

**Valorisation des œufs de seiches
(*Sepia officinalis*) pondus sur les
casiers :**

**Développement d'une aquaculture de
niche**



Roussel D. & O. Basuyaux, 2016

SME/CE-prod/2015-01

Avec la participation technique

Du CRPBN



De la Cabanor



Du centre de marées de Cherbourg



De la criée de Granville



Entreprise Le Gouessant



De messieurs Mauger, Lecouillard, Leroux et Laffaiteur pêcheurs et/ou ostréiculteurs à Blainville sur mer

Avec la participation financière du Conseil Départemental de la Manche



Résumé

Face à la demande croissante des céphalopodes sur les marchés internationaux, la Basse-Normandie est l'une des régions les plus productrices de *Sepia officinalis* en France. Lorsqu'elles sont capturées, les seiches utilisent les casiers comme un support de ponte. A la remontée des casiers, les pêcheurs décrochent partiellement ces œufs pour les remettre en mer, mais cette manipulation est fastidieuse. L'utilisation d'un jet à haute pression pour le nettoyage des casiers provoque des pertes massives. Les travaux réalisés les années précédentes ont permis de montrer la viabilité de ces œufs si ces derniers sont placés dans de bonnes conditions. Ainsi, le but de ce projet était de mettre en place une aquaculture de niche afin de valoriser les œufs de *Sepia officinalis* et d'atteindre une taille commercialisable pour des ventes vers des marchés à plus fortes valeurs ajoutées (Espagne, Portugal, Italie). Deux élevages ont été réalisés dans des bassins naturels (claires), un bassin en « extensif » sans apport anthropique et un autre « semi-extensif » (un aérateur et alimentation aquacole). Ces essais ont été complétés par des expérimentations en conditions contrôlées à terre pour étudier spécifiquement certains paramètres de croissance (température, alimentation, comportement). L'élevage « semi-extensif » a permis l'éclosion massive des œufs ainsi que des croissances importantes des seiches (maximum 60 g en trois mois), toutefois les densités finales restent faibles. Bien qu'il y ait des améliorations à apporter pour que l'aquaculture de *Sepia officinalis* soit rentable, elle est réalisable en bassins naturels. Une alimentation adaptée est le premier élément à solutionner. D'autre part, ce projet pourrait également converger vers des problématiques d'accroissement de la ressource naturelle.

Mots clés : aquaculture, *Sepia officinalis*, bassins naturels, aliment artificiel, croissance, survie

Abstract

Faced with the growing demand of cephalopods on the international market, lower-Normandy is one of the most productive area of *Sepia officinalis* in France. When they are captured, the cuttlefish use the trap as an egg-laying stand. At raising of the traps, some fishermen take in part the eggs down to put them back to the sea, but this manipulation it's a hard work. Most of the time, traps are cleaning with a high pressure squirt and then fishermen lost a lot of eggs. The works realised these past years shown the viability of these eggs if they are placed in good conditions. In this way, the aim of this present project was to organise a niche aquaculture in order to make growing *Sepia officinalis*'s eggs to a marketable size and achieve high value-added markets (Spain, Portugal, Italy). Two experiments were realised in natural tanks (salt ponds), an «extensive» tank without anthropogenic inputs and another «semi-extensive» with an aerator and an artificial nutrition. These tests were complemented by ashore experiments in controlled conditions specifically to study some growth parameters (temperature, diet, behavior). A « semi-extensif » tank allowed massive hatching and significant cuttlefish's growth (maximum 60 g in 3 months), however the final density stay low. Improvements are necessary to make aquaculture of *Sepia officinalis* be gainful, it seems to be practicable in natural tanks. An adapted nutrition is the first element to resolve. Moreover, this project could also participate to the secure and the increase natural population.

Keywords : aquaculture, *Sepia officinalis*, natural salt ponds, artificial feed, growth, survival

Abréviations

AA : acide aminé

DHA : docosahexanoic acid

DML : longueur dorsale du manteau

EPA : eicosapentaenoic acid

ETC : équipement thermo-régulé de conditionnement

FAO : food and agriculture organization of the United Nations

HYDRONOR : réseau de suivi des paramètres hydrobiologiques des bassins conchylicoles Bas-Normands

NFM : Normandie fraîcheur mer

NRCC : national resource center for cephalopods

PCP : politique commune des pêches

PUFA : polyinsaturated fatty acids

PS : poids sec

SI : indice de séparation

SMEL : synergie mer et littoral

TAC : totaux admissibles de captures

1. Table des matières

1-	Introduction.....	6
1.1-	La seiche <i>Sepia officinalis</i> : un modèle évolué	9
1.2-	Historique de l'aquaculture de <i>Sepia officinalis</i> : potentialités aquacoles et expérimentations à différentes échelles	12
1.2.1-	Au commencement de l'étude des céphalopodes.....	12
1.2.2-	Les années 70 démontrent des potentialités aquacoles à développer.....	12
1.2.3-	Les premiers essais d'élevages à grande échelle	14
1.2.4-	L'alimentation : un élément à maîtriser en aquaculture	15
1.2.5-	Les améliorations dans l'élevage des céphalopodes au XX ^{ème} siècle	16
1.2.6-	L'alimentation, un frein majeur pour l'aquaculture des céphalopodes.....	17
1.2.7-	Un avenir aquacole prometteur	19
1.3-	Exploitation de la seiche et réglementation	21
1.4-	Intérêt du projet.....	22
2-	Matériels et méthodes	25
2.1-	Expérimentations en conditions contrôlées.....	25
2.1.2-	Matériel biologique	25
2.2.1-	Expérimentation 1 : choix de l'alimentation	26
2.2.2-	Expérimentation 2 : préférendum de la nature du fond.....	27
2.2.3-	Expérimentation 3 : effet de la température sur la croissance.....	28
2.2-	Expérimentation en conditions naturelles	29
2.2.1-	Matériel biologique	29
2.2.1-	Structure d'élevage : les claires.....	29
2.2.2-	Suivi des paramètres physico-chimiques	32
2.2.3-	Suivi des paramètres biologiques.....	32
2.3-	Etude socio-économique de l'élevage et de la valorisation potentielle de la production.....	35
2.4-	Statistiques	36
3-	Résultats	36
3.1-	Les expérimentations en conditions contrôlées	36
3.1.1-	Des granulés de poissons inadaptés à <i>Sepia officinalis</i>	36
3.1.2-	Les coquilles d'huîtres : un abri naturel apprécié	37
3.1.3-	Une croissance accélérée par une température augmentée.....	38
3.2-	L'expérimentation en milieu naturel.....	39
3.2.1-	Des élevages aquacoles de <i>Sepia officinalis</i> surveillés.....	39
3.2.2-	Croissance de <i>Sepia officinalis</i> en relation directe avec la température	46

3.2.3-	Un élevage aquacole réalisable en bassins naturels	47
3.3-	Etude socio-économique auprès des différents acteurs de la filière	48
3.3.1-	En amont auprès des pêcheurs aux casiers.....	48
3.3.2-	En aval : étude de marché de <i>Sepia officinalis</i>	50
4-	Discussion	51
5-	Conclusion	62
	Bibliographie.....	63
	ANNEXES.....	67

1- Introduction

Depuis les dernières décennies, une progression nette de la production mondiale des céphalopodes a été constatée en parallèle à une production stagnante d'autres espèces de poissons due à une pleine exploitation ou surexploitation de 80 % des stocks (FAO, 2012). En effet, la production mondiale par pêche de céphalopodes est passée de 500 000 tonnes en 1950 à 3,6 millions de tonnes en 2010 (FAO, 2011). Cependant, cette production représente seulement 4% des prises totales par pêche (FAO, 2012). La part des captures de la seiche *Sepia officinalis* au niveau mondial a fortement augmenté s'élevant à 26 000 tonnes en 2013 (Fig. 1 ; FAO, 2015a). En Europe, la pêche des céphalopodes est intéressante pour l'économie où la seiche atteint des prix de vente élevés sur les marchés méditerranéens et asiatiques (FAO, 2012). L'Espagne, l'Italie et le Japon sont les plus gros consommateurs et importateurs de ces espèces et apprécient les petites seiches (sépiens) entre 5 et 25g. La Thaïlande est le principal exportateur d'encornets et de seiches, suivie par l'Espagne, la Chine et l'Argentine. Le total des débarquements annuels déclarés a augmenté de 47 000 tonnes en 1998 à 82 500 tonnes en 2002. Au contraire, les captures de la seiche entre 2000 et 2002 ont diminué de 50 000 tonnes à 35 000 tonnes (Pierce *et al.*, 2010).

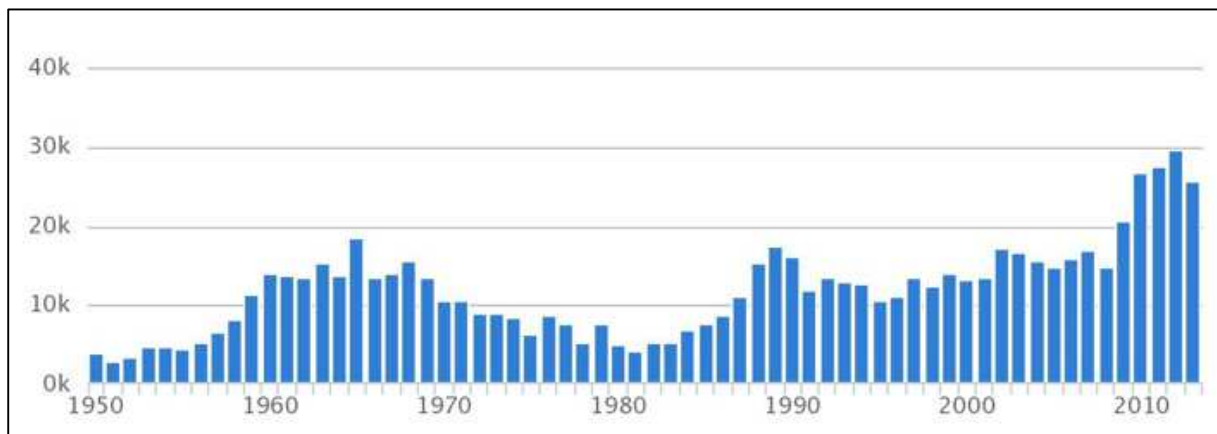


Figure 1 : Production mondiale par pêche (en tonnes) de la seiche *Sepia officinalis* en fonction du temps (Fishstat FAO, 2015)

La France est devenue l'un des principaux producteurs de *Sepia officinalis* dans l'Atlantique Nord, suivie par l'Italie et la Tunisie dans la mer Méditerranée durant ces dernières années. Par rapport aux autres espèces pêchées, la seiche prend une part importante dans les tonnages s'élevant entre 7 000 et 10 000 tonnes selon les années. La valeur des ventes déclarées en halles

à marée en 2014 s'établissait entre 25 et 30 millions d'euros (hors-série Le Marin, juillet 2015). En Basse-Normandie, *Sepia officinalis* représente 29 % des captures françaises. Il s'agit de la quatrième espèce en tonnage (4 500 à 7 000 tonnes selon les années) et la cinquième espèce en terme de valeur pour un chiffre d'affaire de 10,5 millions d'euros par an pour cette région bien que ce soit le céphalopode le plus pêché (NFM, 2014). Par exemple, pour la façade Nord-Ouest, les données en 2014 de la criée de Port-en-Bessin (14) et Granville (50) révèlent un chiffre d'affaire de 19,73 et 17,03 millions d'euros respectivement où les ventes de seiches totalisent 1,1 millions d'euros et 910 000 euros. Pour les criées des Sables-d'Olonne (85), la Turballe (44) et la Rochelle (17), la seiche fait aussi partie des principales espèces en valeur par rapport au chiffre d'affaire (respectivement 38,35 ; 22,58 ; 11,74 millions d'euros pour 3,6 ; 1,8 ; 1,2 millions d'euros pour la vente de seiches) (hors-série Le Marin, juillet 2015). Pour la Basse-Normandie, le prix de 2014 en criée s'élevait à environ 3 euros le kilogramme, toutes tailles confondues (NFM, 2015).

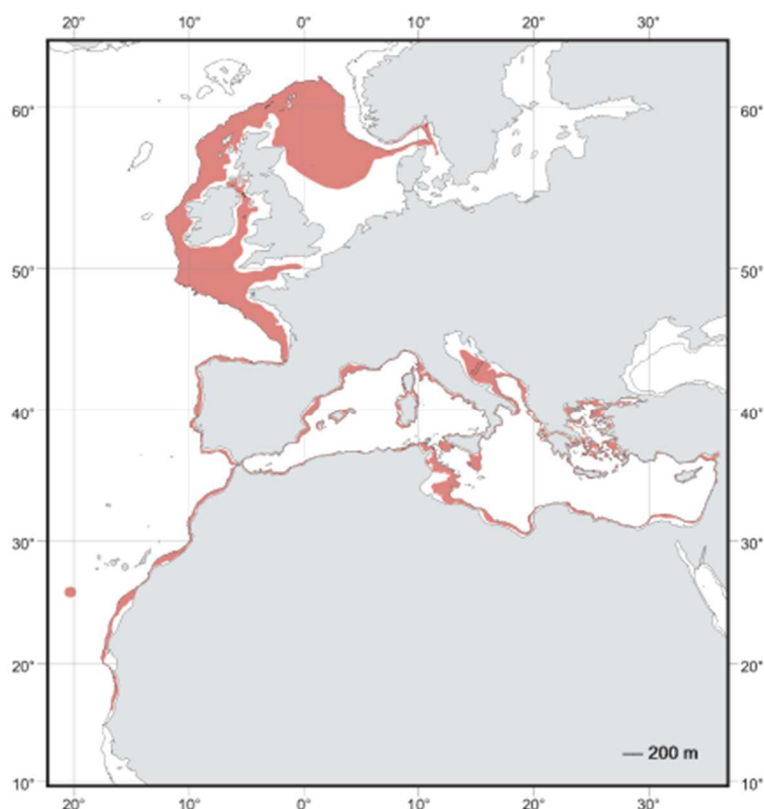


Figure 2 : Aire de distribution de la seiche *Sepia officinalis* (FAO, 2015)

Due à la place importante de la seiche *Sepia officinalis* sur les divers marchés mondiaux et nationaux, la recherche s'est beaucoup intéressée à la seiche au cours des dernières années. Elle étudie plus particulièrement son cycle de vie pour son introduction comme une nouvelle espèce en aquaculture (Sykes *et al.*, 2014c). Bien que l'évaluation des stocks et leurs

dynamiques restent limitées, la pêche de la seiche en Manche a été surveillée et réglementée afin de limiter l'augmentation de la pression de pêche. Ce sont des eaux riches en céphalopodes avec des variations inter-annuelles de leur distribution géographique en fonction de leur abondance (Denis et Robin, 2001 ; Royer, 2002). L'évaluation précise de l'état des stocks est difficile puisque la ressource dépend du recrutement, c'est-à-dire de la quantité de juvéniles entrant dans le stock de reproducteurs, qui est lui-même lié aux conditions environnementales. Par ailleurs, bien que difficilement quantifiable, la mortalité par pêche est importante à tous les stades de développement de la seiche. En 2002, Royer a démontré une stabilité d'exploitation du stock et une légère sous-exploitation des jeunes seiches, ce qui s'explique par le fait que les adultes soient les plus ciblés. Cependant, une surexploitation peut apparaître si les juvéniles sont exploités en tant qu'espèces accessoires ou indirectement par la détérioration massive des œufs durant la pêche aux casiers (Blanc *et al.*, 1998 ; Zatylny, 2000). Plus récemment, Gras (2013) démontre qu'il n'y a pas de surexploitation de *Sepia officinalis* en Manche malgré une pleine exploitation de ce stock. Pour une production durable, Royer et Gras (2002 ; 2013) suggèrent que le taux d'exploitation doit être maintenu en dessous de 40% pour éviter que la pêche soit à l'origine d'un impact irréversible sur la ressource. Pour une gestion de la pêcherie, il est conseillé de ne pas dépasser les 11 000 tonnes annuelles et d'annuler l'autorisation de la pêche côtière dans la bande des 3 miles pour cibler les juvéniles de seiches en France.

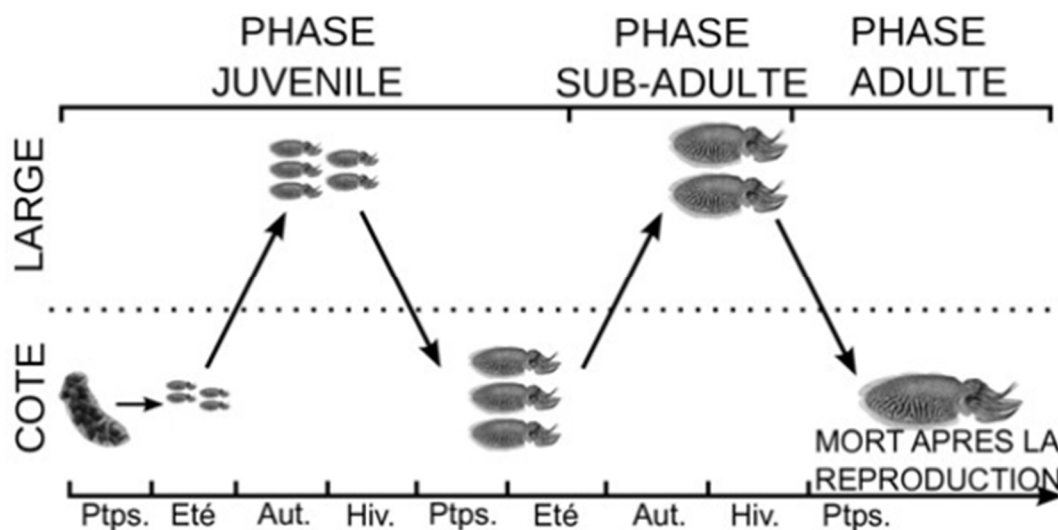


Figure 3 : Cycle de vie de la seiche *Sepia officinalis* en Manche (Gras, 2013)

1.1- La seiche *Sepia officinalis* : un modèle évolué

Sepia officinalis est un mollusque, céphalopode, de la famille des Sépiidés présentant une importante distribution géographique qui s'étend de l'Atlantique Nord-Est aux côtes Nord-Ouest de l'Afrique (Boletzky, 1983 ; Guerra, 2006). Elle est également présente sur le pourtour de la Méditerranée (Fig.2). C'est une espèce nectobenthique qui effectue des migrations saisonnières entre les eaux profondes du large, jusqu'à 200 mètres de profondeur, pour hiverner et les eaux côtières au printemps pour s'accoupler et pondre (Boucaud-Camou et Boismery, 1991 ; Le Goff, 1991 ; Fig.3). La température de l'eau régule différentes étapes du cycle de vie de *Sepia officinalis*, notamment lors de la reproduction et de la ponte. La seiche fuit les zones où l'eau, de température inférieure à 10°C, la rend inactive et bloque le développement des œufs (Richard, 1971). Ainsi plus les eaux sont chaudes, plus le métabolisme de l'animal est élevé et sa durée de vie est courte. Par conséquent, dans les zones de répartition du Sud, la durée de vie de la seiche est d'un an alors qu'elle est de deux ans dans les zones du Nord (Forsythe *et al.*, 1994 ; Guerra, 2006). Cependant en captivité, le cycle de vie est plus court autour de 6 mois (Domingues *et al.*, 2006).



Figure 4 : Différents supports de ponte pour les œufs de seiches : le casier à seiches (à gauche) et l'orin (à droite)

Sepia officinalis est un décapode composé de 10 tentacules dont deux bras préhensiles qui lui permettent de se nourrir. Les animaux se dissimulent la journée et sont en mouvement la nuit pour chasser bien qu'ils soient capable de s'alimenter toute la journée (Hanlon et Messenger, 1988 ; Castro et Guerra, 1990). Les proies peuvent être dépecées par la coquille

interne formant deux mandibules dures au niveau de la bouche appelées communément « bec de perroquet ». Dès la première semaine de vie, la seiche qui est carnivore est capable de s'alimenter avec les mêmes proies que l'adulte mais adaptées à leur taille (Hanlon et Messenger, 1988). Les seiches ont besoin de se nourrir de proies vivantes, comme des mysis de crevettes par exemple (Richard, 1975 ; Domingues, 1999), qui favorisent la survie des jeunes seiches.

La durée de la période de reproduction est variable selon les régions. Ainsi, plus on se dirige vers le Nord, plus elle est courte. La reproduction a lieu toute l'année au Sud du Portugal et en Méditerranée (Guerra et Castro, 1988 ; Mangold-Wirz, 1966). Au niveau des côtes Atlantiques, les seiches se reproduisent quand l'eau atteint 13 à 15°C. De manière générale, en Manche, les pontes ont lieu massivement au printemps de mars à août près des côtes et les éclosions s'étalent de mai à septembre avec un maximum observé entre juillet et août (Boucau-Camou *et al.*, 1991). Les premières pontes sont observées quand l'eau atteint 12°C dans le secteur de Blainville-sur-Mer (50). La majorité d'entre elles se font avant mi-mai dans ce secteur pour des éclosions prévues durant les deux premières semaines de juillet (Basuyaux, 2010).

