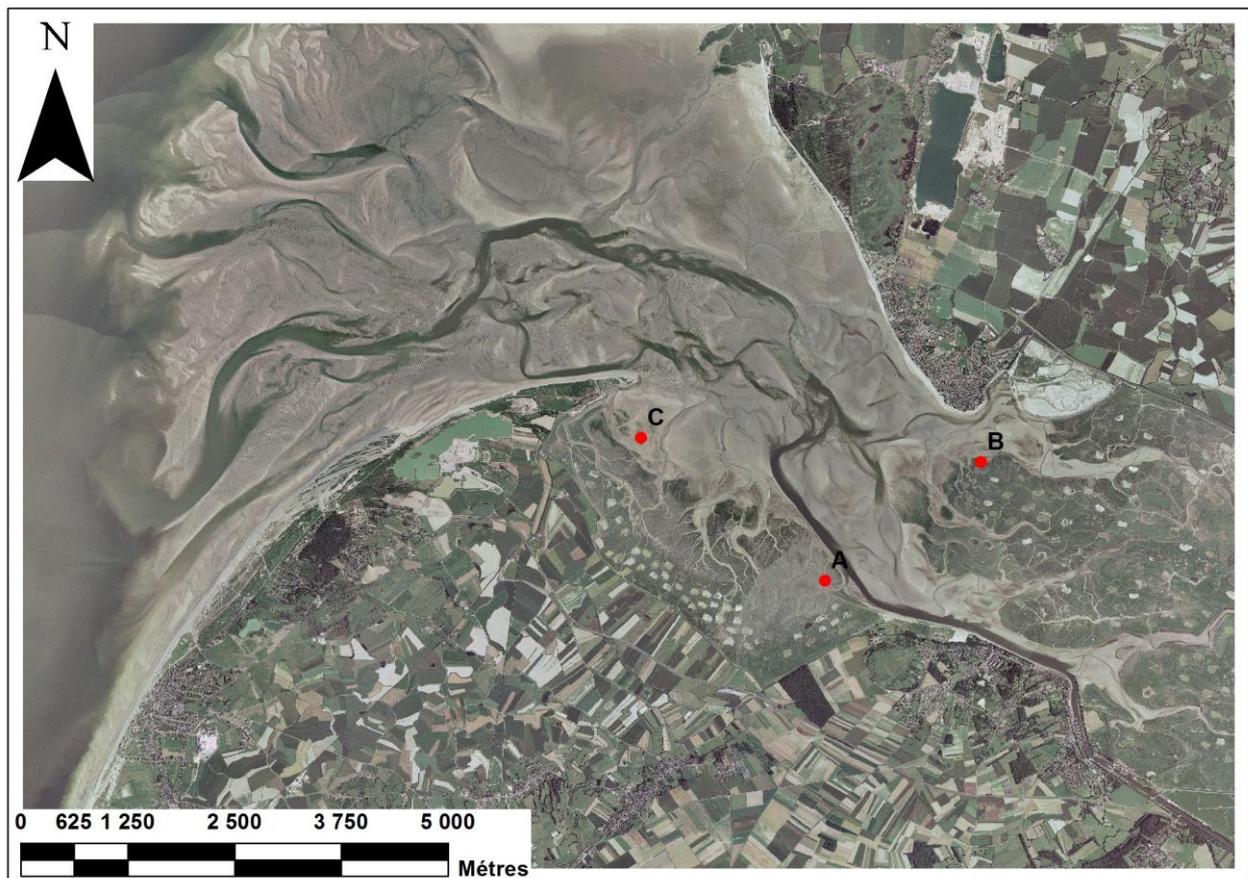


Figure 23: Localisation des trois stations de suivis de L'*Aster tripolium*.

Chaque station a été échantillonnée une fois par mois à partir de la fin février, jusqu'au mois de novembre.

#### Caractérisation de la zone de suivi :

L'aspect biotique est constitué de relevées de végétation (pourcentage de recouvrement de chaque espèce présente) sur la zone de végétation homogène où se situe la station à chaque passage. Une analyse de paramètres abiotique est effectuée une fois au cours de la saison. Il s'agit de la granulométrie et la topographie.

### Méthode des quadrats :

Sur chaque station il a été effectué cinq répétitions de quadrats de végétations. Sur chacun de ces quadrats il a été effectué le relevé de paramètres biotiques et de paramètres permettant de suivre la dynamique de la population d'*Aster tripolium*.

#### *Paramètres environnementaux biotiques*

Le recouvrement et la biomasse fraîche de chaque espèce végétale présente dans le quadrat ont été mesurés afin d'appréhender les relations entre les espèces végétales (compétition, mutualisme...).

#### *Dynamique de la population adulte*

Dans chaque répliquat il a été effectué un dénombrement du nombre d'individus de chaque classe d'âges suivante :

- Individu de 1<sup>er</sup> année : Individus ayant germé au cours de cette année.
- Individus de 2<sup>e</sup> année : individus ayant germé les années précédentes mais n'ayant pas produit de tiges fleuries.
- Individus ayant fleuri : Individus ayant produit une tige fleurie en fin d'années précédentes.

#### *Production de Aster tripolium*

Le suivi de la population d'*Aster tripolium* a été effectué sur plus de 20 individus dans chaque quadrat (10 individus de première année, 10 individus de deuxième année et sur le nombre d'aster ayant fleuri, présent dans le quadrat d'1 m<sup>2</sup>). Sur chaque individu les paramètres suivants ont été relevés :

- la hauteur maximale de chaque tige sortant de terre (depuis la 1<sup>er</sup> racine, jusqu'à l'extrémité de la tige)
- le diamètre de la plante (diamètre maximal de la plante vue du dessus),
- le nombre total de feuilles par tige.
- la longueur et la largeur de la feuille ayant la plus grande surface foliaire.
- les longueurs du rhizome (longueurs des différentes parties du rhizome faisant 2 mm de diamètre)
- le diamètre du rhizome : diamètre des rhizomes à l'endroit où il est le plus large.
- la biomasse aérienne et la biomasse racinaire de la plante.

### Modèle de fleurissement

Le modèle de fleurissement constitue au dénombrement du nombre de capitules sur 20 pieds (10 de première année et 10 de seconde) d'*Aster tripolium* par quadrats ainsi que les dénombrements du nombre de graines présentes par capitules sur 20 capitules pris aléatoirement sur l'ensemble des stations.

### Banque de graine et test de germination :

#### *Banque de graine du sol*

Le suivi de la banque de graines a été effectué à trois périodes :

- février 2012 pour estimer le nombre de graines présentes avant l'année de suivi de la population.
- septembre 2012 pour dénombrer les graines présentes dans le sédiment avant l'arrivée des graines de l'année.
- février 2013 pour estimer le nombre de graines présentes après l'hiver.

A ces trois dates il a été effectué 5 relevées de sédiments de 1/630 m<sup>2</sup> sur 10 cm de profondeur sur les 5 stations.

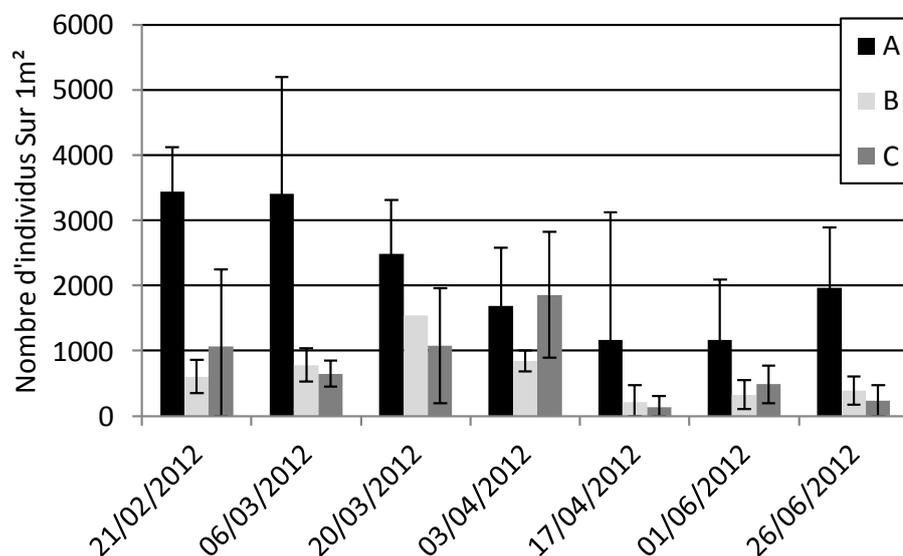
### *Tests de germination de la banque de graines du sol*

Toutes les graines récoltées au cours de l'évaluation de la banque de graines ont été mises dans de l'eau de mer diluée à 15 PSU au printemps 2013. Le pourcentage de graines pouvant germé (où la graine s'est ouverte) a été dénombré. Entre le moment de la récolte et le test de germination, les graines ont été conservées à l'obscurité et au réfrigérateur.