Les femelles fixent leurs œufs, à l'aide de leurs tentacules, autour de substrats durs immergés comme des algues, des coquillages, des orins ou des casiers (Fig.4) mais n'apportent aucun soin maternel. Elles s'assurent seulement que les œufs soient dans une zone de faible intensité lumineuse (profondeur < 40m) mais avec des courants d'eau permettant le balancement et la survie des œufs (Boletzky, 1983 ; Blanc *et al.*, 1998 ; Basuyaux, 2010). Selon leur taille, les seiches pondent entre 150 et 600 œufs noirs sous la forme de grappes (150 à 300 œufs/grappe ; Richard, 1971 ; Bouchaud, 1991b ; Fig.5). En captivité, les femelles pondent plus d'œufs (jusqu'à 4 000 œufs) que celles du milieu naturel (Forsythe *et al.*, 1994). En général, les œufs pèsent de 0,1 à 2,5g et mesurent de 8 à 10 mm de diamètre (Sykes *et al.*, 2006). Comme pour de nombreux paramètres chez la seiche, l'incubation des œufs est sous l'influence de la température de l'eau et dure donc entre un mois et demi et trois mois. Il en est de même pour l'éclosion des œufs et leur développement qui varient de 42 jours pour 20°C à 106 jours pour 14°C (Richard, 1971 ; Boletzky, 1983 ; Basuyaux, 2010). À l'automne, la migration des juvéniles de la côte vers des eaux plus profondes est déclenchée par le refroidissement des eaux côtières en dessous de 10°C (Richard, 1971 ; Boletzky, 1983).



Figure 5 : Les grappes d'œufs de seiches

La phase embryonnaire chez *Sepia officinalis* (Fig.6) varie entre 30 et 90 jours en fonction de la température de l'eau de mer. Les seiches éclosent en général à l'obscurité (Paulji *et al.*, 1991). Il n'y a pas de stade larvaire chez la seiche, les nouveau-nés sont qualifiés de « para-larves » puisqu'ils sont morphologiquement identiques aux adultes et ont tous les organes (Hanlon et Messenger, 1988). Ils mesurent entre 6 et 9 mm de longueur de manteau (Boletzky, 1983) et pèsent de 0,053g à 0,180g (Domingues *et al.*, 2001b). Ce sont les animaux les plus évolués de cet embranchement avec un système nerveux développé qui leur confère des capacités d'apprentissage, de cognition et de mémorisation importantes ainsi qu'une certaine émotivité (Boycott, 1961). La seiche est capable de voir et de percevoir les signaux externes dès l'embryogenèse bien que l'embryon soit protégé par la capsule noire (Darmaillacq *et al.*, 2008). Ces animaux, sensibles et rapidement stressés, ont la capacité de faire du mimétisme. Les tentacules et le manteau peuvent changer de couleur en fonction de l'environnement ou bien lors de parades nuptiales (Hanlon et Messenger, 1988). La seiche se protège grâce à cette faculté d'homochromie mais également par la libération de jets d'encre qui forment un écran lorsqu'elle sent une menace et lui permet de fuir quand il y a un danger. Ce phénomène observé chez les céphalopodes, décourage les prédateurs en bloquant les chimiorécepteurs ou leur vision mais il sert aussi de signal d'alarme pour avertir leur congénères (Wood *et al.*, 2008).



Figure 6 : Phase embryonnaire de *Sepia officinalis* visible en enlevant la capsule noire de l'œuf

1.2- Historique de l'aquaculture de *Sepia officinalis* : potentialités aquacoles et expérimentations à différentes échelles

1.2.1- Au commencement de l'étude des céphalopodes

Les premières études d'élevages expérimentaux des céphalopodes datent des années 1960. En 1961, les chercheurs Ohshima et Choe décrivent le succès d'élevage de quatre espèces de céphalopodes des familles des Loliginidés et Sépiidés : *Sepioteuthis lessoniana*, *Sepia esculenta*, *Sepia lycidas* et *Sepiella inermis* qui ont été nourris avec des proies vivantes de l'ordre des mysidacés *Neomysis japonica*. Ces mêmes auteurs ont précisé en 1963 des détails sur l'élevage de ces espèces, concernant le soin des œufs, l'alimentation à l'éclosion et la survie. Par ailleurs, Choe (1966) a fourni de nombreuses données sur *Sepia esculenta*, *Sepia lycidas*, *Sepia inermis* et *Sepia lessoniana*, par rapport à la configuration des élevages, la nourriture et la croissance en captivité. Cet auteur constate que les seiches peuvent manger jusqu'à 40% de leur poids par jour (Sykes *et al.*, 2014b).

1.2.2- Les années 70 démontrent des potentialités aquacoles à développer

Durant les années 1970, la recherche développe des connaissances sur la biologie et les technologies pour l'aquaculture des céphalopodes. Les circuits d'eau de mer pour le maintien de ces animaux en captivité sont analysés (ouvert, fermé). Les expériences de Richard (1971), sur l'élevage de *Sepia officinalis* dans des bassins de 100 L, ont permis de constater l'influence de la température sur le développement embryonnaire. L'apport en eau de mer par un système

ouvert avec un régulateur de température de l'eau pour un minimum de 9°C est suggéré pour la survie des céphalopodes. Il a été démontré lors de ce travail que les variations de salinité n'avaient pas d'effet sur la croissance alors que la température pouvait provoquer des retards de croissance. Un arrêt de cette dernière est observé pour ces animaux poïkilothermes à des températures de l'eau inférieures à 9°C. Cependant, les seiches tolèrent de fortes températures allant jusqu'à 32°C. Cette étude suggérait également que l'utilisation d'un fond sableux et d'un faible éclairage permettrait une meilleure acclimatation aux conditions de captivité pour les seiches. Cet auteur a déterminé qu'à l'éclosion, les amphipodes sont les proies les plus adaptées à la croissance puisque les crustacés (crevettes, crabes) et les poissons deviennent de plus en plus importants dans le régime alimentaire de *Sepia officinalis*. De plus, il démontre que la température a un effet sur la digestion et qu'à de fortes températures, la seiche va capturer davantage de proies et par conséquent croître plus rapidement. La croissance des juvéniles est très rapide dans les premiers mois de leur vie, puis diminue avec l'âge des individus. Les seiches acceptent dès la naissance des proies deux fois plus grosses qu'elles (Guerra, 2006 ; Fig.7). Cependant, cet auteur utilisait des proies vivantes de taille inférieure à celle de la seiche. Il a également signalé une valeur de densité optimale de 1/10 (surface des animaux/réservoir).

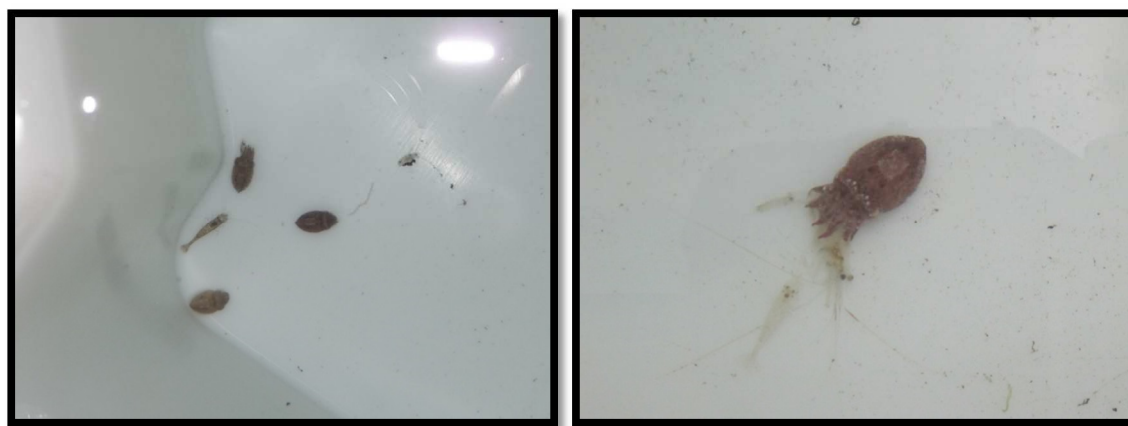


Figure 7 : Mise en évidence de la taille des proies de *Sepia officinalis*

Boletzky et ses collaborateurs en 1971, décrivent l'élevage de seiches en laboratoire en petits volumes de 5 à 50 L d'eau de mer en circuit fermé, nourris par des mysidacés vivants *Leptomysis mediterranea* et des crevettes *Leander dentelé*. Pascual (1978) a été l'un des premiers chercheurs à avoir mis en culture *Sepia officinalis* sur plusieurs générations. Cette étude pionnière a été effectuée dans le but de réaliser une aquaculture de céphalopodes pour la consommation humaine. Cet élevage a été réalisé en système ouvert à l'exception du stade de

l'œuf. Plusieurs types de proies ont été testés pour les premiers stades de vie, telles que les espèces de mysidacés (*Diamysis bahirensis* et *Mesodopsis slabberi*), les crevettes (*Palaemonetes varians*) et *Artemia spp.* Les crevettes génèrent les meilleurs résultats en terme de survie. Dans ces conditions, des individus de 150 à 200 g ont été obtenus en 4 mois avec un taux de conversion des aliments de 40 à 45%, soit 2,2 à 2,5 kg de nourriture pour atteindre 1kg de seiches en 10 mois (Hanlon *et al.*, 1991 ; Sykes *et al.*, 2014b).

1.2.3- Les premiers essais d'élevages à grande échelle

Ce fut pendant les années 1980 que les méthodes de culture à grande échelle ont été approfondies. Le National Resource Center for Cephalopods (NRCC ; Houston, Etats-Unis) participe dès sa création en 1975, à de nombreuses expériences sur le développement de technologies de culture des céphalopodes. Chaque année, il avait la capacité de maintenir de 1000 à 2500 seiches adultes, *Sepia officinalis* et *Sepia pharaonis* représentant au total 122 m³ d'eau de mer répartis dans 5 systèmes. Au fur et à mesure, les publications traitant de l'alimentation et de la digestion des céphalopodes se multiplient. L'espèce *Sepia officinalis* a été particulièrement étudiée par Boucaud-Camou en 1981 et 1982 et Boucaud-Camou *et al.*, en 1985 (Sykes *et al.*, 2014b). Boletzky et Hanlon (1983) ont examiné le maintien en laboratoire ainsi que les potentialités d'élevage de plusieurs espèces de céphalopodes. D'une manière générale, ces animaux doivent être manipulés avec précaution pour éviter d'endommager la peau. Ils ont besoin de suffisamment d'espace et d'une importante quantité d'eau due à leur mode de vie nectobenthique.

Des chercheurs italiens ont fait une série d'expériences afin d'analyser la faisabilité de la culture de seiches dans des bassins à terre (Sykes *et al.*, 2014b : Sequi, 1980; Palmegiano et Sequi, 1981 et 1984; D'Apote et Palmegiano 1982 et 1983; Sequi et Palmegiano, 1984 et 1985). Grâce à ces expérimentations à plus grande échelle, *Sepia officinalis* et *Octopus vulgaris* ont été identifiés comme deux espèces de céphalopodes ayant le plus fort potentiel pour de l'aquaculture en Europe. Ces expériences d'élevages semi-intensifs ont été productives. En effet en partant d'une biomasse initiale de 600 g de juvéniles de seiches (avec un poids moyen humide de 1,65 g $\pm$ 0,62 g par individu), 5 kg de seiches (30,75 g $\pm$ 11,25 g) ont été produits en 52 jours, avec une température de l'eau de 21°C. Les problèmes rencontrés ont été nombreux, notamment au niveau des taux d'oxygène, du manque de nourriture et de la forte prédation provoquant 35% de mortalité. Sykes *et al.*, en 2006, qui travaillaient en bassin à terre ont mis plus de temps pour parvenir au même poids à des températures identiques qu'en bassin naturel.

En effet, quand les paramètres environnementaux et la nourriture sont optimaux, les seiches croissent plus rapidement en extérieur, confirmant les conclusions de Domingues *et al.*, (2006).

1.2.4- L'alimentation : un élément à maîtriser en aquaculture

Dès la naissance, les juvéniles de seiches se nourrissent à partir du vitellus par digestion enzymatique dite intracellulaire. L'énergie provenant du vitellus permet une survie indépendante de 2 à 3 jours pouvant aller jusqu'à 5 jours, cependant il est essentiel d'apporter un aliment rapidement (Bouchaud, 1991a). Les premiers stades de développement peuvent être influencés par « l'histoire nutritionnelle maternelle » (Bouchaud et Gallois, 1990). En effet, la qualité de l'œuf et sa survie dépendent de l'alimentation maternelle, ce phénomène est appelé « empreinte alimentaire » (Bloor *et al.*, 2013). Après 30 jours, les seiches sont matures et ont acquis la digestion enzymatique dite extracellulaire. Le passage de la nutrition endogène à exogène a lieu les 20 premiers jours, pendant lesquels l'activité des enzymes digestives se modifie avec la mise en place du système digestif. Ceci est un moment critique pour les juvéniles. Ils ont davantage besoin d'acides gras durant cette période puisqu'ils accélèrent la maturation et permettent une digestion plus efficace des aliments. Ceci a été démontré par l'utilisation de crevettes congelées enrichies en acides gras et peptides (Perrin, 2004). Les juvéniles de seiches ont la faculté de s'adapter aux conditions environnementales selon les habitats. Il existe une certaine flexibilité dans l'alimentation pour le choix et le changement de proies naturelles (Darmaillacq *et al.*, 2006). La survie post-éclosion est accrue par cette familiarisation visuelle de nouvelles proies. Cependant, la nourriture inerte ou artificielle est difficile à faire accepter aux jeunes stades sans un passage par des proies naturelles (Hanlon *et al.*, 1991).

L'élevage de céphalopodes en captivité nécessite donc une alimentation adaptée à la survie des animaux. Toll et Strain (1988) mais également DeRusha *et al.*, (1989), ont travaillé sur l'effet de différentes proies vivantes (écrevisse, poisson, palourde, crabe, crevette, larve) ainsi que des régimes congelés (crevettes, vers marins, crabes) chez différentes espèces de céphalopodes dont *Sepia officinalis*. Il semble que les écrevisses soient le régime le plus accepté en fournissant les meilleurs résultats de croissance. D'autre part, les régimes congelés permettent des croissances similaires par rapport aux vivants. Hanlon *et al.*, (1991) obtiennent un taux de croissance 3 à 4 % du poids par jour. En 10 mois, les individus atteignent 1,4 kg pour des températures de 20 à 24°C. Plus récemment, Domingues *et al.*, (2010) ont défini que le taux d'alimentation des seiches est égal à 10% du poids par jour. Cependant, ce taux peut varier suivant le taux de conversion de l'aliment.

D'après Blanc *et al.*, (1999), l'alimentation en milieu naturel pour les jeunes stades est essentiellement composée de crustacés (86%) et en particulier de la crevette *Crangon crangon*, alors que les adultes peuvent également se nourrir de poissons (5%). Les crevettes représentent l'aliment vivant le plus approprié pour les jeunes stades de développement et apportent les plus forts taux de croissance et de survie. Par la suite, il a été démontré que la composition biochimique protéique et lipidique des crustacés favorise la croissance rapide de ces animaux (Domingues *et al.*, 2003). Ce type de proies permet un taux de croissance autour de 5 à 9% du poids par jour en laboratoire pour des températures de 19 à 22°C (DeRusha *et al.*, 1989 ; Forsythe *et al.*, 1994 ; Koueta et Boucaud-Camou, 1999 ; Koueta *et al.*, 2002 ; Domingues *et al.*, 2004). La croissance est moins importante avec des poissons vivants qu'avec un témoin crevette pour ces stades (1,7% et 3,1% du poids par jour respectivement ; Domingues *et al.*, 2001b). Cependant ces proies provoquent un effet bénéfique pour la croissance des seiches proportionnellement avec le développement. En effet, les poissons permettent 73% de survie à l'éclosion alors que ce taux atteint 100% au bout de 60 jours (Domingues *et al.*, 2004). Ceci avait déjà été observé par Castro et Guerra (1990), avec une augmentation de l'importance des poissons dans le régime alimentaire des seiches dans le milieu naturel et de la diminution des crustacés. Par ailleurs, Domingues *et al.*, (2001a) suggèrent que les mysis comme proies vivantes, permettent un meilleur taux de croissance (4,4% du poids par jour) et de survie que les artémies.

1.2.5- Les améliorations dans l'élevage des céphalopodes au XX^{ème} siècle

C'est dans les années 2000 que les principales optimisations d'élevage ont été mises en place. Par exemple, des structures et des systèmes de circulation d'eau de mer ont été proposés (emplacement, conception du réservoir, contrôle des conditions physico-chimiques de l'eau). *Sepia officinalis* est exposée à des conditions hydrologiques variables quand elle se trouve dans les eaux côtières, c'est pourquoi elle a été définie comme une espèce robuste en captivité, capable de tolérer des quantités relativement élevées de composés azotés : $[NH_4]$ et $[NO_2] < 0,1 \text{ mg/L}$; $[NO_3] < 80 \text{ mg/L}$. Lorsque ce dernier élément est supérieur à la quantité recommandée, la seiche s'agite et s'effraye (Forsythe *et al.*, 1994). Elle supporte également des variations de salinité allant de 25 à 38 ‰ (optimum 34-36‰) et des températures de 9 à 32°C (optimum 15-25°C). L'idéal est de maintenir le taux d'oxygène à saturation et le pH entre 7,8 et 8,1 (Boletzky, 1983 ; Forsythe *et al.*, 1994). Les juvéniles de *Sepia officinalis* sont capables de maintenir leur taux de croissance et de calcification pendant 6 semaines quand le taux de dioxyde de carbone (CO_2) est anormal, compris entre 4 000 à 6 000 ppm (Gutowska *et al.*,

2008). Ainsi, ces auteurs concluent que les céphalopodes ont une certaine capacité d'adaptation à l'augmentation du taux de CO₂ et aux changements climatiques.

La culture à grande échelle dans des bassins de 18 m³ en circuit fermé d'eau de mer a été décrite par Forsythe *et al.*, (1994). Les auteurs ont démontré que les seiches peuvent se développer dans divers types de réservoirs (rond, carré ou rectangulaire), peu profonds mais dont la surface de fond est importante. Par exemple, ils suggèrent un espace de 5 cm par individu pour un nouveau-né et 30 à 40 cm pour des juvéniles et des adultes. Ainsi, l'expérimentation a permis de maintenir 3 000 nouveaux nés jusqu'à 4 cm de longueur de manteau, à une densité de 250 à 300 individus par mètre carré puis 200 à 400 juvéniles de 10 cm de longueur de manteau, soit une vingtaine de seiches par unité de surface et 75 à 100 adultes de 20 cm ce qui correspond à 2 seiches par mètre carré. Ces articles ont également fourni des indications sur la reproduction de cette espèce. Les auteurs soulignent un ratio 1 (mâle) ♂ : 3 (femelle) ♀ au lieu de 1♂ : 1♀ en temps normal pour diminuer le comportement sexuel agressif démontré chez les adultes. Alors que la fécondité en captivité est similaire à celle en milieu naturel, elle est inférieure à 50% après la première génération. Toutefois, elle devient inexistante après seulement 7 générations où la cause reste à déterminer.

L'utilisation d'un système d'eau de mer semi-fermé avec 80% de renouvellement de l'eau par jour pour l'élevage de seiches à l'éclosion est suggéré (Koueta et Boucaud-Camou, 1999). Un meilleur taux de survie est observé en isolant les individus ce qui limite les agressions ou la compétition pour la nourriture. Dans les premiers jours de vie des seiches, il vaut mieux apporter en excès les aliments pour que la croissance soit optimale (Koueta et Boucaud-Camou, 2001). Ainsi, pour une ration de 40% du poids des seiches par jour, la croissance s'élève à 12,8%. De plus, une corrélation entre la photopériode et le taux d'alimentation sur la survie et la croissance des juvéniles de seiches a été mise en évidence à plusieurs reprises (Forsythe *et al.*, 1994 ; Koueta et Boucaud-Camou, 2003). Ces auteurs ont démontré qu'une photopériode courte (8/16) cause de faibles taux de survie et de croissance, à l'inverse une photopériode 16/8 favorise l'accroissement de ces taux. Ainsi, une durée de 12 à 16 heures de lumière est préconisée.

1.2.6- L'alimentation, un frein majeur pour l'aquaculture des céphalopodes

Comme dans de nombreux élevages aquacoles, l'alimentation est un des problèmes majeurs; c'est pourquoi l'aquaculture de céphalopodes est définie comme une activité à risques élevés avec de faibles bénéfices potentiels, en raison de la dépendance de proies naturelles qui

sont coûteuses surtout chez les jeunes stades. Par conséquent, il a été admis par de nombreux chercheurs que pour développer une aquaculture durable et rentable, il faudra développer la recherche sur l'utilisation d'aliments artificiels. Le développement de régimes artificiels pour *Sepia officinalis* a commencé au début des années 1990 mais son succès a été limité.