### **Résultats**

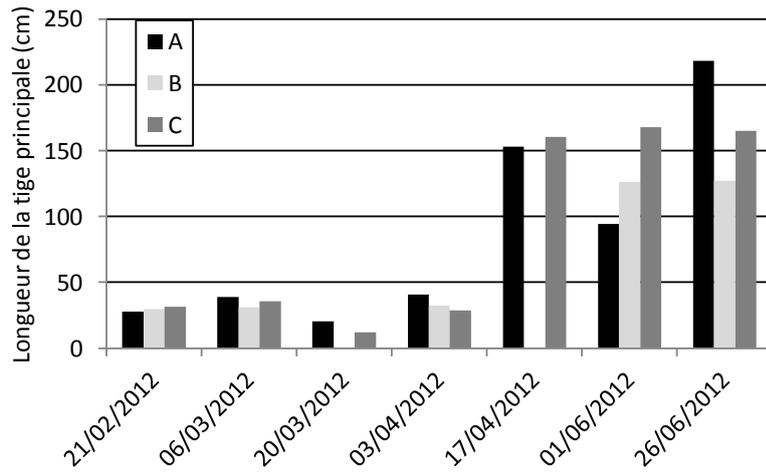
Les travaux étant en cours au moment de la rédaction de ce document les éléments présentés ne sont qu'une esquisse du travail en cours.

La période de germination s'est étendue de mi-février à début-avril. Avec des densités d'individus atteignant plus de 5000 ind/m<sup>2</sup>. Le pic de germination ne se produit pas à la même période dans toutes les stations (Figure 24), la station A étant la plus précoce et la station C la plus tardive. La station A est la station ayant la plus forte densité. Une légère augmentation du nombre d'individus est observée au mois de juin.



**Figure 24: Evolution du nombre individus d'aster (par m<sup>2</sup>) au d'une partie de la saison de croissance.**

La taille moyenne des individus augmente au cours du temps (Figure 25) sur toutes les stations, la station A étant celle qui présente la moyenne la plus élevée alors que la station B a la taille moyenne la plus faible. La croissance s'effectue brutalement au début du mois d'avril.



**Figure 25: Evolution de la hauteur de l'axe principale au cours d'une partie de la saison.**

## **Etude de l'effet du fauchage sur les performances écologiques et agronomiques d'*Aster tripolium*.**

### **Matériel et méthodes :**

#### Site d'étude :

L'étude de l'effet du fauchage a été réalisée en baie d'Authie avec quatre modalités de traitements par espèces.

#### Modalités de traitements :

Les 4 modalités de traitements ont été les suivantes :

- témoin sans aucun traitement.
- 1 traitement annuel : au milieu de la période d'ouverture de la cueillette de l'espèce.
- 3 coupes annuelles : 2 semaines après l'ouverture puis 1 tous les 40 jours.
- 5 coupes annuelles : 2 semaines après l'ouverture puis tous les 20 jours.

Les coupes ont été effectuées pour se rapprocher le plus possible de la technique de cueillette employée par les pêcheurs. Après la cueillette des feuilles exploitable des 20 individus mesurée, il a été effectué une coupe générale au couteau des feuilles exploitable sur le quadrat.

#### Modalités de suivi :

Le suivi des chacune des 4 modalités de traitement a été effectué sur un quadrat permanent de 1m<sup>2</sup> tous les ou 20 jours. Divers paramètres sur l'environnement, la dynamique de la population ou de la dynamique de croissance des individus ont été suivis pour l'espèce.

#### *Paramètre biotique*

L'aspect biotique est constitué de relevées de végétation (pourcentage de recouvrement de chaque espèce présente) sur la zone de végétation homogène où se situe la station à chaque passage

#### *Paramètres de suivi de la dynamique de population*

Le suivi de la dynamique de populations de l'aster a constitué au relevé du nombre de tige sortant de terre (ce qui ne correspond pas au nombre d'individus) dans 4 fois 1/16 m<sup>2</sup> a chaque passage sur le quadrat.