Bernardino Castro et Ángel Guerra ont été des pionniers dans les études trophiques qui ont été utilisées par la suite pour concevoir des régimes artificiels pour *Sepia officinalis* (Castro et Guerra, 1990). Dans cette étude, ils ont constaté que le régime naturel de la seiche européenne est principalement composé de crustacés (80,8%) et de poissons (15,2%). A partir de là, plusieurs études ont été réalisées, comme celle de Castro en 1991 qui a travaillé sur l'acceptation de granulés cylindriques de 2,5 cm et pesant 1 g, composés de 20% de poudre de crevettes, 4% d'alginate et 76% d'eau sur un élevage de *S. officinalis*. Une série d'expériences sur l'appétence des granulés et des suivis de croissance associés sont mis en œuvre et démontrent que les seiches acceptent des aliments artificiels.

Lee *et al.*, (1991) ont testé différents types d'aliments (crevettes vivantes/congelées, poissons vivants/surimi, purée et granulés de crevettes). Le surimi n'est pas choisi cependant les proies vivantes sont préférées avec un accroissement de 2,7% du poids par jour et seulement 5% de mortalité. Pour les granulés de crevettes, le taux de croissance est de 1,5% du poids par jour et la mortalité est de 35%. Les auteurs démontrent également dans cette étude que les poulpes étaient plus rapides à accepter un régime artificiel que les seiches. Malgré l'acceptation et l'ingestion de granulés, le cannibalisme devient de plus en plus important au cours de l'expérimentation, et après 30 à 40 jours, les animaux analysés montrent des carences nutritionnelles importantes. Ce type d'aliment artificiel accroît la consommation d'énergie pour la digestion, diminue la digestibilité par une incapacité gastrique et il est souvent composé d'une faible teneur en protéines. Par conséquent, l'ingestion se fait plus facilement avec un aliment humide. Pour confirmer cette hypothèse, Ferreira *et al.*, (2010) ont constaté un problème d'acceptation de la nourriture artificielle qu'ils justifient par une teneur en humidité inférieure (400 g/kg) à celle de l'alimentation naturelle (800 g/kg).

L'étude de Castro *et al.*, (1993) confirme les expériences précédentes. En effet, en testant de la nourriture artificielle sous forme de surimi ou de granulés, ils concluent qu'elle retarde la croissance et le développement des animaux. Lors de cette expérimentation, les taux de survie et de croissance (% de poids par jour) étaient meilleurs avec les proies vivantes de type crevettes (95% ; 2,7%) que pour les granulés (67,5% ; 0,33%) et le surimi (22,5% ; 0,54%). Les auteurs ont pu constater que le taux d'alimentation (% de poids par jour) était plus important

avec les crevettes et le surimi pendant les 30 premiers jours (6 à 8% et 8 à 9 % respectivement), alors que celui des granulés se maintenait en dessous de 1 à 3% maximum. Malgré l'acceptation et l'ingestion du surimi, la survie et la croissance étaient assez faibles après un mois. Selon ces auteurs, le surimi provoquerait de la mortalité due à un manque de teneur en cuivre qui est un élément essentiel pour la respiration (hémocyanine). Compte tenu des résultats de cette étude, Castro et Lee (1994) ont testé différentes formulations à base de surimi de poissons chez *Sepia officinalis*, avec supplémentation ou non d'albumine d'œuf, de caséine, d'œuf entier, d'huile de poisson, de cholestérol et de lécithine. Une fois de plus, la croissance est restée faible malgré l'acceptation et l'ingestion de la nourriture (taux de croissance compris entre -0,3 et 0,3% du poids par jour).

Perrin (2004) a démontré que les seiches acceptent les proies inertes à partir de 10 jours avec un temps d'adaptation de 3 jours. Domingues *et al.*, (2001b) ont suggéré qu'un apport d'acides aminés (AA) libres de type méthionine ou lysine par exemple favoriserait la croissance chez la seiche. Après ce constat, Domingues *et al.*, (2005), décident d'analyser l'effet d'un ajout de lysine dans un aliment artificiel. Cet AA a été choisi car c'est le plus limité des AA essentiels pour les organismes marins. Les résultats obtenus démontrent un meilleur taux de conversion (10,7%) avec un aliment dont la concentration de lysine est la plus importante. Il faudrait 10,7kg d'aliment pour obtenir une croissance d'1 kg alors qu'il faudrait 80,9 kg pour un aliment moins concentré en lysine. Ainsi les croissances les plus importantes sont observables avec les aliments dont la teneur en AA essentiels est la plus haute. Ces auteurs suggèrent que le problème des aliments artificiels est peut être dû à la forme disponible des AA, alors que ce sont des composants nécessaires aux différentes fonctions physiologiques. Pour que l'alimentation artificielle permette la croissance et la survie des animaux, il est important de trouver une solution pour empêcher la dissolution des AA libres dans l'eau. C'est pourquoi, l'encapsulation dans de la gélatine par exemple pourrait limiter les pertes et permettre l'assimilation de cet aliment par les seiches.

1.2.7- Un avenir aquacole prometteur

La demande croissante pour les céphalopodes sur les marchés internationaux a stimulé la recherche sur la maîtrise de l'élevage comme une alternative à la dépendance de la pêche. De nombreuses études s'intéressent également aux conditions d'élevage des calmars et des pieuvres. Il existe un réel désir de développer une aquaculture pour la seiche, particulièrement pour les tailles inférieures à la limite de commercialisation (>100g). L'introduction de nouvelles

espèces en aquaculture nécessite des études préliminaires relatives à la biologie, l'écologie et la physiologie. Cependant, malgré l'augmentation du nombre de chercheurs, et de la diffusion de l'information au cours des 30 dernières années, les principales contraintes pour l'élevage des céphalopodes sont considérables. Jusqu'à présent, la technologie disponible et les coûts opérationnels ne permettent pas de créer une aquaculture rentable. Néanmoins, les études et la technologie ont permis de s'orienter vers des systèmes en circuit fermé favorisant une aquaculture durable s'insérant dans le développement durable (Sykes *et al.*, 2014c).

Sepia officinalis est une espèce intéressante tant au niveau biologique qu'au niveau économique, présentant des aspects intéressants pour l'élevage. En effet, les céphalopodes ont des taux élevés de croissance (3% de leur poids par jour) (Mangold et Boletzky, 1973 ; Hanlon *et al.*, 1991) et de conversion alimentaire (30 à 60% de l'aliment sont incorporés : Mangold et Boletzky, 1973 ; Domingues *et al.*, 2003), qui pour l'aquaculture se traduit par des cycles de culture courts, des ratios élevés de production avec de fortes biomasses et une rentabilité élevée. Ils représentent une source alimentaire appréciée en Europe, particulièrement dans les pays du sud puisqu'ils ont un fort taux de protéines soit 70 à 90% du poids sec contenu dans le manteau et les tentacules (Lee, 1994). Seulement deux espèces des eaux européennes ont été identifiées comme candidates pour l'aquaculture dans un avenir proche : *Sepia officinalis* et *Octopus vulgaris*. Jusqu'à présent, une production modeste d'*Octopus vulgaris* a été obtenue en Galice, au Nord-Ouest de l'Espagne (Pierce *et al.*, 2010). *Sepia officinalis* a été à l'origine de nombreuses études expérimentales ces dernières années. En général, les expériences étaient réalisées à faible densité et sur de courtes périodes. Au Portugal, l'Université d'Algarve, en coopération avec une entreprise privée, "Necton - Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas, SA", travaille sur une production viable de *Sepia officinalis*, dans la perspective d'introduire cette espèce sur les marchés pour la consommation humaine. L'élevage extensif à petite et moyenne échelle a été une réussite en Tunisie, en Italie et au Portugal (Sykes *et al.*, 2014c). Cependant une aquaculture en bassins naturels de type « claire », participe aux premiers tests à grande échelle en France, ce qui a fait l'objet de cette étude. Il s'agit d'un environnement dynamique-écologique où une faune et une flore sont installées.

Aujourd'hui, les principaux freins dans l'aquaculture de la seiche limitant son expansion vers l'échelle industrielle, sont la dépendance à un régime vivant durant les premiers stades de vie, l'inexistence d'un régime artificiel adéquat et le contrôle de la reproduction en captivité (Sykes *et al.*, 2006). Les proies vivantes sont coûteuses et parfois plus chères que la seiche elle-même. L'alimentation artificielle permet de réduire jusqu'à 80% le coût de l'élevage en

exploitant la production industrielle (Forsythe *et al.*, 1994). Due aux faibles nombres de laboratoires impliqués dans la résolution de ces problèmes, la culture à grande échelle stagne malgré l'évolution « rapide » de la technologie. Les industries aquacoles sont donc sceptiques sur le devenir de l'aquaculture de la seiche et les investisseurs restent méfiants sur un éventuel investissement dans le secteur de l'aquaculture marine malgré la diversification possible. Toutefois, il faut prendre en compte le retour sur investissement qui peut être rapide grâce au cycle de vie court de ces animaux. De plus, la directive européenne (2010/63/UE) a inclus récemment les céphalopodes, utilisés à des fins scientifiques, dans le registre du bien-être et de la protection animale, ce qui ralentit le développement de cette aquaculture.

1.3- Exploitation de la seiche et réglementation

La flottille de Basse-Normandie est composée de 495 navires (données 2012 ; CRPBN, 2015). La seiche est pêchée au chalut dans la limite des 3 miles d'avril à début octobre selon l'arrêté n°58 /2007 et par des caseyeurs de fin mars à fin juin. Ces périodes de pêche suivent le schéma de migration de ces animaux en Manche (Royer, 2002). Les seiches migrent vers la côte, en groupe, pour se reproduire, ce qui marque le commencement de la période de pêche.

Durant ce projet, l'intérêt s'est porté sur la pêche aux casiers qui représentent un support de ponte important. C'est une méthode efficace et économiquement viable. Les casiers à seiches sont des engins fixes de différentes formes, qui agissent comme des pièges. Ils sont constitués d'une armature métallique recouverte de cordage et de deux goulottes latérales où se fixe un clapet anti-retour. Ils sont sélectifs, puisque les animaux restent vivants dans le piège et le pêcheur peut donc les remettre à l'eau s'ils ne font pas la taille réglementaire ou ne correspondent pas à l'espèce recherchée. Une femelle ou un leurre de couleur blanche servent d'appât pour attirer d'autres congénères. Les casiers sont disposés en mer en filières par dizaine ou individuellement suivant les zones de pêche et sont relevés tous les 3-4 jours en moyenne puis remontés à terre à la fin de la période de pêche. Cette pêche cible, en général, des animaux en fin de vie alors que les chalutiers pêchent aussi bien des juvéniles que des adultes (Denis et Robin, 2001 ; Royer, 2002). D'après les données du Comité Régional des Pêches Maritimes de Basse-Normandie, 190 pêcheurs détiennent la licence SEICHE leur permettant de pêcher à l'aide de casiers (250€ par an pour 200 casiers). Celle-ci réglemente cette pêche en limitant le nombre de casiers par navire à 300 casiers pour 1 homme à bord et 500 casiers pour 2 hommes à bord (arrêté n°122/2011). Les pêcheurs ont pour obligation de marquer les casiers par une marque réglementaire valable pour une campagne de pêche du 1^{er} mars au 30 juin. Cet arrêté

préconise également de dégrapper les œufs manuellement et de remonter les casiers propres à terre afin de permettre le développement des œufs fixés. La période de pêche est ajustée chaque année en fonction de la probabilité de la date d'arrivée des seiches et des tonnages des années précédentes (Royer, 2002 ; Challier, 2005).

Il n'existe pas de mesures particulières (TAC : Totaux Admissible de Capture) définies par la Politique Commune des Pêches (PCP) pour les céphalopodes. Cette ressource est réglementée à l'échelle locale ou nationale sur l'effort de pêche, la taille au débarquement et les périodes de pêche (Pierce *et al.*, 2010). Les Comités régionaux des pêches de Bretagne et de Basse-Normandie ont un système de licence encadrant partiellement cette pêcherie en Baie de Seine. D'après le règlement (CE) N°2406/96, des catégories commerciales sont définies interdisant la mise en vente d'individus de moins de 100 g (les sépions). La seiche est commercialisée "au noir", sans avoir été lavée ou sous forme de blanc de seiche, c'est-à-dire avec le manteau nettoyé.

La pêche de loisir (à pied, à la nage ou sous-marine) est également réglementée pour la seiche d'après l'arrêté 72/2013. En effet, l'épuisette, la ligne ou la fourche sont autorisées pour pêcher la seiche toute l'année sans quantité maximale limitée par pêcheur et par jour. Cependant la taille minimale de capture doit être de 10 cm (environ 150g).

1.4- Intérêt du projet

L'intérêt de ce projet pour les professionnels est de développer une aquaculture extensive à l'origine de ressources financières complémentaires pour des petits bateaux côtiers ou caseyeurs soumis aux fluctuations des captures. Certaines caractéristiques biologiques de *Sepia officinalis* peuvent être des atouts et des contraintes majeurs en aquaculture. Bien que leur cycle de vie soit court, les femelles ne produisent qu'une faible quantité d'œufs puis meurent (Richard, 1971). De plus, le prix de vente des seiches en France est faible. Ainsi, l'aquaculture de la seiche est innovante en France et les potentialités d'un élevage ont été mises en évidence par de nombreuses études portugaises et espagnoles en laboratoire. La faisabilité du projet repose sur la rentabilité pour le professionnel, en comparant l'investissement dans le matériel nécessaire à l'élevage par rapport au prix de vente des jeunes seiches sur le marché des produits de la mer.

Les seiches pondent leurs œufs sur des supports durs immergés, c'est pourquoi elles pondent sur les casiers quand elles sont capturées. Au total, entre 18 et 40 millions d'œufs sont pondus en une saison de mars à septembre (Bouchaud, 1991b). Certains pêcheurs décrochent

partiellement ces œufs, à la main ou avec un couteau, pour les remettre en mer mais cette manipulation rend l'estimation du taux de survie difficile à estimer. D'autres professionnels utilisent un nettoyage à haute pression à bord en fin de période de pêche, abimant ou tuant les œufs. L'étude de Bouchaud (1991b) démontre qu'après ce type de traitement, seulement 2% des œufs atteignent l'éclosion et 15% pour ceux qui sont dégrappés. Cependant, certains professionnels remontent les casiers à terre avec les œufs avant l'éclosion ce qui représente une perte importante de juvéniles. Les travaux réalisés les années précédentes (Basuyaux, 2010 ; Basuyaux *et al.*, 2013) ont permis de montrer la viabilité de ces œufs si ces derniers sont placés dans de bonnes conditions.

Précédemment, l'étude de Basuyaux (2010) proposait des solutions face à ces pertes. Par exemple, la pose d'orins (cordages) dans des zones sableuses créant un support pour les pontes tout en limitant leur nombre sur les casiers, a montré de bons résultats au niveau des éclosions. Cette solution est peu coûteuse et demande peu de main d'œuvre. Une autre idée suggérée dans cet article est de laisser les casiers en mer jusqu'à l'éclosion pour maximiser les chances de survie des seiches. Cette solution a été à l'origine de quelques réticences de la part des pêcheurs face à la perte éventuelle des casiers. Zatylny (2000) disposent des collecteurs sur les casiers à seiches afin de collecter les œufs, cependant ceci est difficile à mettre en œuvre.

Le but de cette présente étude est de faire éclore les œufs dans des claires à terre existantes et d'atteindre une taille permettant la commercialisation des sépiens vers des marchés de niche à hautes valeurs ajoutées (Espagne, Portugal, Italie). Cependant, le poids minimal de commercialisation en France pour les produits de la pêche est de 100g. Il faut donc s'assurer que la vente des produits aquacoles n'est pas soumise à ce règlement (CE) N°2406/96 sinon les seiches devront être maintenues jusqu'à 100g. Une autre solution est de maintenir les sépiens durant quelques semaines en vivier afin de leur assurer une meilleure survie, puis de les remettre en mer. Ce type d'élevage de courte durée pourrait participer à l'amélioration des chances de survie et de croissance de ces sépiens. Il pourrait également contribuer à un accroissement de la ressource naturelle, en assurant un certain renouvellement du stock sans perte liée à la pêche. Enfin des viviers flottants pourraient permettre un élevage directement en mer, toutefois cette solution demande des suivis importants.

Conscients de cet impact, certains pêcheurs ont décidé d'attendre l'éclosion des œufs de seiches avant de remonter et nettoyer leurs casiers. Ainsi, il existe des solutions face à ces pertes qui demandent un investissement des pêcheurs. Néanmoins, l'effort de préservation repose sur une partie des pêcheurs de seiches qui représente un faible pourcentage des captures totales en

Manche (Basuyaux, 2010). La solution de valorisation des œufs de seiches pondus sur les casiers, est une solution de gestion qui pourrait convenir aux différentes parties. Une première étude de valorisation des œufs consiste à mettre en place un élevage en bassins à terre naturels faisant l'objet de ce travail réalisé au SMEL (Synergie Mer Et Littoral).

2- Matériels et méthodes

2.1- Expérimentations en conditions contrôlées

2.1.2- Matériel biologique

Les œufs de seiches, *Sepia officinalis*, utilisés au cours des trois expériences réalisées dans l'écloserie du SMEL, ont été dégrappés au mois de mai des casiers d'un pêcheur de Blainville-sur-Mer et ont été incubés dans un ETC (Equipement Thermo-régulé de Conditionnement ; Fig.8) à 20°C et à une salinité de 35 ‰. L'eau est oxygénée par « bullage » et l'enceinte permet de maintenir les œufs sous une photopériode programmée en jour long (16/8).

La durée d'incubation des œufs de seiches a été déterminée en fonction de différentes températures (Basuyaux, 2010). Les variations de températures sont inversement proportionnelles à la durée d'incubation, ce qui avait été souligné dans des études précédentes (Richard, 1971 ; Boletzky, 1983). La date d'éclosion peut être définie à partir de la température (t) et de la durée d'incubation des œufs de seiches selon un modèle mathématique : $409 = \sum_{i=1}^n (t_i - 9.7)$ soit la durée d'incubation $n = \frac{409}{t-9.7}$ (Basuyaux *et al.*, 2013).



Figure 8 : Equipement thermo-régulé de conditionnement (ETC) utilisé pour l'incubation des œufs de *Sepia officinalis*

Grâce à ce modèle, la date prévisionnelle d'éclosion a pu être calculée et vérifiée. Les seiches ont éclos un mois après leur collecte.

2.2.1- Expérimentation 1 : choix de l'alimentation

Cette expérimentation avait pour but de tester 3 types d'aliments extrudés de 3 mm (turbot flottant, turbot coulant et carpe flottant (Annexe 1)) qui ont été fournis par le Gouessant aquaculture® (Bretagne, France), formulateur et producteur d'aliments pour des animaux d'élevage. Le choix des granulés et leur taille ont été définis avec l'ingénieur de formulation, Mr Marchand en fonction de la taille des seiches et de leurs besoins alimentaires (protéines et acides gras).

2.2.2.1- Structure d'élevage en éclosérie

Dès l'éclosion, les nouveau-nés ont été répartis en groupes de 30 individus dans des bacs de 90 L (65×40×35 cm ; Fig.9). L'expérimentation a été réalisée sur une période de 3 mois en circuit fermé avec de l'eau de mer oxygénée par « bullage », maintenue à 17°C et filtrée à 50 µm. L'eau des bacs est renouvelée deux fois par semaine avec un taux de 50% le premier mois puis de 100% pour la suite de l'expérience. L'expérience contenait 12 bacs avec 4 traitements en triplicat



Figure 9 : Structure d'élevage pour l'expérimentation du choix de l'alimentation

(granulés turbot flottant et coulant, granulés carpe et un témoin avec des proies vivantes : crevettes ; (Fig.10)). Les seiches ont été alimentées 48 heures après éclosion avec des crevettes *Crangon crangon* et *Palaemonetes elegans*, pêchées sur l'estran de Blainville-sur-Mer, à raison d'une proie par jour et par seiche. La taille des crevettes pêchées a été choisie en fonction de celle des seiches. Après 10 jours d'alimentation avec des proies vivantes, un aliment granulé est distribué selon une ration d'un granulé par seiche et par jour. Ce passage par l'alimentation naturelle est nécessaire pour faire accepter aux jeunes stades une nourriture inerte ou artificielle (Hanlon *et al.*, 1991). Les seiches des bacs témoins sont nourries à raison d'une crevette par jour. Le taux de mortalité est relevé dans l'ensemble des bacs de façon journalière pour pouvoir ajuster la ration alimentaire.