Au dernier passage un dénombrement du nombre de capitule sur ¼ m<sup>2</sup> et un dénombrement du nombre de graines sur 5 capitules du quadrat sera effectué.

#### *Paramètre de suivi de croissance des individus*

Sur 20 asters (10 de chaque âge) par quadrat les paramètres suivant ont été relevé:

Avant la coupe :

-la hauteur maximale de la plante (de la tige) sortant de terre (depuis le sol jusqu'à l'extrémité de la tique),

- le diamètre de la plante (diamètre maximal de la plante vue du dessus),
- le nombre total de feuilles,
- la longueur et la largeur de la feuille ayant la plus grandes surfaces foliaires

Après la coupe

- la hauteur maximale de la plante,
- le diamètre de la plante,
- le nombre total de feuilles,
- la longueur et la largeur de la plus grande restant après la coupe

Une mesure du poids de feuilles coupés sur les 20 individus mesurées est effectuée. Ainsi qu'une mesure du poids de l'ensemble des feuilles récoltées dans le quadrat. Deux qualités de feuilles sont différenciées, les feuilles d'une qualité supérieure qui peuvent être vendu sans transformation pour faire de la salade, et les feuilles d'une qualité inférieur qui ne peuvent être vendu que pour être transformé (en soupe notamment).

### **Résultats**

Les travaux étant toujours en cours aucun résultat n'a pu être exploités au moment de la date de rédaction de ce rapport.

## Discussion

L'étude de la dynamique de population de l'aster étant en cours seuls quelques éléments de réflexion peuvent être amenés au vu des premiers résultats. La première réflexion concerne le dénombrement des individus. Il est impossible à réaliser sur le terrain du fait de jonctions racinaire entre des tiges éloigné de plusieurs centimètres. Le dénombrement qui a été effectué après un lavage minutieux peut occasionner un fractionnement des individus augmentant leur nombre. Cette difficulté était déjà relevée par Duval (Duval, J., 1973).

Cette morphologie pourrait entraîner une multiplication végétative assez importante qui serait intéressant de quantifier et de comparer à la reproduction sexuée. La station A semble être la station la plus productive (ce qui devra être confirmé par l'analyse de l'évolution de la biomasse), le nombre d'individus étant supérieur et la leur taille moyenne également. La différence entre les stations pourrait résulter d'un gradient terre/mer ou être en relation avec la topographie. En effet, la station A est celle qui est la plus éloignée de l'embouchure de la baie.

La dynamique de population sur les deux stations est différent au niveau de la stock de graines, on pourrait considérer la station comme une population source QC, comme une population source et la station S comme une population puits. En effet la population QC produit énormément de graines mais très peu d'entre elles reste sur la station au cours de l'hiver. Cette perte de graine pourrait s'expliquer par la physionomie ouverte de la station (faible taux de recouvrement). Au contraire la station S qui par son caractère fermé pourrait retenir plus les graines qui seront transportées par le courant de marée. Néanmoins, l'étude ayant porté sur « seulement » deux stations les hypothèses avancées pour expliquer les différences observées entre les deux stations ne peuvent rester que comme telle.

Ce facteur de l'ouverture du milieu a un effet sur la morphologie des salicornes. Les salicornes du site QC (le milieu le plus ouvert) ont une forme plus ramifiée, alors que ceux du site S le sont moins. Aucun effet n'a par contre été constaté sur la hauteur moyenne en fin de saison. La variation s'opère sur la densité d'individus qui est plus importante sur le site S.

Le stock exploitable varie de 1600 à quelque tonne selon les modalités d'exploitation. Dans le cadre d'une exploitation des zones exploitées à plus de 50 pourcent le stock instantané varie de 800 à 3000 tonne en début de saison et 250 à 600 en fin de saison. Ce qui fait un chiffre d'affaire minimal, 1 600 000 € si la baie est exploitée en début de saison et 500 000 € si l'exploitation a lieu en fin de saison.

## Bibliographie

- Association des ramasseurs de salicornes de la Baie de Somme** (2011). Salicornes, aster et végétaux marins de la Baie de Somme.
- Bensettiti, F., Bioret, F. & Roland, J.** (2004). Cahiers d'habitats " Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. La Documentation française.
- Bouvet, A.** (2010). Suivi de la végétation intertidale des baies de Somme et d'Authie : étude de l'effet de pâturage. AMIENS, Université de Picardie Jules Verne: 55.
- Creaa** (2010). La salicorne des marais charentais.
- Digaire, F.** (1993). Dynamique et hétérogénéité spatio-temporelle des populations de *Salicornia europaea* AGG. dans la baie du Mont St Michel. Rennes (France), UNIVERSITE DE RENNES I: 37.
- Duval, J.** (1973). La productivité primaire en Baie de Canche, Université de sciences et techniques de Lille: 94.
- Géhu, J.-M.** (1975). Données sur la végétation des prés salés de la baie de Somme. Colloque phytosociologique, Lille.
- Granger, G.** (2003). Les relations entre spartines et salicornes en baie de Somme. Faculté de Pharmacie. Amiens (France), Université de Picardie Jules Verne: 99 pp.
- Grouzis, M.** (1974). Ecophysiologie comparée de trois espèces annuelles du genre *Salicornia*: germination, croissances et accumulation de sels., Université des sciences et techniques du Languedoc: 134.
- Huiskes, A. L. & Van Soelen, J.** (1987). Seed productivity and seed polymorphism in *Aster tripolium* L. Vegetation between land and sea., Dr W. Junk Publishers: 202-211.
- Jezequel, Y.** (2010). La salicorne: une plante sauvage convoitée. Du jardin marin à l'exploitation intensive? Cueillette, usage, enjeux et conflits., Conservatoire du littoral-Muséum national d'histoire naturelle.
- Lahondère, C.** (2004). Les salicornes s. l. (*Salicornia* L, *Sarcocornia* A.J. Scott et *Arthrocnemum* Moq.) sur les côtes françaises., Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest: 124.
- Lambinon, J., Delvosalle, L. & Duvigneaud, J.** (2004). Nouvelles flore de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines. Cinquième édition.
- Langlois, E.** (2000). Mise en place et structuration des communautés végétales pionnières de marais salés. (Baie du Mont Saint Michel), Université de Rennes 1: 291.
- Le Rest, M. & Ronsin, C.** (2011). Effet de la récolte des salicornes annuelles sur leur reproduction. 2<sup>ème</sup> année de suivi des populations de salicornes annuelles dans le département de la Manche., CPIE Cotentin: 28.
- Lehraiki Semrade, S.** (2008). Approches des facteurs de la croissance et du développement de *Salicornia ramossissima* Woods en conditions naturelles et contrôlées. Faculté des sciences. Amiens, Université Picardie Jules Vernes: 159.
- Lieth, H., Moschenko, M., Lohmann, M., Koyro, H.-W. & Hamdy, A.** (1999). Halophyte uses in different climates. Leiden, Backhuys Publishers.
- Mary, E.** (2010). Etude préliminaire à l'élaboration d'une demande d'appellation d'origine pour la salicorne de la baie de Somme., Université de Caen - INAO - GEMEL: 90.

- Meirland, A., Talleux, J. D. & Mary, E.** (2010). Labour des concessions d'exploitation de salicorne, bilan des travaux 2010. Saint Valery sur Somme, GEMEL: 10.
- Meudec, A.** (2006). Exposition au fioul lourd chez *Salicornia fragilis* Ball et Tutin: contamination chimique par HAPs et réponses biologiques de la plantes, Université de Bretagne Occidentale: 236.
- Teegea, P., Kadereita, J. W. & Kadereit, G.** (2011). "Tetraploid European *Salicornia* species are best interpreted as ecotypes of multiple origin." *Flora* **206**: 910-920.
- Ventura, Y., Wuddineha, W. A., Myrzabayevab, M., Alikulovb, Z., Khozin-Goldberga, I., Shpigelc, M., Samochad, T. M. & Sagi, M.** (2011). "Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops." *Scientia Horticulturae* **128**: 189-196.
- WHALEN, J. K.** "Comparaison entre le labour conventionnel et le semi-direct, pour l'application du compost en production de maïs-ensilage et de soya." from [http://www.organicagcentre.ca/Docs/CompostCornSoybean\\_f.pdf](http://www.organicagcentre.ca/Docs/CompostCornSoybean_f.pdf).
- Wolters, M., Angus, G. & Bakker, J. P.** (2005). "Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe." *Biological Conservation* **123**: 249-268.
- Zambettakis, C.** (1987). Evolution des conséquences d'une perturbation sur la végétation et le fonctionnement d'un écosystème: impact de la fermeture partielle du havre de Geffosses (Manche). *Institut de Biochimie et Biologie Appliquées, Université de Caen*: 154.