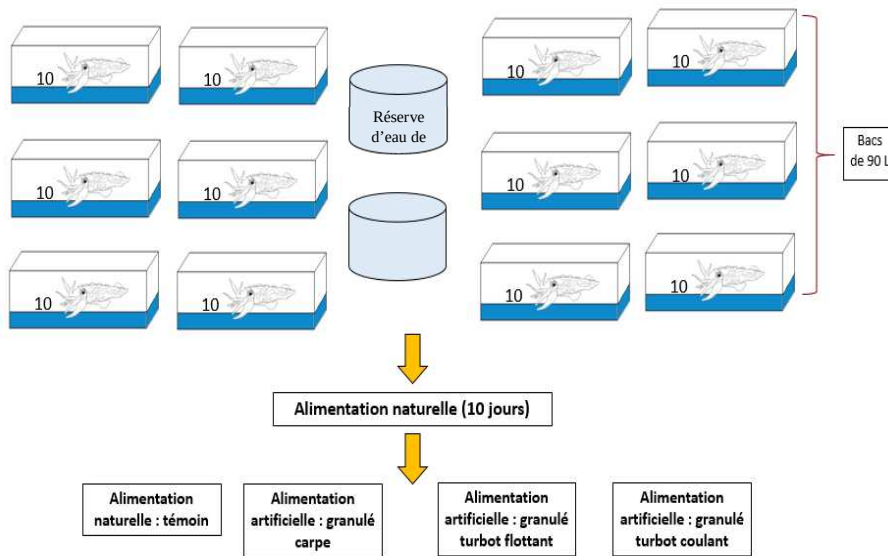


Figure 10 : Schéma du plan de la manipulation pour le choix de l'alimentation

2.2.2.2- Suivi de croissance

Dans le but de suivre la croissance des seiches en fonction du type d'alimentation, les individus sont suivis de façon hebdomadaire. La longueur dorsale du manteau (DML) des animaux est mesurée puis ils sont pesés (Fig.11).

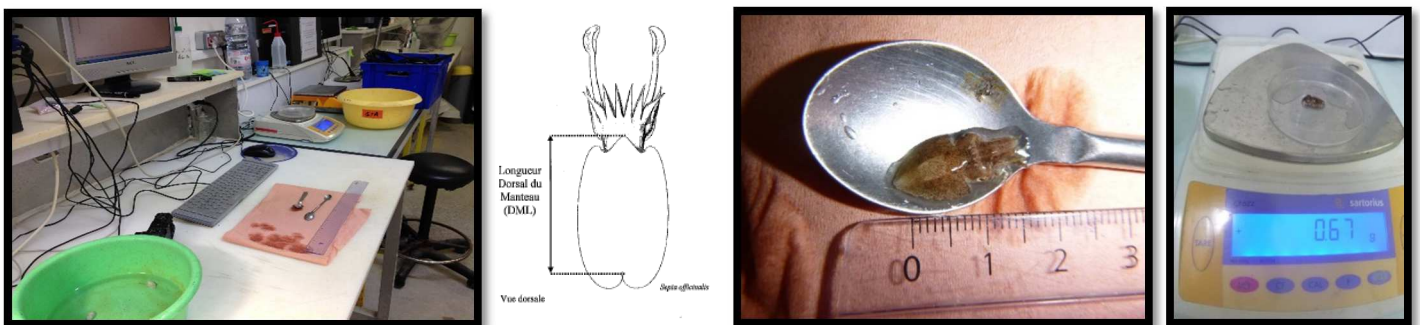


Figure 11 : Suivi de la croissance en taille et en poids de *Sepia officinalis*

2.2.2- Expérimentation 2 : préférendum de la nature du fond

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer les fonds préférentiels de repos des seiches. Cette expérience en triplicat a été réalisée à deux reprises sur des périodes de 10 jours. Différents types de fonds ont été disposés de façon aléatoire dans 3 bacs (80×50×50 cm) remplis jusqu'à 100 L et aérés avec un « bullage ». Les fonds expérimentaux étaient des galets, des graviers, du sable, de la tange (argile), des coquilles d'huîtres, des structures en tuyaux

PVC, des briques perforées ainsi qu'un témoin vide (Fig.12). La granulométrie des sédiments a été analysée à l'aide d'une tour de tamisage (AS 200, Retsch®, Germany). Cet appareil assure un mouvement de projection tridimensionnel qui répartit l'échantillon uniformément sur toute la surface des différents tamis (de 60 μm à 8 mm). Le fond sableux contenait une fraction plus abondante de 0,25 mm, celle des graviers était de 2 mm alors que la tange étaient composée essentiellement de fraction fine ($> 63 \mu\text{m}$) (Annexe 2). Trente seiches lors de la première expérimentation et vingt seiches pour la seconde ont été placées dans chaque bac quelques jours après éclosion et alimentées avec des crevettes sur la période d'expérimentation. Deux fois par jour des comptages ont été réalisés par deux observateurs différents.



Figure 12 : Expérimentation du préférendum de la nature du fond chez la seiche *Sepia officinalis*

2.2.3- Expérimentation 3 : effet de la température sur la croissance

Dans le but d'analyser l'effet de la température sur la croissance et de pouvoir comparer les accroissements (taille/poids) entre les élevages en conditions contrôlées et naturelles, une



Figure 13 : Structure d'élevage pour l'expérimentation de l'effet de la température (21°C) sur la croissance de *Sepia officinalis*

seconde expérimentation a été mise en place. Elle a été réalisée dans les mêmes conditions d'étude que les bacs témoins de l'expérience du choix de l'alimentation et comprenait 3 bacs en triplicat (Fig.13). Les 30 seiches ont été récupérées à partir de la deuxième expérimentation du comportement, c'est pourquoi le suivi de croissance débute seulement à partir de la deuxième semaine. Le nourrissage était à base de crevettes mais également de gammarus *Gammarus sp.* qui ont été apportés sans limitation pour mimer l'environnement des bassins naturels. Les gammarus permettent un taux de survie élevé (83% ; Baeza-Rojano *et al.*, 2010). La température de l'eau a été maintenue à 21°C grâce à des thermoplongeurs dans un bain-marie (Eheim®, Germany).

2.2- Expérimentation en conditions naturelles

2.2.1- Matériel biologique

Pour l'élevage de *Sepia officinalis* en bassins naturels de types « claires », 28 casiers à seiches ont été récupérés auprès de deux professionnels de Blainville-sur-Mer, Mr Leroux et Mr Laffaiteur, durant le mois de juin 2015. Une estimation des pontes a été réalisée et les casiers contenant le plus d'œufs ont été sélectionnés et déposés dans les claires pour poursuivre leur incubation (Fig.14). Les premières éclosions ont été observées début juillet 2015 grâce à l'isolement de 30 œufs dans un casier flottant.



Figure 14 : Incubation des casiers garnis d'œufs de seiches dans les claires

2.2.1- Structure d'élevage : les claires

L'élevage de *Sepia officinalis* a été mis en place dans deux claires creusées dans la terre avec un fond en tange, sédiment qui se dépose naturellement dans les zones de vasières littorales recouvertes par les hautes marées et qui est formée d'une fraction fine (argile). Les deux claires situées sur la Coopérative Aquacole Basse-Normandie (CABANOR) de Blainville-

sur-Mer ont été prêtées par Mr Mauger et Mr Lecouillard, deux pêcheurs de cette zone. Ces bassins naturels de 600 m³ (75×10×0.8 m ; Fig.15) ont été nettoyés des divers débris puis vidangés deux semaines avant le début de l'expérimentation afin d'éliminer au maximum les parasites. Néanmoins, elles n'ont pas été asséchées pour éviter de détruire la biomasse existante. Elles ont été remises en eau début juin afin que les casiers à seiches, récupérés au fur et à mesure chez les professionnels, puissent être incubés en bassin naturel. L'élevage a été réalisé de début juin à fin septembre 2015.

Une densité finale de 20 individus/m² est recommandée par la littérature (Sykes *et al.*, 2003) pour des seiches d'environ 50 g (10-15 cm de manteau). Ainsi, l'ensemencement initial s'élevait à 15 000 œufs par claire. Cependant, un nombre plus important d'œufs ont été incubés pour pallier les problèmes de mortalités massives, de cannibalisme et les pertes dues aux



Figure 15 : Les bassins naturels « claires » situés à Blainville-sur-Mer (50)

prédateurs. Ce type d'élevage permettra de favoriser une croissance rapide des seiches et de se focaliser sur sa faisabilité tout en analysant les paramètres limitants.

L'apport d'eau se faisait à partir d'un chenal qui se remplit lorsque le coefficient de marée est supérieur à 85 ce qui a permis un renouvellement de deux fois par mois en moyenne dans les claires (Fig.16). Une trappe à une extrémité de chaque claire permettait les flux entrant et sortant d'eau de mer. Une grille perforée (3 mm) a été disposée autour de cette dernière pour éviter l'entrée de gros prédateurs et la sortie des seiches. Afin d'éradiquer les nombreux crabes verts *Carcinus maenas* des claires, des pièges de type casiers avec des appâts ont été mis en place et relevés deux fois par semaine.

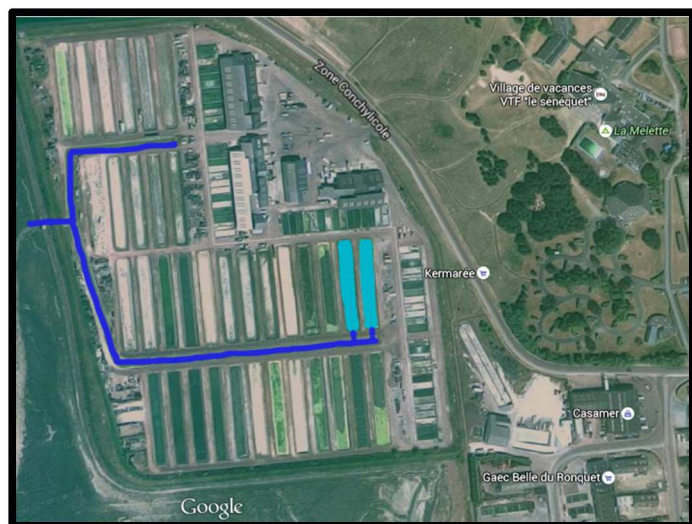


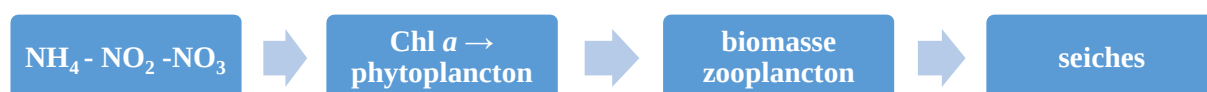
Figure 16 : Vue aérienne de la Coopérative Aquacole Basse-Normandie de Blainville-sur-Mer. Les deux claires expérimentales sont représentées en bleu clair et l'apport d'eau par le chenal est figuré en bleu foncé

Les deux claires représentaient des environnements différents. Le premier élevage était en « semi-extensif » avec un aérateur de surface à palettes (0,75kW / 250V, 2 roues ; AQUALOR®, Fénétrange (57), France) qui a été mis en place début juillet 2015 pour assurer l'oxygénation du bassin (Fig.17). Dans cette même claire, une alimentation artificielle de type granulé était distribuée tous les jours depuis mi-juillet 2015 à raison de 240 g par jour. Cette quantité est une extrapolation de la masse d'un granulé (environ 10 mg) ramené à la quantité potentielle de seiches potentielle dans la claire. Le deuxième élevage a été réalisé en « extensif » sans apport anthropique.



Figure 17 : Bassin expérimental oxygéné grâce à un aérateur à palettes

Une vidange totale des deux claires a été effectuée fin août dans le but de réaliser un bilan quantitatif de l'expérimentation en grand volume (Fig.18). Afin de suivre l'azote « total » dans chaque environnement, l'ensemble des éléments de la chaîne trophique était analysé de façon hebdomadaire et détaillé ci-dessous.



Les analyses des composés azotés, de la chlorophylle *a* et de la biomasse zooplanctonique ont été réalisées sur l'ensemble de la période d'expérimentation pour l'élevage semi-extensif alors qu'elles ont été arrêtées début août pour l'élevage extensif.



Figure 18 : Vidange des claires pour le bilan quantitatif. *a* : pompage des bassins ; *b* : filet de prévention sur la trappe de sortie

2.2.2- Suivi des paramètres physico-chimiques

L'eau des claires a été prélevée de façon hebdomadaire afin de pouvoir suivre les paramètres physico-chimiques pour évaluer les risques potentiels sur l'élevage. La température, la salinité et l'oxygène dissous ont été suivis à l'aide d'une sonde multiparamétrique (YSI 6920, Etats-Unis). Cet appareil a été réglé pour mesurer ces paramètres toutes les 10 minutes sur des périodes de 24 heures dans les deux claires.

L'azote est le seul élément nutritif présent à divers degrés d'oxydation utilisables par les espèces vivantes. Selon Sykes *et al.*, (2014c), les céphalopodes sont sensibles aux composés azotés. C'est pourquoi, les concentrations en ammonium (NH_4), en nitrites (NO_2) et en nitrates (NO_3) ont été analysées selon la méthode adaptée d'Aminot et Kérouel (2004). Au préalable de l'analyse en laboratoire, les échantillons étaient préfiltrés sur un tamis de 60 μm et testés à l'aide d'un test colorimétrique avec comparateur (kit RedSea®) pour les nitrites/nitrates et l'ammonium. Le kit permet de mesurer des paramètres dans l'eau de mer avec une précision de 0,125 ppm sur un intervalle de 0 à 64 ppm dans le but de préciser la gamme d'étalonnage pour les échantillonnages.

2.2.3- Suivi des paramètres biologiques

2.2.4.1- Analyse de la biomasse phytoplanctonique

Le suivi de la biomasse phytoplanctonique a été réalisé grâce à l'analyse de la concentration en chlorophylle *a* (chl *a*), une fois par semaine durant l'élevage. Pour chacune des claires, un échantillon de 500 mL d'eau a été filtré à l'obscurité, sur un filtre Whatman® GF/F

en fibre de verre (47 mm de diamètre) de 0,7 µm de porosité, retenait les cellules phytoplanctoniques (Fig.19). Après conservation à -20°C pour éviter la dégradation des pigments chlorophylliens, les filtres sont broyés dans 11 mL d'acétone à 90%, puis conservés à 4°C pendant 24h afin d'extraire les pigments. Une fois centrifugés, l'analyse du surnageant s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre (Shimadzu®, UV-2550) par une lecture à 665 nm et 700 nm. Une acidification de l'échantillon peut être réalisée pour dégrader la chlorophylle *a* en phéopigments qui peuvent sous-estimer les quantités en pigments chlorophylliens. Une seconde lecture au spectrophotomètre permet de calculer la concentration en chl *a* (µg/L) grâce à l'équation suivante :

$$[\text{Chl } a] = \frac{[27,7 \times (\text{Anon acidifiée} - \text{Acidifiée}) \times v]}{(V \times l)}$$

- *v* : le volume d'acétone 90% en mL
- *V* : le volume d'échantillon filtré en mL
- *l* : la longueur de la cuve de mesure en cm (5 cm)



Figure 19 : Matériels utilisés pour la filtration (à gauche) et l'analyse de la chlorophylle *a* (à droite) pour quantifier la biomasse phytoplanctonique

2.2.4.2- Analyse de la biomasse zooplanctonique

Le suivi de la biomasse zooplanctonique a été réalisé selon le protocole suivant inspiré de Fèvre-Lehoërff (1985) :

- Préparation des filtres : les filtres GF/F (47 mm) ont été calcinés pendant 1h à 450°C puis rincés à l'eau distillée sur une rampe. Ils ont été séchés à l'étuve (Memmert®, Germany) pendant au moins 6h à 50-70°C puis pesés (P1) sur une balance de précision (Sartorius® CPA22). Ils ont été ensuite conservés à l'abri de la poussière ou à l'étuve.

- Prélèvement : un échantillon de 100 L, prélevé dans la colonne d'eau de chaque claire, a été filtré à travers un tamis de 250 µm. Ce dernier a été rincé avec de l'eau de mer filtrée de cet échantillon.
- Filtration : Le filtre GF/F pré-brulé a été placé sur une rampe de filtration où l'échantillon a été filtré. Il est conseillé de rincer le filtre avec l'eau de mer filtrée et finir par de l'eau distillée pour enlever un maximum de sel de l'échantillon. Puis le filtre a été placé à l'étuve pendant 24h à 50°C (sinon il est possible de le congeler à -20°C si l'analyse n'est pas possible).
- Analyse : si le filtre est congelé, il est nécessaire de le placer à l'étuve pendant au moins 12h. Dans le cas contraire, le filtre a été pesé (P2) puis il a été placé au four (Nabertherm®, Germany) pendant 4h à 450°C puis au moins 6h à l'étuve à 50-70°C. Enfin, le filtre a été à nouveau pesé après le passage à l'étuve (P3 ; Fig.20).
- Traitement des données : les résultats obtenus seront en mg de poids sec (PS)/L :
 - **Zooplankton** : $\frac{P2-P1}{V \text{ filtré}}$
 - **Zooplankton organique** : $\frac{P2-P3}{V \text{ filtré}}$
 - **Zooplankton inorganique** : zooplankton – zooplankton organique

2.2.4.3- Echantillonnage de la faune

Au cours de la période d'élevage, la faune des claires a été répertoriée afin d'analyser les différentes proies vivantes que les seiches pourraient potentiellement consommer. Par ailleurs, un échantillonnage de 30 seiches par bassin, au minimum quand ceci était possible, a été réalisé grâce à des prélèvements par pêche à l'épuisette de façon hebdomadaire. Au départ, aucune limite de temps n'avait été mise en place pour la pêche des seiches mais face aux problèmes importants de survie dans une des claires (extensive), le temps nécessaire au prélèvement dans le premier bassin fut appliqué au deuxième. Les individus étaient mesurés et pesés selon le même protocole que décrit précédemment (cf paragraphe : 1) b) 2.) puis remis dans les claires après l'analyse.

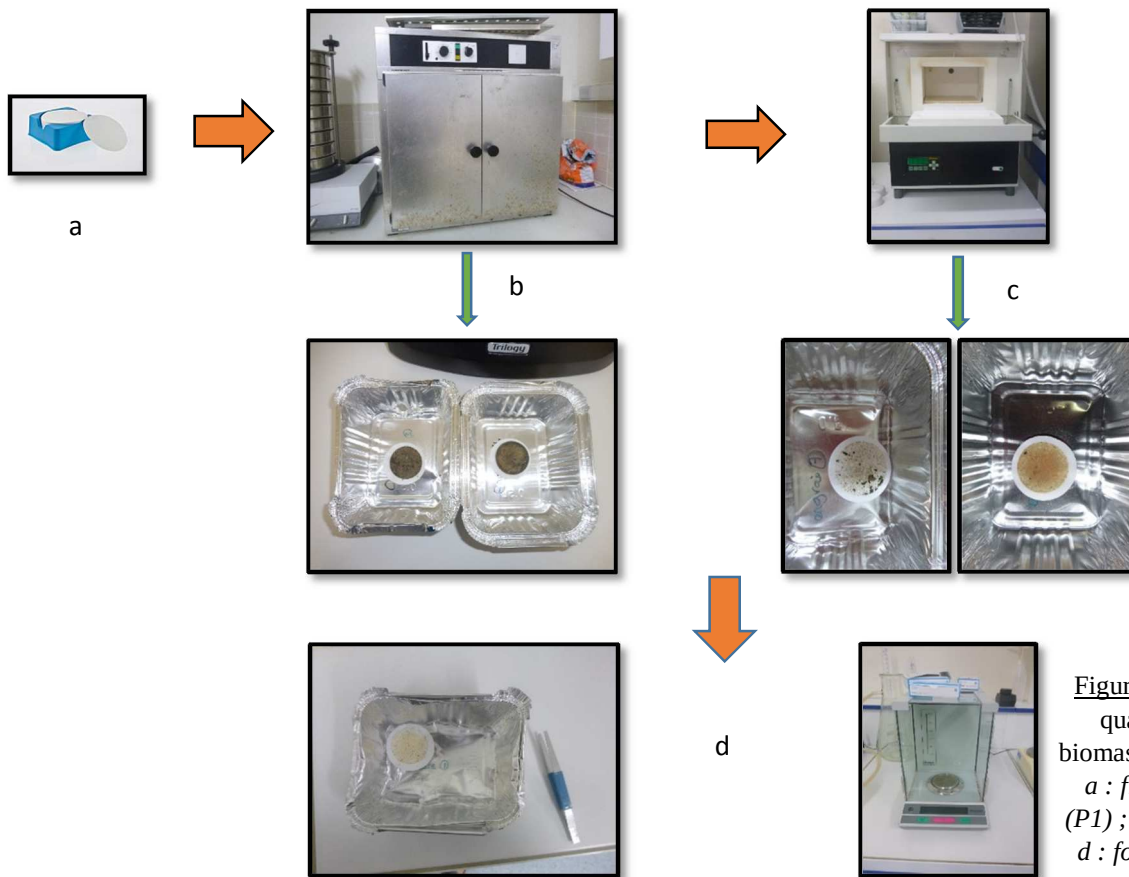


Figure 20 : Protocole de quantification de la biomasse zooplanctonique.
a : filtres GF/F vierge (P1) ; b : étuve (P2) ; c et d : four et balance (P3)

2.3- Etude socio-économique de l'élevage et de la valorisation potentielle de la production

Deux questionnaires ont été mis en place lors de cette étude (Annexe 3). Le premier était destiné à évaluer l'intérêt des professionnels de la pêche à la seiche pour une éventuelle aquaculture en bassin naturel. Le ciblage des pêcheurs pour l'enquête a été établi avec l'aide de Mme Legrand, chargée de missions scientifiques, travaillant au Comité Régional des Pêches Maritimes de Basse Normandie (CRPBN). Les 9 professionnels interrogés travaillent sur des secteurs différents (Blainville-sur-Mer, Pirou, Bricqueville-sur-Mer et Saint-germain-sur-Ay), et certains d'entre eux possèdent des claires. En parallèle des questionnaires, un dénombrement d'une filière en moyenne (10 casiers) a été fait chez les pêcheurs afin d'avoir une idée de la quantité d'œufs fixée à leurs casiers. La deuxième enquête a permis d'obtenir des données quantitatives et qualitatives actuelles de la pêche à la seiche auprès des criées afin d'analyser le marché potentiel des produits d'élevage en France. De plus, afin d'obtenir des données de l'ensemble de la filière, deux restaurateurs normands ainsi que des scientifiques et une association des pêcheurs de San Xoan de Redondela espagnols ont été contactés.

2.4- Statistiques

La normalité et l'homoscédasticité des variances du jeu de données sont testées à l'aide du test de Shapiro-Wilk et du test de Bartlett respectivement. Lorsque les résultats suivent une loi normale et sont homogènes, le test paramétrique utilisé est l'ANOVA. Par la suite, le test post hoc de Tukey permet de déterminer les différences significatives entre les moyennes des différents groupes. Les valeurs de p value $< 0,05$ définissent des différences significatives. Les différents résultats ont été traités par le logiciel R.

Le logiciel FiSAT II a été utilisé pour réaliser une analyse de progression modale qui fait référence à la croissance à partir de changements de modes dans une série chronologique d'échantillons de fréquences de longueurs. Le test de «décomposition de distribution composite» de type Bhattacharya a été réalisé dans le but d'analyser le nombre de modes existants dans une population. La séparation d'un mode est généralement peu fiable quand l'indice de séparation (SI) est au-dessous de 2.

3- Résultats

3.1- Les expérimentations en conditions contrôlées

3.1.1- Des granulés de poissons inadaptés à *Sepia officinalis*

Cette expérimentation a permis de mettre en évidence une forte mortalité des seiches alimentées avec les granulés. En effet, les seiches nourries avec des proies vivantes (crevettes) ont maintenu un fort taux de survie compris entre 90% et 100% (Fig.21). A l'inverse, les animaux alimentés avec un aliment artificiel subissent une mortalité importante. Le taux de survie se maintient au cours des deux premières semaines après le début de l'alimentation aux granulés et quelles que soient leurs compositions. Cependant, au-delà de cette période, une diminution drastique du taux de survie est observable, en passant de 90% à 0% en trois semaines chez les animaux nourris avec les granulés. Ces résultats montrent des différences significatives entre le groupe témoin alimenté avec des crevettes et les autres groupes (crevette/carpe : p value = 0,0199, crevette/turbot coulant : p value = 0,0049 et crevette/turbot flottant : p value = 0,0041).

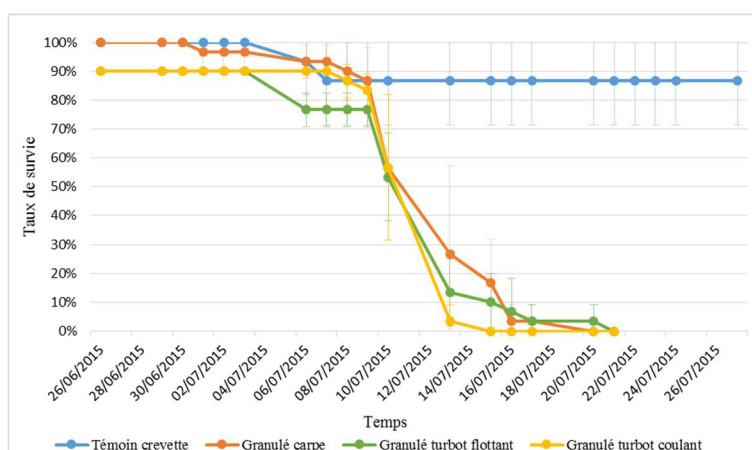


Figure 21 : Evolution du taux de survie des seiches en fonction des types d'aliments (témoin crevette et trois granulés de composition différente)

De plus, lors de cette expérience, des observations ont permis de compléter les résultats précédents. Tout d'abord, un comportement de cannibalisme est constaté dans les bacs avec une alimentation en granulés, notamment avec la présence de morsures au niveau du manteau des seiches. Dans les bacs tests, les seiches ont des attitudes différentes. Dans les bassins avec de l'alimentation naturelle, les animaux sont posés sur le fond alors qu'avec l'alimentation artificielle, ils nagent en surface, tête en bas avec une certaine courbure et ne se posent que très rarement. Par ailleurs, les seiches du groupe témoin semblent être plus réactives et crachent davantage d'encre que les autres.

3.1.2- Les coquilles d'huîtres : un abri naturel apprécié

L'expérience du préférendum de la nature du fond pour les périodes de repos des seiches montre des résultats significativement différents ($p \text{ value} < 0,0001$). En effet, d'après la figure 22, les seiches sont observées en plus forte abondance (36%) sous les coquilles d'huîtres sur l'ensemble de la période d'étude. Mais elles sont également retrouvées dans les briques (19%), les structures en tuyaux (17%) et sous les galets (14%). A l'inverse, les animaux ont été peu observés sur le fond blanc (4%), sur le fond sableux et en tange (3%) ainsi que sur les graviers (2%). Une petite fraction de 2% ne s'est pas dissimulée lors de la période d'étude. Les résultats de la première expérience réalisée dans les mêmes conditions que celle développée ci-dessus, ne sont pas présentés dans ce rapport du fait des nombreuses mortalités relevées.

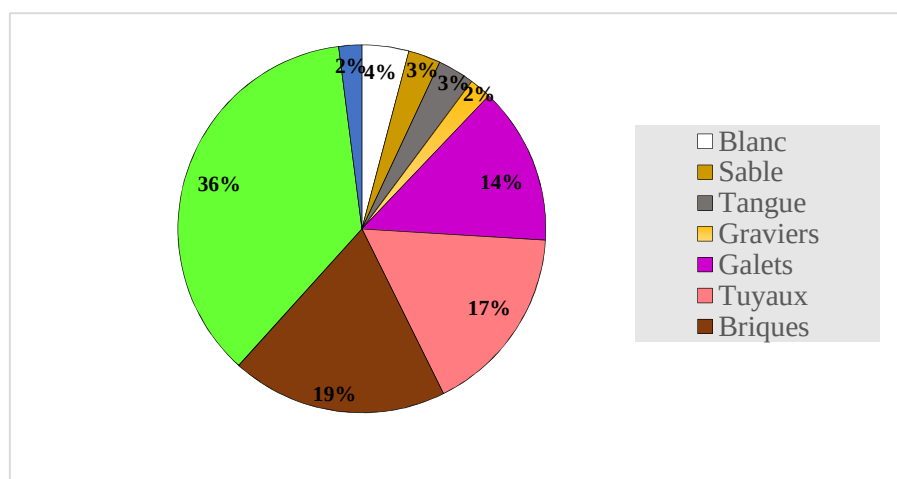


Figure 22 : Représentation du préférendum de la nature du fond pour les périodes de repos de *Sepia officinalis*

3.1.3- Une croissance accélérée par une température augmentée

La croissance de *Sepia officinalis* est suivie en milieu contrôlé pour des températures fixées à 17 et 21°C. Dans un premier temps, la figure 23a met en évidence l'évolution de la croissance en taille des individus dans les différentes conditions. Lors des premières semaines (0 à 2-3 semaines) après l'éclosion, la croissance est faible pour les deux conditions. En effet, les individus qui mesuraient entre 5 et 9 mm lors de la mesure initiale ne croissent que de quelques millimètres durant les premières semaines. Il existe une période où la croissance stagne quelle que soit la température. En ce qui concerne la croissance à 21°C, il apparaît qu'elle est la plus importante dès les premières semaines passant de 1,25 cm (semaine 2) à 1,4 cm (semaine 3) en seulement une semaine. Après cette période de croissance constante, les individus grandissent de façon exponentielle dans l'ensemble des environnements. La croissance des individus à 17°C ralentit, bien qu'ils continuent de croître en passant de 1,26 cm (semaine 4) à 2,91 cm (semaine 12). Les seiches qui sont dans la structure thermo-régulée à 21°C ont grandi significativement plus rapidement (p value < 0.0001). En effet, la croissance a presque doublé au bout de 6 semaines (1,5 cm pour 17°C et 2,5 cm à 21°C).

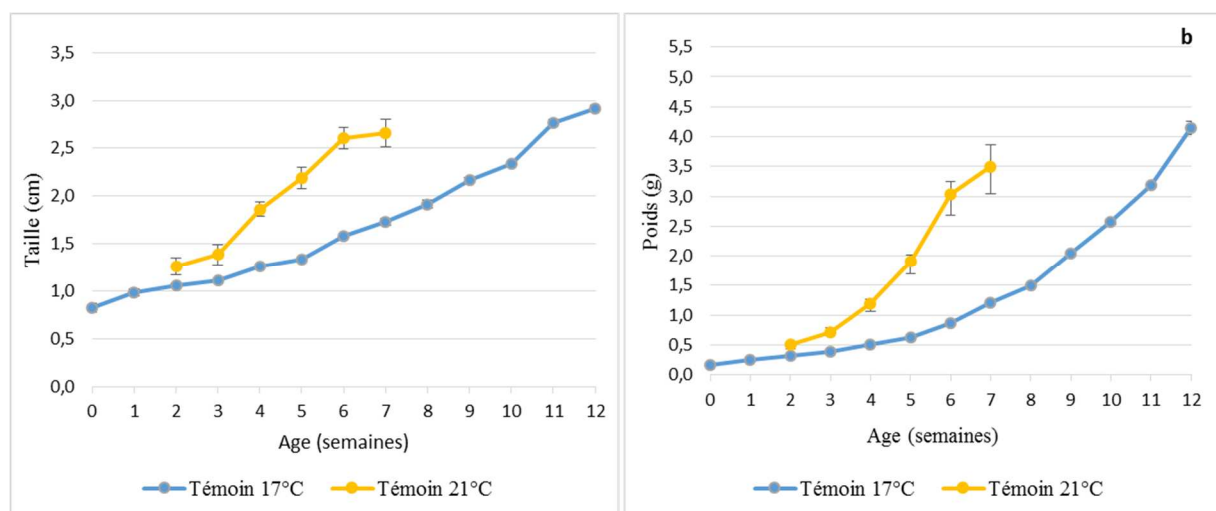


Figure 23 : Croissance en taille (a) et en poids (b) de *Sepia officinalis* en fonction de la température à 17°C et 21°C

L'évolution de la croissance en poids suit la même tendance que celle en taille (voir Fig.23b). Il existe une première période de faible croissance chez tous les individus, suivie d'une période de croissance exponentielle. Les seiches conditionnées à 17°C passent de 17 mg à 87 mg en 6 semaines puis de 1,2 g à 4,14 g en 5 semaines. De la même façon que précédemment, la croissance à 17°C ralentit par rapport aux croissances observées dans la condition à 21°C. En effet, cette dernière permet une croissance de 3,49 g alors qu'elle est de 1,2 g pour 17°C au bout de 7 semaines. Les seiches ont donc grossi significativement plus rapidement (p value < 0.0001) à une plus forte température, avec une croissance trois fois plus importante.

3.2- L'expérimentation en milieu naturel

3.2.1- Des élevages aquacoles de *Sepia officinalis* surveillés

3.2.1.1- Les paramètres physico-chimiques

A la suite de la mise en place de l'élevage de *Sepia officinalis* dans les claires, les paramètres physico-chimiques ont été analysés sur la période d'étude afin de suivre et de percevoir les éventuelles variations ou les problèmes dans l'élevage.

3.2.1.1- Température

La température, qui est un paramètre essentiel pour le développement de la seiche, a fortement varié lors de la période d'étude. En effet, il apparaît que sur une journée les oscillations peuvent montrer de fortes amplitudes. Par exemple, pour une journée estivale de

fin juillet, la moyenne des températures dans l'élevage semi-extensif s'élève à plus de 21°C avec un minimum de 19°C et un maximum de 24°C (Fig. 24a). De la même façon, la figure 24b met en évidence des fluctuations de ce paramètre entre 13 et 26°C sur l'ensemble du suivi. Par comparaison, les deux claires présentent des tendances semblables avec des amplitudes de variations qui sont similaires. Les températures ont diminué de quelques degrés après la mise en place de l'aérateur à palette pendant la deuxième semaine de juillet. En effet, les premières données de températures relevées dans la claire semi-extensive s'élevaient en moyenne à 24°C, ce qui représente la plus forte moyenne journalière mesurée sur la période de l'élevage.

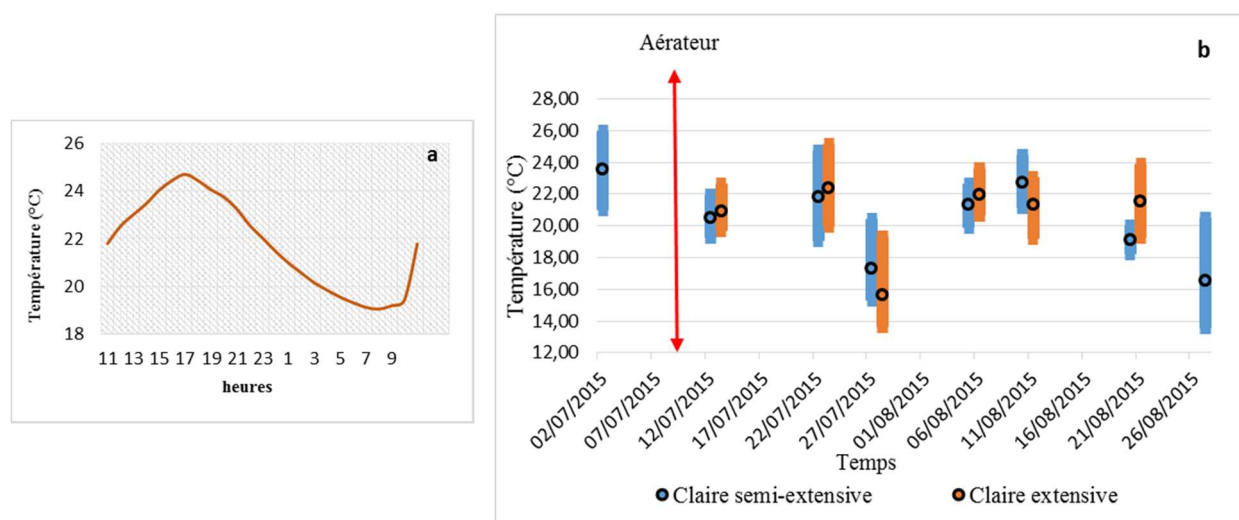


Figure 24 : Suivi de la température (°C) en fonction du temps. a : Sur une journée estivale du 27/07/2015 par heure (les valeurs sont calculées en faisant la moyenne des données par heure, en sachant qu'une donnée était mesurée toutes les 10 minutes); b : Dans les deux claires (le trait plein représente l'amplitude des variations de la température entre le minimum et le maximum mesurée sur une journée)

3.2.1.2- Salinité

La salinité est le paramètre physico-chimique le plus stable durant les deux mois de suivi comme le met en évidence la figure 25a. Lors de cette journée de fin juillet, la salinité moyenne s'élève à 39,6‰ et reste stable autour de cette valeur. Les moyennes des salinités lors du suivi se situent entre 35 et 40‰ mais elles restent comparables entre les deux claires (Fig.25b). Cependant, elle est légèrement plus importante dans la claire extensive pour le mois de juillet puis la tendance s'inverse à partir de mi-août. Dans la claire semi-extensive, la salinité reste relativement stable entre 38 et 39 ‰ durant le mois de juillet, alors qu'elle diminue jusqu'à 36 ‰ fin août. De même que pour la température, les fluctuations de la salinité diminuent au cours de la journée après la mise en place de l'aérateur. Aux alentours du 11 août 2015, les moyennes

de salinité et leurs amplitudes paraissent plus marquées et hétérogènes entre les deux environnements.

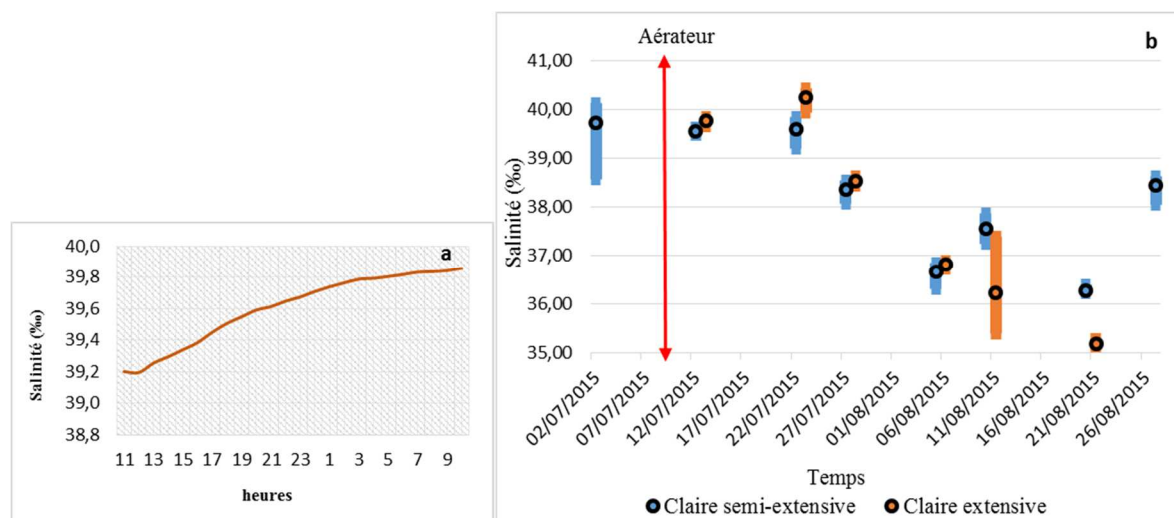


Figure 25 : Suivi de la salinité (‰) en fonction du temps. a : Sur une journée estivale (par heure) ; b : Dans les deux claires

3.2.1.3- Oxygène dissous

Il est essentiel dans un élevage aquacole de suivre la quantité d'oxygène dissous disponible pour les animaux afin de leur assurer un développement dans des conditions favorables. La figure 26a montre que les variations de la concentration en oxygène dissous, se situent entre un minimum de 5 mg/L et un maximum 8 mg/L lors d'une journée estivale (27/02/2015). Par ailleurs, la figure 26b met en évidence la concentration en oxygène dissous, sur des périodes d'une journée, dans chacune des claires durant la période de suivi. Il apparaît que la moyenne de ces concentrations se situe autour de 7 mg/L à partir de mi-juillet. Pour la claire semi-extensive, les valeurs mesurées sont homogènes autour de 7-8 mg/L et assez stables. A l'inverse, les amplitudes de fluctuations minimales et maximales sont plus étendues pour la claire extensive avec des moyennes comprises entre 5 à 8 mg/L. Néanmoins, les tendances restent comparables dans les deux environnements. La première mesure qui a été réalisée avant l'installation de l'aérateur, et seulement dans la claire semi-extensive, montre une amplitude d'oscillation de ces concentrations plus importante (2 à 14 mg/L).

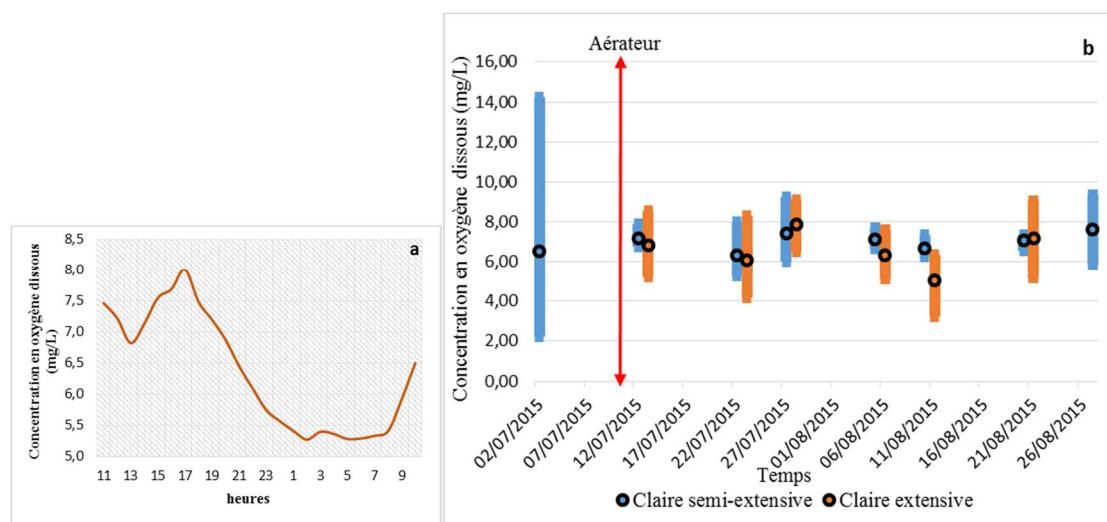


Figure 26 : Suivi de la concentration en oxygène dissous (mg/L) en fonction du temps. a : Sur une journée estivale (par heure) ; b : Dans les deux claires

3.2.1.4- Composés azotés

Afin de surveiller les teneurs en composés azotés qui peuvent être toxiques pour les animaux en aquaculture, les nitrites (NO_2), les nitrates (NO_3) et l'ammonium (NH_4), ont été contrôlés dans les deux claires. Les suivis des composés azotés et les paramètres biologiques ont été arrêtés début août dû au faible nombre d'individus récupéré le premier mois. Comme le met en évidence la figure 27a, les concentrations en nitrites restent faibles (5 à 20 $\mu\text{g/L}$) dans les deux bassins à l'exception de la mesure réalisée fin août dans la claire semi-extensive où le taux a augmenté fortement passant de 24 à 260 $\mu\text{g/L}$. Les concentrations en nitrates fluctuent davantage que celles des nitrites dans les claires (Fig.27b). En effet, les quantités de nitrates sont comprises entre 9 et 760 $\mu\text{g/L}$. Une augmentation de la teneur de ces composés est observable mi-juillet dans les deux élevages (275 $\mu\text{g/L}$) mais également fin août dans l'élevage semi-extensif (760 $\mu\text{g/L}$). Les courbes de concentrations de l'ammonium pour les deux environnements suivent la même tendance que celles des nitrites (Fig.27c). La seule différence est quantitative puisque ce composé azoté se maintient entre 3 et 80 $\mu\text{g/L}$ jusqu'à début août et atteint à la fin août 720 $\mu\text{g/L}$ dans l'élevage semi-extensif.