## Table des figures

Figure 1 : Répartition des différentes espèces de salicornes en baie de Somme, en 2006.....	8
Figure 2 : Répartition des salicornes dans la baie de Somme (Auteur : GEMEL, titre : rapport à l'union européenne des résultats du promme ppiccel ou un truc du genre.....	8
Figure 3 : <i>Salicornia fragilis</i> (Lahondère, 2004) .....	9
Figure 4: Cycle de vie de la salicorne. ....	10
Figure 5: Vitesse et pourcentage de germination de différentes espèces de prés salé au cours du temps Langlois, E., 2000. ....	11
Figure 6: Pourcentage de germination des graines de salicorne en fonction de la température, de la concentration en NaCl et d'un pré-traitement (b) au froid humides (5°C) pendant 1 mois Digaire, F., 1993.....	12
Figure 7: Evolution du nombre d'individus au cours des mois de l'année Zambettakis, C., 1987.....	12
Figure 8: Coupe de Salicorne à la faucille Mary, E., 2010. ....	14
Figure 9: Cycle de vies de l' <i>Aster tripolium</i> . ....	16
Figure 10: Culture d' <i>Aster tripolium</i> au Pays-BasLieth, H. <i>et al.</i> , 1999. ....	18
Figure 11 : Localisation des zones de suivi de <i>Salicornia fragilis</i> .....	19
Figure 12 : Six stades de développements identifiés.....	21
Figure 13 : Evolution du recouvrement moyen par espèce sur la station QC (à gauche) et sur la station S (à droite). ....	22
Figure 14 : Relation entre le poids frais et le poids sec étuvé (trait plein et croix) et entre le poids frais et le poids sec sans cendres (trait pointillé et ronds) pour <i>Salicornia fragilis</i> (A), <i>Spartina anglica</i> (B) et <i>Suaeda maritima</i> (C). ....	23
Figure 15: Evolution du nombre d'individus sur la station QC, à gauche (et sur la station S à droite).....	24
Figure 16 : Modélisation de l'évolution de la longueur de tige totale, de la longueur de la tige principale, du nombre de ramifications et de la croissance journalière pour les stations S (trait pointillé) et QC (trait plein) .....	26
Figure 17 : Longueur de la partie « lignifiée » en fonction de la longueur de la tige .....	27
Figure 18 : Evolution du nombre de triplé de fleurs en fonction de la longueur de ramification fleurie. Régression linéaire $y= 5,0907x+1,0703$ , $R^2=0,9499$ , $N=209$ , $Tobs : 62,65$ , $Tlim : 1.96$ . ....	28
Figure 19 : Synthèse de la dynamique de population (en nb/m <sup>2</sup> ) pour la station S (à gauche) et la station QC (à droite). En trait plein, les adultes, en trait pointillé, les graines. ....	30
Figure 20 : Recouvrement en fonction du poids frais (à gauche) et taille de tige et de ramification cumulée par m <sup>2</sup> (en cm) (à droite). ....	31
Figure 21 : Evolution de la biomasse exploitable dans différents scenarii d'exploitation. A : exploitation de la biomasse à 20%, B à 30%, C à 50% et D à 70% du recouvrement en	

salicornes. Dans chacun des cas est présentée une exploitation du reste selon la dominance 99% ou non des espèces autres que les salicornes. ....	33
Figure 22 : Evolution de la biomasse exploitable dans le cas où les salicornes sont cueillies dans des zones de plus de 50% de recouvrement. Dans les autres zones, les salicornes sont ramassées si les autres espèces représentent 25, 35, 45 et 55% de recouvrement. ....	34
Figure 23: Localisation des trois stations de suivis de <i>L'Aster tripolium</i> .....	35
Figure 24: Evolution du nombre individus d'aster (par m <sup>2</sup> ) au d'une partie de la saison de croissance. ....	37
Figure 25: Evolution de la hauteur de l'axe principale au cours d'une partie de la saison. ....	38

## Index des tableaux

Tableau 1: Synthèse sur la classification des espèces du genre <i>Salicornia</i> de la zone atlantique Française.....	7
Tableau 2: Tableaux phytosociologique du <i>Salicornietum dolichostachyae</i> Géhu, J.-M., 1975. ....	10
Tableau 3: <i>Astero-Suaedetum macrocarpae</i> Géhu, J.-M., 1975.....	17
Tableau 4 : Paramètres et significativité des équations utilisées .....	25
Tableau 5 : Effectifs pas m <sup>2</sup> des graines dans le sédiment pour les différents stades, à la fin des test de grmination.....	29
Tableau 6 : Paramètres de tendances centrale de différents paramètres issus du modèle de production ; en grisé les dates pour lesquelles les ramifications sont considérées comme exploitables.....	32

## Annexes

Annexe 1 : Liste des équations testées sur TableCurve

Numéro de l'équation	Equation	Type d'équation
8002	$y=a+b\exp(-x/c)$	[Exponential]
8003	$y=a+b\exp(-0.5((x-c)/d)^2)$	[Gaussian]
8004	$y=a+b/(1+((x-c)/d)^2)$	[Lorentzian]
8005	$y=a+b\exp(-0.5(\ln(x/c)/d)^2)$	[Log-Normal]
8006	$y=a+b\exp(-\exp(-((x-c)/d))-((x-c)/d)+1)$	[ExtrVal]
8007	$y=a+4bn/(1+n)^2$ $n=\exp(-(x-c)/d)$	[Logistic]
8008	$y=a+\text{berfc}(((x-c)/d)^2)$	[Erfc Peak]
8010	$y=a+bx^c$	[Power]
8011	$y=a+b/(1+\exp(-(x-c)/d))$	[Sigmoid]
8013	$y=a+b/(1+(x/c)^d)$	[LgstcDoseRsp]
8014	$y=a+b\sin(2\pi x/d+c)$	[Sine]
8037	$y=a+4bn(1-n)$ $n=\exp(-(x-c)/d)$	[Pulse]
8039	$y=a+b*\exp(-0.5*( x-c /d)^e)$	[GaussMod]
8041	$y=a+4b*x-d-1*cd+1*d^2/(d-1+x-d*cd*(d+1))^2$	[LDR Peak]
8043	$y=a+bn(1+n)-e-1e-e(e+1)e+1$ $n=\exp(-(x+d*\ln(e)-c)/d)$	[AsymLgstc]
8045	$y=a+b/(1+4*((x-c)/d)^2*(21/e-1))e$	[Pearson VII]
8047	$y=a+b(1+\exp(-d/(2e)))(1+\exp(d/(2e)))\exp(-(x-c)/e)/((1+\exp(-((x-c+d/2)/e)))(1+\exp(-((x-c-d/2)/e))))$	[SDS]
8049	$y=a+b(1+\text{erf}((x-c+d/2)/n))*\text{erfc}((x-c-d/2)/n)/(1+2m+m^2)$ $n=20.5e$ $m=\text{erf}(d/(2n))$	[SDC]
8051	$y=a+b\exp(-(x-c)/d)*(((x-c)/d)+e-1)/(e-1)e-1$	[Gamma]
8053	$y=a+b\exp(-(n+m1/e)e+m)*m-m*(n+m1/e)e-1$ $m=(e-1)/e$ $n=(x-c)/d$	[Weibull]
8055	$y=a+b*((x-c+d*m)/d)e-1*(1-(x-c+d*m)/d)^{f-1}/(me-1*nf-1)$ $m=(e-1)/(e+f-2)$ ; $n=(f-1)/(e+f-2)$	[Beta]
8057	$y=a+(b/(1+\exp(-(x-c+d/2)/e)))(1-1/(1+\exp(-(x-c-d/2)/f)))$	[ADS]
8059	$y=a+(b/4)(1+\text{erf}((x-c+d/2)/(20.5e)))(1-\text{erf}((x-c-d/2)/(20.5f)))$	[ADC]