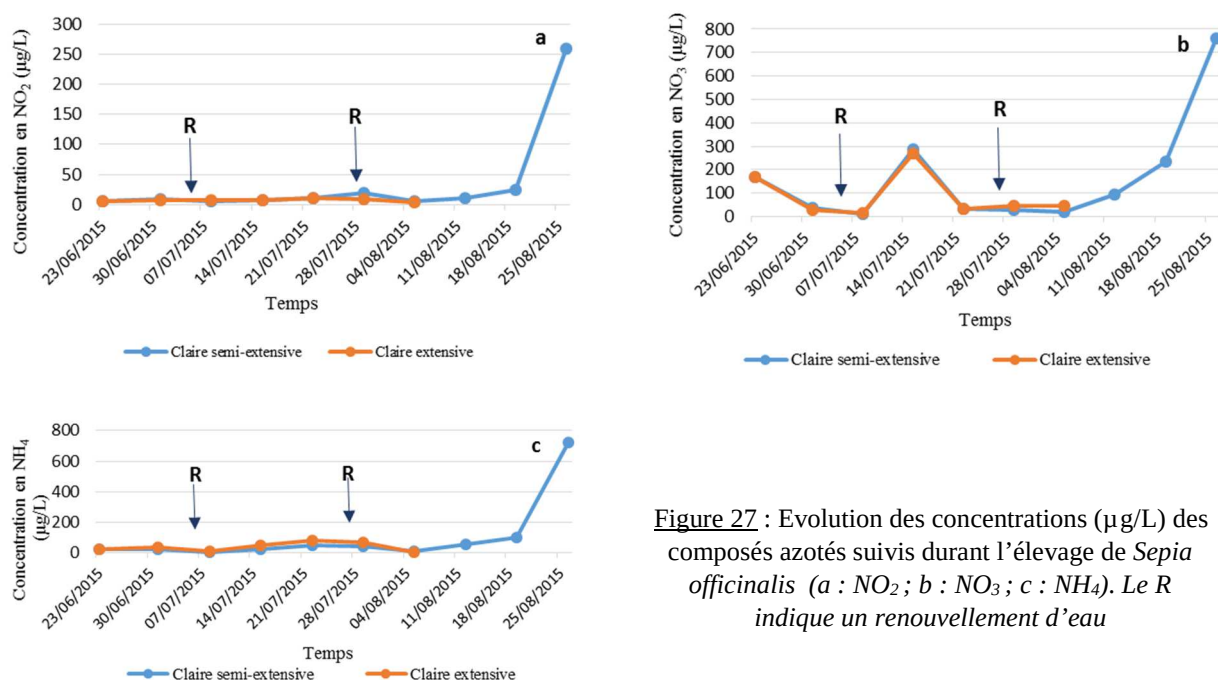


Figure 27 : Evolution des concentrations (µg/L) des composés azotés suivis durant l'élevage de *Sepia officinalis* (a : NO₂; b : NO₃; c : NH₄). Le R indique un renouvellement d'eau

3.2.2- Les paramètres biologiques

3.2.2.1- Analyse des organismes microscopiques

Dans le but de suivre l'évolution de la population phytoplanctonique, la chlorophylle *a* a été analysée dans les deux claires (Fig. 28a). D'une manière générale, les concentrations sont comprises entre 0,85 et 4,75 µg/L, quel que soit l'environnement. Les tendances entre les deux claires sont semblables malgré des concentrations légèrement plus élevées dans la claire extensive. Un pic de chlorophylle *a* est apparu dans les deux élevages, début juillet (4,5 µg/L) puis début août (entre 2 et 3,5 µg/L).

Le zooplancton étant un maillon de la chaîne alimentaire, il a été analysé sur la période d'étude comme la chlorophylle *a* pour le phytoplancton, afin de caractériser les élevages aquacoles. La biomasse zooplanctonique est comprise entre 0,2 et 1,35 mg PS/L dans l'élevage semi-extensif alors que ces quantités sont légèrement plus élevées dans l'élevage extensif (0,4-2 mg PS/L ; Fig.28b). Dans l'élevage oxygéné, une rythmicité est mise en évidence. En effet des pics plus abondants de zooplancton sont observables début juillet (1,35 mg PS/L), fin juillet (0,5 mg PS/L) et autour du 12 août (0,7 mg PS/L). A l'inverse dans l'autre claire, la biomasse zooplanctonique chute jusqu'à mi-juillet passant de 1 à 0,5 mg/L puis augmente jusqu'à 2 mg/L

le 22 juillet 2015. Les évolutions de cette biomasse sont différentes dans les deux environnements. Néanmoins, les courbes représentant les fractions organique et inorganique du zooplancton montrent des tendances similaires au cours du temps. Ainsi, la fraction inorganique est, la plupart du temps, la plus représentée. Cependant, une légère différence est observable au niveau quantitatif dans la claire extensive où les deux fractions ont des concentrations

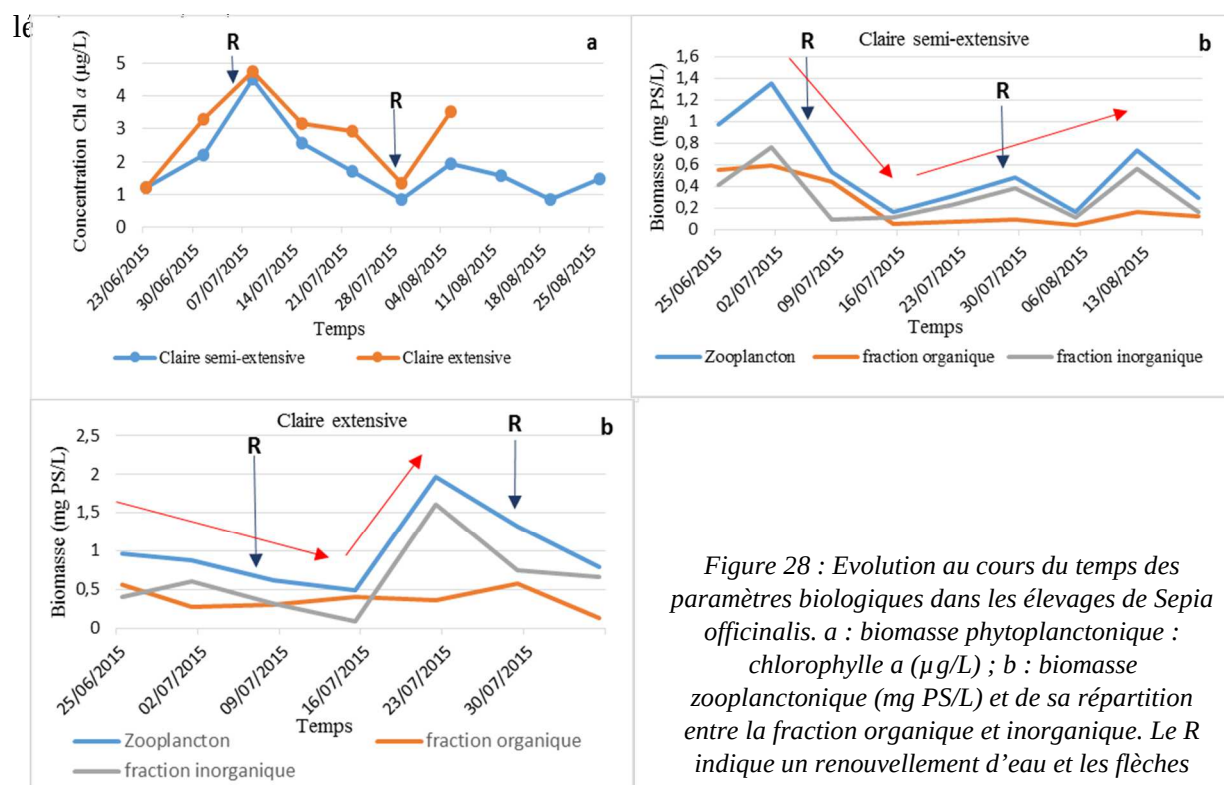


Figure 28 : Evolution au cours du temps des paramètres biologiques dans les élevages de *Sepia officinalis*. a : biomasse phytoplanctonique : chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) ; b : biomasse zooplanctonique (mg PS/L) et de sa répartition entre la fraction organique et inorganique. Le R indique un renouvellement d'eau et les flèches rouges représentent les grandes tendances

3.2.2.2- Analyse des organismes macroscopiques

Dans le but de connaître le panel de proies potentiellement disponibles pour les seiches dans les claires ou d'éventuels prédateurs, une description de la faune rencontrée lors des périodes de pêche a été réalisée.

Le crabe vert, *Carcinus maenas* est le prédateur qui était présent en plus forte abondance. Il a été observé les premiers temps sur les casiers à seiche proches des œufs en incubation dans les claires. C'est pourquoi des pièges ont été mis en place afin de diminuer leur nombre. Au bout de deux mois de pêche (juin-juillet) la quantité et la taille des crabes ayant suffisamment diminué, la capture de ces prédateurs a été arrêtée pour devenir des proies pour *Sepia officinalis*. Par ailleurs, les oiseaux tels que les mouettes et les goélands, présents près des bassins étaient d'autres prédateurs majeurs.





Figure 29 : Les prédateurs retrouvés dans les claires. a : les oiseaux ; b : l'anguille *Anguilla anguilla* ; c : le mullet argenté *Semotilus corporalis* ; d : la crevette *Palaemonetes sp* ; e : le crabe *Carcinus maenas*

Au contraire, suivant la taille des seiches, les crevettes (le bouquet *Palaemonetes sp* et la crevette grise *Crangon crangon*) ainsi que les poissons (famille des Mugilidae ; *Pomatoschistus sp* ; le bar *Dicentrarchus labrax*, l'orpie *Belone belone* et l'anguille *Anguilla anguilla*) pouvaient représenter des prédateurs ou des proies. Lors de la vidange de fin août, une soixantaine de bars

de 10 à 15 cm avaient été comptabilisés dans la claire extensive ainsi que des crevettes de 3 à 5 cm. A l'inverse, dans la claire semi-extensive, cette faune était de taille inférieure de l'ordre du centimètre (Fig.29).

Enfin, des gammarus *Gammarus sp*, des coques *Cerastoderma sp* et des anémones de l'ordre des Actiniaria étaient présents dans ces environnements naturels. Des animaux terrestres tels que les criquets ont été également retrouvés dans les claires.

Sepia officinalis a été retrouvée principalement dans des endroits avec une forte abondance d'algues de la famille des Ulvaceae (anciennement Enteromorpha) lors des périodes de pêche. Cette faune s'est développée dans la claire semi-extensive essentiellement.

3.2.2- Croissance de *Sepia officinalis* en relation directe avec la température

La croissance de *Sepia officinalis* est suivie de façon hebdomadaire dans les deux élevages en bassins naturels. Tout d'abord, la température moyenne relevée dans ces environnements lors de la période de suivi, est similaire à 20,5°C. La figure 30a met en évidence un développement important des seiches présentes dans les claires durant ces deux mois. De la même façon qu'une phase de stagnation a été observée pour la croissance en milieu contrôlé, la taille de *Sepia officinalis* n'évolue pas ou peu les deux premières semaines pour l'élevage semi-extensif et les quatre premières pour l'élevage extensif. Dans la claire semi-extensive, les individus grandissent de 0,83 cm à 2,82 cm en 6 semaines après cette période. La taille des seiches augmente également de façon drastique (0,74 à 3,79 cm) dans la claire extensive mais avec davantage de variations entre les individus analysés. A la fin du suivi (8 semaines), il apparaît que la croissance en taille montre des différences significatives entre les deux élevages (p value = 0,029)

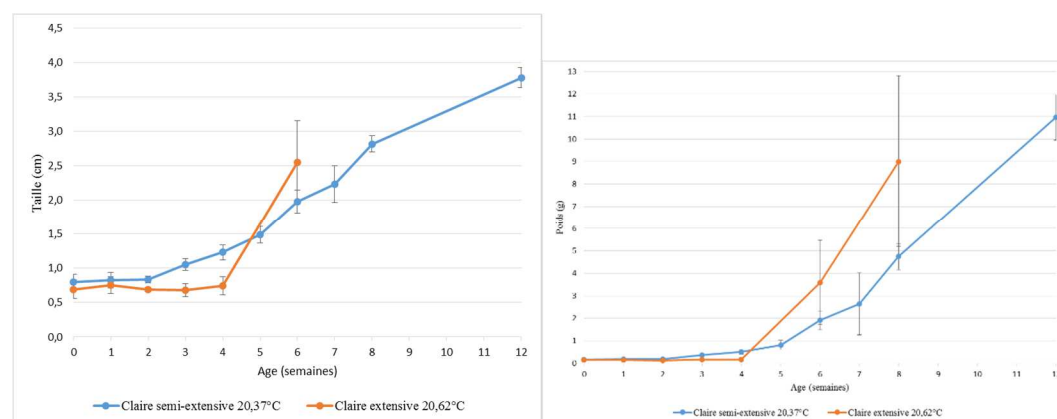


Figure 30 : Croissance en taille (a) et en poids (b) de *Sepia officinalis* dans les claires. Elevage semi-extensif (moyenne des températures sur la période de suivi : 20,37 °C) et extensif (20,62°C).

La croissance en poids est observable sur la figure 30b suivant les différents environnements. Une fois de plus, il est possible d'observer que le poids reste faible et stable les 4 premières semaines. Après cette période, les seiches de l'élevage semi-extensif ont grossi de 4 g en 3 semaines et celles de l'élevage extensif de 8,5 g. Cependant, le même constat est mis en évidence pour les variations interindividuelles qui sont importantes. Par conséquent, la

croissance en poids est plus marquée et montre des différences significatives entre les élevages lors du bilan terminal (8 semaines ; p value = 0,0096). De ce fait, la croissance des seiches évolue de façon significativement différente (p value < 0,05) entre les deux claires sur l'ensemble de la période d'étude.

3.2.3- Un élevage aquacole réalisable en bassins naturels

Après la pêche de l'ensemble des seiches lors de la vidange de fin août, l'élevage « extensif » comptabilisait 11 individus de tailles comprises entre 2,5 et 5,5 cm, soit une moyenne de 3,79 cm et des poids compris entre 3,15 et 12,94 g à savoir une moyenne de 9,01 g. Un nombre plus important de seiches a été récolté dans la claire « semi-extensive ». En effet, 326 individus ont été mesurés (minimum : 1,3 cm et maximum : 6,5 cm) et pesés (minimum : 0,15 g et maximum : 27,6 g) ce qui représente une taille moyenne de 2,82 cm pour un poids moyen de 4,75 g après deux mois. Après 3 mois, 272 individus ont été repêchés pour un poids

moyen de 11 g (max.60.2 g).

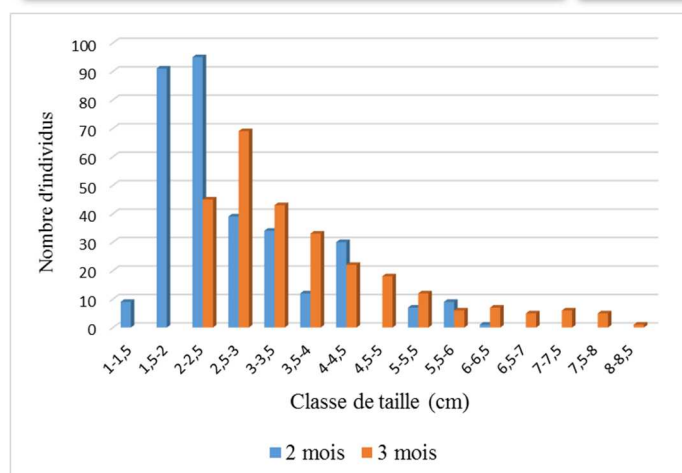
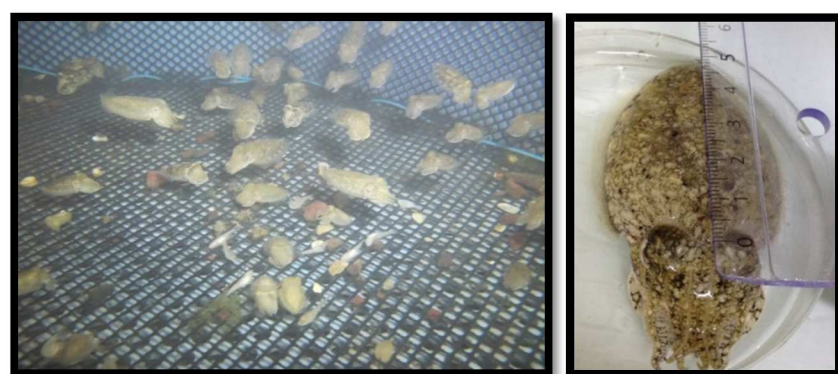


Figure 31 : Répartition des individus récupérés lors de la vidange totale par classe de tailles dans l'élevage semi-extensif après 2 et 3 mois.

L'analyse de la population intégrale réalisée pour l'élevage semi-extensif a permis de mettre en évidence différents modes (valeur la plus représentée d'une variable) en fonction de classes de tailles comprises entre 1 et 6,5 cm (Fig.31). Au total après 2 mois d'élevage, les 326 individus analysés sont répartis en cinq modes selon l'analyse statistique (Annexe 4).

Cependant, la population est composée de trois modes principaux et de deux modes plus difficiles à distinguer avec des indices de séparation plus faibles. Le premier mode principal est observable pour des tailles admises entre 1,5 et 2,5 cm ($SI=3,461$) et représente le mode le plus abondant en nombre d'individus (autour de 186 individus). Le deuxième se différencie pour des classes de tailles comprises entre 2,5-3 cm et 3-3,5 cm soit un total de 73 individus et possède le meilleur coefficient de séparation ($SI=3,703$). Le dernier mode considéré comme un mode principal est représenté par les catégories de plus grandes tailles qui sont comprises entre 3,5 et 4,5 cm et dénombre 42 individus ($SI_3=2,930$). Les deux groupes réunissant le moins de seiches et dont les indices de séparation sont les plus faibles correspondent aux classes de tailles de 1-1,5 cm puis de 5 à 6,5 cm. Ils sont composés de 9 et 16 individus respectivement ($SI_{1-1,5}=0$; $SI_{5-6,5}=2,084$). D'une manière générale, *Sepia officinalis* s'est développée de façon hétérogène dans l'élevage semi-extensif, avec une abondance d'individus mesurant au maximum 3 cm. Ainsi, il y a 234 d'individus de taille inférieure à 3 cm alors qu'ils sont 93 individus dont la taille est comprise entre 3 et 6,5 cm. Les mêmes observations peuvent être faites sur les animaux après 3 mois d'élevage avec 3 modes très distincts (4, 13.8 et 43 g).

3.3- Etude socio-économique auprès des différents acteurs de la filière

3.3.1- En amont auprès des pêcheurs aux casiers

3.3.1.1- Estimation des œufs pour la période de pêche 2015 en Basse-Normandie

Une estimation des pontes, réalisée à partir de casiers des professionnels de la pêche de Basse-Normandie, a permis d'avoir une idée de la quantité d'œufs pondus sur ces supports cette année et d'établir un nombre d'œufs moyens par casiers pour chacun des pêcheurs (Tab. 1). L'estimation a été faite à la remontée des casiers entre fin mai et début juin. Elle varie de 542 à 1 824 œufs par casiers. D'une manière générale, le nombre d'œufs de *Sepia officinalis* reste constant autour de 1 000 œufs par casiers.

Professionnels (M ^r)	Laffaiteur	Leroux	Lecrosnier	Delacourt	Lallier	Lambert	Total
Nombres de casiers	11	17	3	6	10	9	56
Nombres d'œufs	17 000	31 000	3 568	3 250	12 950	8 116	75 884
Moyenne par casier	1 545	1 824	1 189	542	1 295	902	7 297

Tableau 1 : Estimation des pontes 2015 sur les casiers de professionnels de Normandie

3.3.1.2- Intérêt pour le projet

D'après l'enquête réalisée auprès des professionnels de la pêche, il apparaît que le projet de valorisation des œufs de seiches suscite de l'intérêt. Cette année les premières pontes de *Sepia officinalis* ont été observées en mer par les pêcheurs début avril. Ils ont constaté que les grappes étaient plus petites que les autres années avec des œufs assez gros sur la fin de la saison. Les pontes de seiches sur les casiers restent un problème pour les professionnels et nombreux d'entre eux affirment qu'ils les nettoient au jet à haute pression et remettent les œufs à l'eau.

Lors des témoignages, Mr Leroux et Mr Lecouillard de Blainville-sur-Mer, ont trouvé intéressant de mettre en place un élevage dans un milieu riche comme les claires mais ils se posent des questions sur le coût de l'élevage. D'autres professionnels comme Mr Potier de Pirou, Mr Orange de Saint-Germain-sur-Ay ainsi que Mr Lambert de Bricqueville-sur-mer semblent davantage prêts à débiter un élevage pour faire du « repeuplement » de *Sepia officinalis*. Malgré leur intérêt, certains pêcheurs avouent que l'élevage demandera de la manutention et qu'il s'agira de contraintes, d'autant plus qu'ils sont déjà souvent en multi-activités. Deux pêcheurs qui ne possèdent pas de claire, seraient favorables à la création de zones de dépôt protégées en mer, où les casiers pourraient être entreposés en attendant l'éclosion des œufs de seiches. Ceci participerait à une thématique de « repeuplement » selon Mr Lefeuvre de Pirou. Ce professionnel a également soulevé l'idée de mettre en place une législation qui limiterait la remontée des casiers avant mi-juillet pour que le maximum d'éclosion se fasse en mer. En effet, les casiers à seiches sont rapidement relevés afin d'éviter les pertes. Mr orange a confié que pour lui la solution serait de multiplier les orins en mer.

Dans l'ensemble, les pêcheurs n'ont jamais tenté de mettre un élevage de seiches en place dans leurs bassins. Après un questionnement sur les éventuelles difficultés qui pourraient être rencontrées dans ce projet, les pêcheurs soulevaient le problème d'étanchéité de la tange disposée au fond des claires. De plus, pour certains, les variations de températures en période estivale pourraient occasionner des aléas dans l'élevage, alors que d'autres sont davantage

préoccupés par le taux de renouvellement disponible au niveau des claires ainsi que la nourriture à apporter.

3.3.2- En aval : étude de marché de *Sepia officinalis*

3.3.2.1- Dans les criées normandes

Les deux criées qui ont accepté de répondre au questionnaire sont la criée de Granville et celle de Cherbourg. Il faut savoir que *Sepia officinalis* est commercialisable sous différentes catégories de tailles suivant le poids des individus (> 500 g = T10 ; $300-500$ g = T20 ; $100-300$ g = T30 ; < 100 g = T40). Les deux criées vendent des T10, T20, T30 suivant les périodes. Par exemple en début de saison de pêche (avril-mai), les T10 et T20 sont les plus abondantes puis la taille dominante diminue vers du T30 jusqu'à la fin de la période de pêche. La seiche se commercialise sous différentes formes : au « noir », tête-poche-peau et « blanc »-poche. En France, la T40 est vendue sous le nom « d'appât » pour la pêche du bar ou du requin et avec cette appellation son prix de vente est faible, autour de 0,60 €/Kg selon la criée de Granville. D'après les réponses des criées, s'il existait un élevage aquacole jusqu'à des T40, les produits devraient être disponibles d'octobre à décembre et commercialisés frais ou bien congelés vers l'Italie. Au niveau national, les petites tailles ont des prix de vente faibles du fait du problème des coûts de la transformation ($3\text{€} + 7\%$ de taxes $\rightarrow 3,5$ € le produit). C'est pourquoi le marché national converge vers l'exportation (95% Espagne-Italie).

3.3.2.2- Auprès des restaurateurs et scientifiques d'autres pays

Afin de valoriser la production de l'élevage en claire, différents acteurs ont été sollicités. Tout d'abord, en France, deux restaurateurs (Agon-Coutainville (50) et Villers-sur-Mer (14)) ont été contactés mais il n'y a pas eu de réponses positives de leur part. Par ailleurs, Mr Guerra et Mr Sanchez ont tous deux indiqué que les petites seiches étaient bien vendues en Espagne et au Portugal, avec un prix aux alentours de 7 à 9€/Kg. De la même façon, l'association des pêcheurs de Galice en Espagne a transmis les prix de cette campagne de pêche (février- juin 2015) mettant en évidence un prix moyen de 6€/Kg pour des seiches de moins de 300 g.

4- Discussion

L'élevage aquacole de *Sepia officinalis* mis en place dans des bassins naturels montre des résultats prometteurs. En effet, l'objectif initial de cette étude était de développer une aquaculture de niche, pour pouvoir valoriser les œufs de seiches qui sont pondus sur les casiers en mer. Pour le développement de ce projet, des expérimentations en milieu contrôlé ont été réalisées afin de faire des choix sur les paramètres de l'élevage. Elles ont également été nécessaires à la compréhension de différents phénomènes observés en conditions naturelles. De plus, le suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques réalisé, a été essentiel pour comprendre l'évolution de l'élevage et pallier les problèmes zootechniques. La disponibilité des claires, les volumes d'eau importants ainsi que le travail de suivi n'a pas permis de réaliser cet élevage en triplicat pour chaque condition. De ce fait, pour confirmer les résultats, il pourrait être judicieux de multiplier les réplicats par la suite.

La bibliographie montre que l'alimentation de la seiche est une préoccupation importante depuis de nombreuses années (Castro et Guerra, 1990 ; Domingues *et al.*, 2001a et 2004 ; Ferreira *et al.*, 2010). C'est pourquoi, le choix du type d'alimentation à apporter dans l'élevage fut le premier questionnement. Le prix des proies vivantes ainsi que le temps passé pour les pêcher ne semblaient pas être des solutions rentables et durables pour ce type d'élevage. L'expérimentation en milieu contrôlé a été réalisée afin de définir le type d'aliment à apporter aux seiches en conditions naturelles, en sachant qu'il était possible d'obtenir de la croissance et de la survie avec des granulés même avec de faibles taux (Lee *et al.*, 1991 ; Castro *et al.*, 1993). Lors de cette expérience, les seiches n'ont pas accepté les granulés (turbot et carpe). En effet, l'aliment a été retrouvé d'un jour sur l'autre, il n'a pas été consommé et par conséquent les seiches mourraient massivement. Par ailleurs, les seiches nourries avec l'aliment artificiel étaient très affaiblies, et il apparait que la manipulation durant le suivi de la croissance les affectait davantage.

Malgré ces résultats, un aliment artificiel sous forme de granulés (turbot flottant) est apporté au cours de l'élevage en bassin naturel (semi-extensif) à raison d'une fois par jour. Ainsi, il a été supposé que les granulés permettraient d'alimenter les diverses proies de la chaîne alimentaire présentes dans la claire. Celles-ci pourraient alors être disponibles pour les seiches comme une alimentation naturelle sans limitation. De plus, lors d'une expérimentation sur la

mise en place d'un bloom phytoplanctonique (Annexe 5) réalisée dans cette étude, il a été souligné qu'un aliment artificiel permettait un développement du phytoplancton tout en maintenant des taux acceptables en éléments azotés. Le choix du granulé turbot flottant semblait être le plus adapté aux conditions d'élevage, tant sur sa disponibilité en usine que sur ces taux protéiques et lipidiques. Le granulé flottant a été préféré au coulant car il se désagrégeait moins rapidement. Par ailleurs, un comportement de cannibalisme a été observé en conditions contrôlées avec le granulé. Ce phénomène s'intensifie avec l'apport de nourriture artificielle (Domingues *et al.*, 2005). Néanmoins, aucune seiche ne présentait de morsures lors des différents suivis dans les claires, ce qui peut être expliqué par la disponibilité de nourriture en quantité suffisante à la survie des seiches dans ces environnements.

Pour qu'un élevage soit productif et rentable, il est nécessaire de développer une alimentation avec des caractéristiques similaires aux proies naturelles. L'appétence, la texture, la forme, le taux d'humidité ou encore la flottaison sont des paramètres à adapter (Koueta *et al.*, 2002). Un bon aliment artificiel doit prendre en compte les besoins nutritionnels de l'espèce avec les différents facteurs limitants, comme par exemple la digestibilité des nutriments ou les carences (Perrin, 2004). Les protéines sont essentielles chez les céphalopodes comme source d'énergie, elles permettent la locomotion, les transports d'oxygène et l'osmorégulation... (Lee, 1994). Il faut également un produit de qualité pour satisfaire les conditions d'élevage et limiter les rejets.

Différents types d'aliments inertes ont été testés ces dernières années, comme par exemple la poudre de crevettes ou de poissons, provoquant 50% de mortalité alors que l'alimentation congelée (crevettes ou poissons) réduit cette mortalité de 3 à 13% respectivement (Ferreira *et al.*, 2010). Le problème des granulés vient peut-être du mode de cuisson qui peut détruire les protéines, ce qui diminuerait l'appétence et qui aurait un impact direct sur la croissance. *Sepia officinalis* ne serait pas en mesure d'utiliser les protéines dénaturées et de stocker les lipides dans la glande digestive (Domingues *et al.*, 2009). C'est pourquoi l'absorption des lipides est plus difficile à partir de nourriture artificielle, ce qui pourrait être à l'origine de faibles croissances et de mortalités.

Une alternative intéressante serait l'utilisation de l'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii* dans les compositions artificielles (Ferreira *et al.*, 2010 ; Domingues *et al.*, 2008). En effet, elle favorise de meilleurs taux de croissance et de survie. Elle pourrait être une alternative à la crevette (79% de protéines) du fait de sa faible valeur marchande (FAO, 2015b) ainsi que de son important taux de protéines (86 %). Ce taux ne dépasse pas 66% pour

un aliment artificiel. Néanmoins, d'autres facteurs sont à prendre en compte puisque selon le Gouessant aquaculture®, un aliment riche en protéines génère plus de pollution dans l'environnement sous forme d'ammoniac que celui riche en acides gras.

La claire est un environnement propice au bon développement des seiches puisqu'une structure horizontale, plus longue que large, permet d'éviter les mortalités. En effet, il est suggéré que dans un élevage de seiches, la surface de fond disponible doit être plus importante que le volume d'eau (Sykes *et al.*, 2014c). De plus, il a été démontré que les réservoirs circulaires ne sont pas favorables à la croissance en captivité (Sykes *et al.*, 2013). L'élevage de *Sepia officinalis*, réalisé dans la présente étude, est prometteur puisque des seiches se sont développées dans les claires. Néanmoins, certaines améliorations seront à considérer pour le développement d'une aquaculture rentable.

La difficulté majeure lors du lancement de cet élevage fut de définir le nombre d'œufs à incuber dans le but d'obtenir une biomasse finale importante pour la commercialisation. De ce fait, un nombre plus important d'œufs a été incubé contrairement à ce qui a été préconisé dans la littérature (Forsythe *et al.*, 1994 ; Sykes *et al.*, 2003). Cependant, en vue du nombre d'individus récupérés lors de la vidange (11 seiches en extensif et 326 seiches en semi-extensif), il est possible de se questionner sur les causes et les améliorations possibles à apporter à cet élevage.

La première étape qui s'est déroulée dans les bassins naturels est l'éclosion. Les différents questionnements qui se posent se font à plusieurs niveaux. Tout d'abord, il a été constaté que certaines capsules n'étaient pas noires (Fig.6). Ce phénomène se manifeste à cause d'un manque de coloration par défaut de production d'encre chez la femelle lors de la ponte (Richard, 1971). Malgré cette différence visuelle, le développement embryonnaire n'est pas affecté, bien que ces œufs éclosent avant les autres, moins sensibles à la photopériode (Bolestzky, 1983 ; Paulij *et al.*, 1991). Ainsi, il est possible de suggérer qu'il y a eu des éclosions différées dans le temps à cause de ce problème de pigmentation dans un premier temps. Par ailleurs, l'éclosion n'est pas synchrone lorsque les œufs ne sont pas incubés en même temps et qu'ils ne proviennent pas de la même ponte. C'est pourquoi, l'incubation des casiers à différents moments, représente également un facteur de variation qui a pu déclencher les éclosions sur plusieurs semaines. Ce phénomène pourrait être mis en relation avec les différents modes observés sur l'histogramme de fréquence de taille lors de la vidange de l'élevage « semi-extensif ». Ainsi, il a été démontré que les seiches sont réparties en trois modes principaux en

fonction de leur taille. Ce constat peut être associé à des croissances plus élevées pour des animaux qui ont éclos tôt dans la saison, car ils profitent plus longtemps des températures estivales que les seiches ayant éclos plus tard (Challier *et al.*, 2002). De plus, les premières seiches ont pu bénéficier d'une alimentation plus complète (taille des proies plus adaptée) contrairement aux éclosions tardives.

Face à cet asynchronisme éventuel, les prédateurs représentent un autre facteur qui a pu avoir un effet négatif sur la survie des seiches à l'éclosion. Par exemple, de nombreux crabes verts *Carcinus maenas* ont été retrouvés autour des grappes et dans les claires. Les oiseaux et les différentes espèces de poissons étaient également présents et représentaient de redoutables prédateurs durant l'élevage. Ces animaux ont pu abîmer les œufs ou bien les manger. Par la suite, il serait possible de compléter la structure d'élevage avec une bâche de protection contre les prédateurs terrestres. Par ailleurs, il est connu que la pigmentation de la capsule des œufs de *Sepia officinalis* joue un rôle biologique en protégeant l'embryon des attaques microbiologiques ou des prédateurs. Néanmoins, l'encre de seiche devient un perturbateur sensoriel en forte concentration comme lors de pontes massives dans le même environnement. Selon l'étude de Guerra et Gonzalez (2011), le blennie rayé, *Parablennius gattorugine* est un prédateur des œufs de *Sepia officinalis*. Ces auteurs suggèrent que le poisson est attiré par les œufs et qu'il peut apercevoir ces proies par la membrane plus ou moins dilatée et transparente. De plus, il a été démontré qu'à l'éclosion, les jeunes seiches dans le milieu naturel ont pour principaux prédateurs, les bars *Dicentrarchus labrax* et les crabes *Necora puber* (Langridge *et al.*, 2007). Par conséquent, les crabes verts, les poissons et les crevettes ont pu avoir un impact direct de prédation sur ces œufs lors de l'incubation qui a duré au minimum un mois. A l'inverse, il a été démontré qu'après une exposition à la prédation de crabes durant sa vie embryonnaire, la seiche préférera par la suite se nourrir de crabes (Guerra et Gonzalez, 2011).

Par ailleurs, après la remontée des casiers à la fin juillet, il a été constaté que certains œufs n'avaient pas éclos. Il a été démontré que l'œuf augmente considérablement de taille en se dilatant au cours de la maturation embryonnaire, en raison de la pression osmotique du fluide périvitellin (Lemaire, 1971). Néanmoins, un œuf non fécondé reste à une taille identique à celle du moment de la ponte (Richard, 1971). Une partie des œufs n'étaient peut-être pas fécondée, ce qui représenterait une perte importante de juvéniles dès l'éclosion. Par la suite, il sera peut être nécessaire d'accroître davantage le nombre d'œufs incubés pour pallier ces dommages biologiques. Toutefois, la multiplication du nombre d'œufs viables au-dessus de la densité

maximale pourrait être soumise à une autorégulation du système. De ce fait, d'autres points de l'élevage seraient à améliorer dans un premier temps.

Un taux de salinité compris entre 30 à 36‰, réduit la durée d'incubation des œufs avec un pourcentage d'éclosion plus élevé et permet un taux de survie des juvéniles plus important (Blanc *et al.*, 1998). Il a également été souligné que les seiches tolèrent des salinités de 25 à 38‰ (Boletzky, 1983). Or, la salinité moyenne pour les deux élevages était proche de 38‰ malgré les variations (35 à 40‰). Il est connu que les variations de salinité n'ont pas d'effet sur la croissance de la seiche (Richard, 1971). Bien que la salinité dans les claires soit supérieure à celle du milieu naturel (34‰ ; données 2015, réseau HYDRONOR, SMEL) et qu'il existe des fluctuations de ce paramètre, elle reste toutefois dans la gamme de tolérance pour la seiche la plupart du temps.

Selon la littérature, les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer doivent être maintenus en dessous de 0,1 mg/L pour l'ammonium et les nitrites et de 80 mg/L pour les nitrates (Boletzky, 1983 ; Forsythe *et al.*, 1994). Ces taux représentent la limite de toxicité pour *Sepia officinalis*. Les concentrations en nitrites et en ammonium sont inférieures au seuil sur l'ensemble de la période d'étude à l'exception de celle de fin août qui atteint 0,2 mg/L pour les nitrites et 0,7 mg/L pour l'ammonium. A l'inverse, les nitrates ne sont pas toxiques sur l'ensemble du suivi bien que la concentration de ce paramètre augmente fin août (0,76 mg/L). Pour ces trois éléments, il existe une rythmicité au cours du temps en fonction des renouvellements d'eau. En effet, après un apport d'eau, les composés azotés diminuent fortement puis augmentent à nouveau. En août, il n'y a pas eu de renouvellement ce qui explique les concentrations importantes observées. En comparaison avec le milieu naturel, les quantités des éléments nutritifs sont environ dix fois plus importantes dans les claires (données 2015, réseau HYDRONOR) ce qui semble être justifié par l'apport journalier d'éléments azotés sous forme de granulés. Par conséquent, le niveau de toxicité est resté convenable durant l'élevage de *Sepia officinalis*. Toutefois, il est important de suivre les concentrations de ces éléments particulièrement avec l'apport d'un aliment artificiel novateur et en plus grande quantité ; d'autant plus que cette toxicité affecte davantage les stades de vie critiques où les animaux sont plus faibles comme par exemple après l'éclosion (Sykes *et al.*, 2014c).

Dans les bassins naturels, la concentration en oxygène dissous qui a varié entre 5 et 8 mg/L sur la période d'étude, est proche de celle mesurée dans le milieu naturel bien que parfois basse. En effet, les concentrations à Blainville-sur-Mer sont comprises entre 7 et 8 mg/L entre

juillet et août (données 2015, HYDRONOR). Il a été démontré qu'un des facteurs limitant le développement de *Sepia officinalis* dans un élevage était la disponibilité de l'oxygène dissous (Guerra, 2006). La seiche a davantage besoin d'oxygène la nuit pour se mouvoir, s'alimenter mais également pour sa flottabilité. La littérature préconise une concentration en oxygène dissous supérieure à 4 mg/L (Sykes *et al.*, 2014c). Ainsi, l'oxygène ne semble pas être un facteur limitant au développement de la seiche dans les claires lors de la période d'étude. Néanmoins, il faut être vigilant par rapport à ce paramètre puisqu'elle n'est pas la seule à avoir besoin d'oxygène, surtout la nuit. En effet, les algues en consomment également pour leur développement. Avec l'apport d'aliment artificiel, il est possible que la concentration des éléments nutritifs augmente, ce qui favoriserait le développement algal et par conséquent la consommation en oxygène dissous.

La chlorophylle *a* mesurée dans les claires présente de plus fortes concentrations (0,85 et 4,75 µg/L) que celles du milieu naturel étant donné qu'en mer les concentrations évoluent entre 0,93 et 2,88 µg/L sur la même période d'étude (données 2015, HYDRONOR). Il est possible d'observer des variations cycliques de la biomasse phytoplanctonique avec des pics de chlorophylle *a* mesurés début juillet et début août dans les deux environnements. Cette rythmicité semble s'expliquer par les fréquences de renouvellements d'eau. En circuit ouvert, le phytoplancton met plus de temps à s'installer puisque les éléments nutritifs ne sont pas tout le temps disponibles. A l'inverse, dans les claires, l'ensemble des éléments favorables au développement de cette biomasse semble être présent (lumière, avec ou sans apport de granulés et oxygénation). Le premier maillon de la chaîne trophique semble être bien établi dans les bassins naturels. Par ailleurs, il est difficile d'établir une étude complète de la biomasse zooplanctonique puisque l'analyse de ce maillon trophique est en cours d'expérimentation et les suivis sont assez rares en France (stations marines de Wimereux (62), Arcachon (33), Toulon(83), Marseille (13), Villefranche-sur-Mer (06), données non disponibles).

L'environnement naturel a également pu avoir un impact sur la réussite de l'élevage. Lors de cette étude, il a été constaté à plusieurs reprises que le niveau d'eau s'abaissait rapidement entre les renouvellements. Il est donc essentiel de s'assurer de l'étanchéité du bassin qui peut être à l'origine de fuites d'eau importantes. Etant donné les fluctuations de la salinité et de la température, le phénomène d'évaporation est aussi suggéré comme étant un paramètre pouvant diminuer le niveau d'eau. Il peut être occasionné par la chaleur, toutefois, durant notre suivi, la cause s'expliquerait davantage avec la situation géographique du lieu qui se trouve très

venteux. Ainsi, le niveau est descendu rapidement dans la claire « extensive » qui semble moins étanche que la claire « semi-extensive ». Dans le but de pallier le problème de la fréquence du renouvellement et des pertes en eau, il serait possible de créer une liaison entre la claire et une réserve d'eau de mer pour pouvoir approvisionner en eau quand il le faut. Il est cependant préférable que la colonne d'eau soit peu profonde dans les bassins afin de favoriser la prédation des jeunes seiches, et ainsi garder l'énergie pour chasser les proies. Par la suite, il est conseillé d'augmenter le volume avec la taille des animaux (Forsythe *et al.*, 1994).