8061	$y=a+bx-d-1cd+1\exp((cdx-d-1)(-d-1)/d)$	[EmaxPowPk]
8063	$y=a+b(1+n)-(e+1)/en(e+1)(e+1)/e/e \quad n=\exp((x+d\ln(e)-c)/d)$	[LgstcPowPk]
8065	$y=a+bn(1-n)e/(ee(e+1)-e-1) \quad n=\exp(-(x-c)/d)$	[PulsePow]
8067	$y=a+b(d+e)(1-\exp(-(x-c)/d))\exp(-(x-c)/e)/(\exp(-(d(\ln(d+e)-\ln(d)))/e)e)$	[PulseWid2]
8069	$y=a+bc(\exp(-c(x-e))-\exp(-d(x-e)))/(d-c)$	[IntermedPk]
8073	$y=a+b/((1+e^{((x-c)/d)^2})\exp((1-e)^{0.5((x-c)/d)^2}))$	[GaussLorXP]
8160	$y=a+bx$	[Line Robust None, Gaussian Errors]
8161	$y=a+bx$	[Line Robust Low, Dbl Exp Errors]
8162	$y=a+bx$	[Line Robust Medium, Lorentzian Errors]
8163	$y=a+bx$	[Line Robust Hight, PearsonVII/d=0.5 Errors]
8165	$y=a+bd(2p)0.5\exp(d^2/(2e^2)+(c-x)/e)(\operatorname{erf}((c-x)/(20.5d)+d/(20.5e))-e/ e )/(-2e)$	[EMG]
8167	$y=a+bd\exp(-0.5(x-c)^2/n)(1+\operatorname{erf}(e(x-c)/((2n)0.5d)))/n0.5$ $n=e^2+d^2$	[GMG]
8169	$y=a+b\exp(-20.5 x-c /d)$	[Laplace]
8170	$y=a\exp(-0.5 x-b (2/d)/c)$	[Error]
8171	$y=a+b\exp(-0.5 x-c (2/e)/d)$	[Error]
8173	$y=a+b/(1+(x-c)^2/(d^2e))(e/2+1/2)$	[Student]
8175	$y=a+b\exp(-\ln^2\ln(1+(x-c)(e^2-1)/(de))^2/\ln(e)^2)$	[LogNorm4]
8177	$y=a+b\exp((-x+c+d-d\exp(-(x+d\ln e-c)/d))/(de))$	[ExtrVal4T]
8179	$y=a+b\exp((x-c+d-d\exp((x-d\ln e-c)/d))/(de))$	[ExtrVal4F]
8181	$y=a+(bd/n)\exp((x-c)(e+1)^2/n)(n/d)-e \quad n=\exp(x+d-ce-c)$	[InvGamma]
8183	$y=a+bn^{(e/2-1)}\exp(-n/2)/((e-2)^{(e/2-1)}\exp(-e/2+1))$ $n=(x-c+d(e-2))/d$	[ChiSq]
8185	$y=a+b((x-c)/d+n)(e/2-1)(1+(e-2)/(f+2))(e/2+f/2)/((1+e((x-c)/d+n)/f)(e/2+f/2)n(e/2-1))$ $n=f(e-2)/(e(f+2))$	[FVar]
8187	$y=a+b(1+n^2)-e\exp(-f(\operatorname{atan}(n)+\operatorname{atan}(f/(2e))))/(1+f^2/(4e^2))-e \quad n=(x-df/(2e)-c)/d$	[Pearson IV]

## **Annexe 2 : Conventions de stage**

## **Résumé :**

Les halophytes font partie des bio-ressources qui ont un fort potentiel de développement dans les décennies à venir. Deux espèces *Salicornia fragilis* et *Aster tripolium* ont été étudiées pour quantifier leur potentiel de production au niveau de la Baie de Somme. Le modèle créé pour la salicorne fonctionne à partir d'un pourcentage de recouvrement de la salicorne. Il permet de prévoir la quantité de salicorne exploitable en fonction de trois paramètres: la période d'exploitation, la pression de d'exploitation et le lieu d'exploitation. Il permet également d'estimer la production de graines. Les résultats préliminaires et la méthode d'études d'un modèle équivalent sur l'aster sont également développés, ainsi que le protocole d'étude sur l'impact de l'exploitation sur *Aster tripolium*.

**Mots clé :** *Salicornia fragilis*, *Aster tripolium*, modélisation, production, Baie de Somme.

## **Abstract**

The halophyte is a biological resource that has a strong potential for development in the coming decades. Two species *Salicornia fragilis* and *Aster tripolium* have been studied. The objective of this study is to quantify the potential production at the Bay of Somme. The pattern created for the glasswort requires for its operation the recovery percentage of glasswort. It predicts the quantity of exploitable glasswort according to three parameters: the period of operation, the operating pressure and the operating site. It also this pattern permits to estimate seed production. The preliminary results and the study method of an equivalent pattern on the aster are developed and the study protocol on the impact of the operating on *Aster tripolium*.

**Key words :** *Salicornia fragilis*, *Aster tripolium*, modeling, produce, Bay of Somme