L'élevage de *Sepia officinalis* a été mis en place sur la période estivale de juin à septembre 2015. De ce fait, la température était une préoccupation et un facteur à prendre en considération pour éviter de décimer l'élevage dans le cas où les températures auraient été trop importantes. C'est pourquoi un aérateur a été installé dans l'un des élevages afin de suivre les variations de températures et de contrôler les éventuels pics de chaleur. Après l'étude des données, il apparaît que les températures moyennes étaient comprises entre 16 et 24°C entre juillet et août. Ce paramètre reste cohérent avec les valeurs mesurées en mer, au niveau de Blainville-sur-Mer, qui s'élevaient autour de 19°C pour la même période d'étude (données 2015, réseau HYDRONOR). Bien que la température des claires soit légèrement plus importante, elle reste globalement stable sur la période de suivi et dans les deux claires. Ceci peut être expliqué par le volume d'eau important des claires comme le rapporte la littérature (Sykes *et al.*, 2013). Au contraire, il est nécessaire de suivre les oscillations journalières pouvant varier jusqu'à 5°C puisque l'effet de cette instabilité sur la croissance des animaux n'est pas connu. Néanmoins, la seiche tolère une large gamme de température (9 à 32°C ; Boletzky, 1983). Ainsi, il a été démontré qu'un élevage à 30°C est réalisable et qu'il n'y a pas de problème de survie (Domingues *et al.*, 2001b). De ce fait, il n'est pas possible de conclure sur un effet positif et essentiel de l'aérateur dans un élevage en claire. Cependant, il permet de mettre en circulation l'eau, de favoriser le développement des micro-organismes et de maintenir des taux acceptables d'éléments azotés et d'oxygène dissous. Une amélioration qui serait possible à mettre en place serait d'intégrer une minuterie à l'appareil afin qu'il ne fonctionne que sur les périodes d'heures creuses pour une meilleure gestion du coût énergétique.

Dans le but d'optimiser un élevage aquacole rentable, il serait nécessaire de maximiser la croissance des seiches sur un temps court. D'après la littérature il est possible d'obtenir des individus de 50 g, seulement en 60 jours à 25°C (Sykes *et al.*, 2006). Pour cela, il serait possible de mettre en place un système de « serre » au-dessus des bassins naturels pour avoir des températures plus importantes. Ce système devra être installé après la période d'incubation

puisque les œufs ont besoin d'un optimum de température entre 15 et 18°C. Si la température est trop importante, la quantité de vitellus est plus faible et par conséquent les seiches sont plus petites et leur potentiel de survie est diminué (Bouchaud, 1991a).

L'expérimentation sur la croissance à deux températures distinctes, réalisée en milieu contrôlé, a mis en évidence une certaine continuité dans l'accroissement en taille et en poids. Ce processus est en corrélation avec la stabilité des paramètres d'élevage. Les résultats ont permis d'affirmer ce qui avait été relevé dans la littérature. En effet, l'accroissement de *Sepia officinalis* à 21°C a mis deux fois moins de temps pour atteindre la même taille ou le même poids qu'à 17°C. Il apparaît donc nettement que le cycle de développement de la seiche est en relation directe avec la température et que des températures plus élevées accélèrent la croissance (Richard, 1971 ; Boletzky, 1983; Forsythe *et al.*, 1994). Par ailleurs, l'un des modes de la distribution en fonction des fréquences de tailles, définis lors de la vidange de l'élevage « semi-extensif », correspond à 25 animaux dont le poids est compris entre 14 et 27g. Cette observation est en corrélation avec les résultats obtenus dans une autre expérimentation en milieu naturel où des croissances rapides jusqu'à 14,2 g ont été observées en 60 jours (21 à 24°C ; Palmegiano et Sequi, 1981). A l'inverse, en milieu contrôlé, la croissance est moins rapide et elle met plus de temps pour parvenir au même poids à des températures identiques (Sykes *et al.*, 2006). En effet, quand les conditions environnementales et la nourriture sont optimales, les seiches croissent plus rapidement en extérieur (Domingues *et al.*, 2006).

La croissance à 17°C est plus importante que celle des claires (20-21°C) pendant les premières semaines ce qui peut s'expliquer par l'apport constant de crevettes. A l'inverse, dans les environnements en grands volumes, la présence de nombreux prédateurs pour les seiches venant d'éclore peut être à l'origine d'un stress les amenant à se cacher, au lieu de se nourrir. A partir de la cinquième semaine d'élevage, la croissance dans les claires augmente de façon exponentielle. En effet, la croissance des céphalopodes est exponentielle au cours de la première partie du cycle de vie jusqu'à 8 mois, et par la suite elle devient davantage linéaire (Forsythe et Van Heukelem, 1987 ; Koueta et Boucaud-Camou, 1999 et 2001 ; Domingues *et al.*, 2002). L'accroissement en taille et en poids de *Sepia officinalis* dans les claires est significativement différent de celui observé à 17°C (p value < 0,05). Néanmoins, les seiches de l'élevage « semi-extensif » présentent une croissance significativement différente de celle des animaux à 21°C (p value < 0,0001). Après la vidange de fin août dans les deux claires, il a été observé que les prédateurs comme les poissons et les crevettes étaient de plus grandes tailles. Il est possible de supposer que le nombre d'individus qui a été récupéré dans chaque élevage est également en

relation avec la taille des prédateurs. Par conséquent, dans la claire « semi-extensive », les seiches ont pu se nourrir des animaux présents dans cet environnement ce qui n'a pas permis un développement important des prédateurs. A l'inverse dans la claire extensive, le nombre d'individus au bilan final était drastiquement plus faible (11 individus) ce qui pourrait être la cause d'un phénomène de prédation important et expliquerait la taille des bars *Dicentrarchus labrax* récupérés. De plus, vu le peu de seiches qui ont survécu dans cet environnement, les individus restant avaient assez de nourriture pour se développer rapidement.

Il est essentiel d'adapter la taille des proies à celle des seiches puisqu'elles peuvent causer des mortalités massives. C'est ce qui s'est produit dans l'expérimentation du préférendum du fond en milieu contrôlé. Ce phénomène semble être en relation avec la taille trop importante des proies qui ont été apporté dans l'élevage. Par ailleurs, il est possible de se questionner sur la fréquence de nourrissage des seiches. Comme le soulève l'expérience de Forsythe *et al.*, (1994), deux repas par jours influencent la croissance et le taux de survie. A 19°C, ils ont obtenu des seiches de 2,2 à 2,5 cm et 2 à 2,8 g après 7 semaines d'élevage. Cependant cet apport excessif n'augmente pas toujours la croissance dans un élevage comme le met en évidence l'apport de trois repas par jours. Malgré la différence de ration entre la littérature et cette étude, les croissances sont comparables après 7 semaines d'élevage (17 °C : 1,73 cm et 1,2 g ; 21°C : 2,65 cm et 3,5 g ; élevage semi-extensif : 2,23 cm et 2,64 g).

Par conséquent, *Sepia officinalis* a réussi à se développer dans l'élevage « semi-extensif » mais la réussite semble être due à la combinaison d'un ensemble de paramètres favorables. Ceci expliquerait que l'élevage n'ait pas fonctionné en extensif. L'hypothèse qui peut être émise est que dans l'élevage « semi-extensif », la hauteur d'eau aurait permis une meilleure dissimulation des seiches. Le développement d'une faune algale intense favoriserait également la création d'abris pour les seiches, réduisant potentiellement la prédation. Les seiches qui ont éclos en premier auraient consommé dès le départ des proies de petites tailles limitant ainsi le développement important des prédateurs. Néanmoins, en se nourrissant dès leur naissance, les premières seiches se sont éventuellement alimentées avec des proies dont la taille était plus adaptée aux éclosions tardives. De ce fait, il peut être suggéré que les différents modes de fréquences de tailles, observés lors de la vidange, sont en relation avec la quantité de nourriture disponible. Enfin, dans cet élevage, les seiches les plus grosses ont éventuellement pu changer leur alimentation en passant d'une alimentation naturelle à une alimentation artificielle.

Lors des périodes de pêche, les seiches ont souvent été retrouvées sur le fond, cachées dans les algues qui se sont développées. De la même façon, l'expérimentation comportementale en milieu contrôlé, sur le choix de *Sepia officinalis* pour un type de fond a mis en évidence que ces animaux cherchent un abri lors de leurs périodes de repos. Ainsi, ils apprécient davantage les fonds où il est possible de se dissimuler (coquilles d'huîtres, briques, tuyaux et galets). Bien qu'il a été démontré que les abris ne favorisent pas directement la croissance ou la survie maximale, les réactions de défenses par jet d'encre ont été davantage observées lorsqu'il n'y avait pas d'abris traduisant la sensibilité des animaux (Boletzky, 1996). De plus, dans un environnement « enrichi », *Sepia officinalis* se développe et apprend plus rapidement. Il est essentiel que les jeunes seiches évoluent dans un environnement complexe pour apprendre à se camoufler sur le substrat (Dickel *et al.*, 2000). Par la suite, il sera nécessaire de favoriser les « cachettes » dans les bassins d'élevage. Comme l'a mis en évidence l'expérience en milieu contrôlé, les coquilles d'huîtres peuvent permettre aux animaux de petite taille de se dissimuler. Néanmoins, des structures plus importantes devront être développées pour les seiches de plus grandes tailles.

L'intérêt des pêcheurs pour ce type d'aquaculture paraît être favorable. Il est évident que ce type d'élevage nécessite des améliorations. Cependant, il représente une réelle valorisation des œufs qui ont été pondus sur les casiers. Cette étude a mis en évidence qu'un casier moyen comptabilisait 1 000 œufs lors de la remontée à terre. Néanmoins, ce chiffre pourrait être sous-estimé puisque les pêcheurs nettoient leurs casiers en mer, lorsqu'ils remontent une filière, avant de les remettre à pêcher. Par conséquent, la biomasse totale d'œufs perdus pour le stock de *Sepia officinalis* est à prendre en considération et il est important de trouver une solution face à ce constat. Cette étude est aux prémices de l'aquaculture de seiches, il est nécessaire d'étudier l'ensemble des améliorations et d'optimiser cet élevage avant de le proposer et transférer à la profession.

D'un point de vue législatif, l'aquaculture de céphalopodes n'est pas soumise à des mesures particulières. Cependant, la commercialisation des produits de la pêche est interdite en dessous de 100 g. Une dérogation permet de vendre la pêche n'ayant pas atteint la taille réglementaire seulement à des fins d'élevage, de culture et de recherches scientifiques (Décret n°04-188/2004). De ce fait, la vente de produits d'aquaculture ne semble pas autorisée en dessous de la taille réglementaire de commercialisation en France. De plus, en vue des prix de la seiche en criée (2-3€/Kg), le marché français ne paraît pas être favorable à un développement

économique. Il est préférable d'exporter la production vers des pays méditerranéens (Espagne, Portugal et Italie) où l'aquaculture de niche de *Sepia officinalis* peut être davantage rentable (6-7€/kg).

5- Conclusion

Depuis quelques années, des solutions ont été proposées pour pallier les nombreuses pertes d'œufs pondus sur les casiers des pêcheurs en mer. La pose d'orins et de collecteurs sur les casiers a été proposée dans un premier temps. Cependant, elle peut être difficile à mettre en application. C'est dans ce sens que l'idée de valoriser les œufs de seiches par une aquaculture extensive en bassins naturels a été proposée. La réalisation de cet élevage, sur une courte durée, a participé à accroître la viabilité de ces œufs ainsi qu'à améliorer les chances de survie et de croissance de ces juvéniles. Cette étude a mis en évidence la faisabilité de l'aquaculture de *Sepia officinalis* qui est encore innovante en France à l'heure actuelle. Bien qu'il soit nécessaire de travailler sur les différentes améliorations à apporter à l'élevage, les premiers résultats sont prometteurs. Une alimentation adaptée est le premier élément à solutionner. En optimisant cet élevage, il est possible d'obtenir une aquaculture de niche qui pourrait être rentable. Il est évident qu'actuellement le marché français ne semble pas le plus rémunérateur étant donné que les prix de vente de la seiche sont assez faibles en criée. C'est dans ce sens que les professionnels montrent de l'intérêt pour le projet afin de diversifier leur activité. De plus, il serait possible d'élaborer un co-élevage entre des seiches et des bivalves filtreurs (huîtres...) ce qui limiterait l'eutrophisation dans les bassins naturels et créerait davantage de revenus pour les professionnels. Ainsi, l'aquaculture en claire débute de façon encourageante et pourrait être proposée et transférée à la profession après des travaux complémentaires.

L'aquaculture de repeuplement de céphalopodes a été une grande réussite au Japon et en Thaïlande. Elle a été à l'origine de la prise de conscience de l'épuisement local des ressources, mis en évidence par Nabhitabhata en 1995. L'aquaculture de *Sepia officinalis* en France peut donc s'orienter vers un débouché commercial ou d'accroissement de la ressource. Ce constat a également été soulevé par les professionnels qui ont été interrogés durant cette étude.

Néanmoins, pour le développement de ce projet, une étude juridique complémentaire sur la commercialisation de ces produits aquacoles semble nécessaire. Elle permettrait également de s'assurer du cadre législatif pour la remise en mer des juvéniles de seiches, afin de participer à l'accroissement du stock de recrues dans la population naturelle. Bien que les résultats soient prometteurs, il faudra confirmer qu'il est possible d'établir un élevage de seiches à partir de ces œufs du milieu naturel représentant une biomasse potentiellement perdue.

Bibliographie

- Aminot, A., et Kérouel, R.** (2004). Hydrologie des écosystèmes marins. *Paramètres et analyses*. Ed. Ifremer, 336p.
- Baeza-Rojano, E., García, S., Garrido, D., Guerra-García, J. M., et Domingues, P.** (2010). Use of Amphipods as alternative prey to culture cuttlefish (*Sepia officinalis*) hatchlings. *Aquaculture*, 300(1), 243-246.
- Basuyaux, O.** (2010). *Sepia officinalis* Influence de la température et de l'hydrodynamisme sur le développement des œufs. *Rapport SMEL, n° SMEL/ CE – prod / 2010-14*. 15 p.
- Basuyaux, O., et Legrand, V.** (2013). La seiche sur la côte ouest du Cotentin – De la ponte à la capture. *Rapport d'étude, 2012-2013*. 37 p.
- Blanc, A., Du Sel, G. P., et Daguzan, J.** (1998). Habitat and diet of early stages of *Sepia officinalis* L.(Cephalopoda) in Morbihan Bay, France. *Journal of molluscan studies*, 64(3), 263-274.
- Blanc, A., Du Sel, G. P. D., et Daguzan, J.** (1999). Relationships between length of prey/predator for the most important prey of the cuttlefish *Sepia officinalis* L (Mollusca: Cephalopoda). *Malacologia*, 41, 139p.
- Bloor, I. S., Attrill, M. J., et Jackson, E. L.** (2013). A review of the factors influencing spawning, early life stage survival and recruitment variability in the common cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Marine Ecology*, 65, 1-65.
- Boletzky, S., Boletzky, M. V., Frösch, D., et Gätzi, V.** (1971). Laboratory rearing of Sepiolineae (mollusca: cephalopoda). *Marine Biology*, 8(1), 82-87.
- Boletzky, S.** (1983). *Sepia officinalis*. *Cephalopod Life Cycles*, Vol: 1, 31-52. 516 p.
- Boletzky, S. V., et Hanlon, R. T.** (1983). A review of the laboratory maintenance, rearing and culture of cephalopod molluscs. *Memoirs of the National Museum Victoria*, 44, 147-187.
- Boletzky, S. V.** (1996). Cephalopods burying in soft substrata: Agents of bioturbation ?. *Marine Ecology*, 17(1-3), 77-86.
- Boucaud-Camou, E., et Boismery, J.** (1991). The migration of the cuttlefish (*Sepia officinalis*) in the English Channel. *Centre de publication de l'Université de Caen*, 179-189.
- Boucaud-Camou, N., Koueta, N., Boismery, J., et Medhioub, A.** (1991). The sexual cycle of *Sepia officinalis* L. *Centre de publication de l'Université de Caen*, 141-152.
- Bouchaud, O., et Galois, R.** (1990). Utilization of egg-yolk lipids during the embryonic development of *Sepia officinalis* L. in relation to temperature of the water. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 97(3), 611-615.
- Bouchaud, O.** (1991a). Energy consumption of the cuttlefish *Sepia officinalis* L.(Mollusca: Cephalopoda) during embryonic development, preliminary results. *Bulletin of marine science*, 49(1-2), 333-340.
- Bouchaud, O.** (1991b). *Recherche écophysiological sur la reproduction de la seiche, Sepia officinalis Linne (Mollusque, Céphalopode, Sépiidé)*. Thèse de doctorat de l'université de Rennes. 266p.
- Boycott, B. B.** (1961). The functional organization of the brain of the cuttlefish *Sepia officinalis*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 153(953), 503-534.
- Castro, B. G., et Guerra, Á.** (1990). The diet of *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758) and *Sepia elegans* (D'Orbigny, 1835)(Cephalopoda, Sepioidea) from the Ria de Vigo (NW Spain). *Scientia Marina*, 54(4), 375-388.
- Castro, B. G.** (1991). Can *Sepia officinalis* L. be reared on artificial food ?. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 19(1), 35-38.
- Castro, B. G., DiMarco, F. P., DeRusha, R. H., et Lee, P. G.** (1993). The effects of surimi and pelleted diets on the laboratory survival, growth, and feeding rate of the cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 170(2), 241-252.
- Castro, B. G., et Lee, P. G.** (1994). The effects of semi-purified diets on growth and condition of *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 109(4), 1007-1016.
- Challier, L., Royer, J., et Robin, J.-P.** (2002). Variability in age-at-recruitment and early growth in English Channel *Sepia ocinalis* described with statolith analysis. *Aquatic Living Resources*, 15(5):303-311.

Challier, L. (2005). *Variabilité de la croissance des céphalopodes juvéniles (Sepia officinalis, Loligo forbesi) et relation avec les fluctuations du recrutement, en Manche*. Thèse de doctorat de l'université de Caen Basse-Normandie. 188p.

Darmaillacq, A. S., Chichery, R., Shashar, N., et Dickel, L. (2006). Early familiarization overrides innate prey preference in newly hatched *Sepia officinalis* cuttlefish. *Animal Behaviour*, 71(3), 511-514.

Darmaillacq, A. S., Lesimple, C., et Dickel, L. (2008). Embryonic visual learning in the cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Animal Behaviour*, 76(1), 131-134.

Denis, V., et Robin, J. P. (2001). Present status of the French Atlantic fishery for cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Fisheries Research*, 52(1), 11-22.

DeRusha, R. H., Forsythe, J. W., DiMarco, F. P., et Hanlon, R. T. (1989). Alternative diets for maintaining and rearing cephalopods in captivity. *Laboratory animal science*, 39(4), 306-312.

Dickel, L., Boal, J. G., et Budelmann, B. U. (2000). The effect of early experience on learning and memory in cuttlefish. *Developmental psychobiology*, 36(2), 101-110.

Domingues, P. M. (1999). *Development of alternative diets for the mass culture of the European cuttlefish Sepia officinalis*. Thèse de doctorat de l'université d'Algarve, Portugal. 95p.

Domingues, P. M., Sykes, A., et Andrade, J. P. (2001a). The use of *Artemia* sp. or mysids as food source for hatchlings of the cuttlefish (*Sepia officinalis* L.); effects on growth and survival throughout the life cycle. *Aquaculture International : Journal of the European Aquaculture Society*, 9, 319-331.

Domingues, P. M., Kingston, T., Sykes, A., et Andrade, J. P. (2001b). Growth of young cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus 1758) at the upper end of the biological distribution temperature range. *Aquaculture Research*, 32(11), 923-930.

Domingues, P. M., Sykes, A., et Andrade, J. P. (2002). The effects of temperature in the life cycle of two consecutive generations of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), cultured in the Algarve (South Portugal). *Aquaculture International*, 10(3), 207-220.

Domingues, P., Poirier, R., Dickel, L., Almansa, E., Sykes, A., et Andrade, J. P. (2003). Effects of culture density and live prey on growth and survival of juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Aquaculture International*, 11(3), 225-242.

Domingues, P., Sykes, A., Sommerfield, A., Almansa, E., Lorenzo, A., et Andrade, J. P. (2004). Growth and survival of cuttlefish (*Sepia officinalis*) of different ages fed crustaceans and fish. Effects of frozen and live prey. *Aquaculture*, 229, 239-254.

Domingues, P. M., Dimarco, P. F., Andrade, J. P., et Lee, P. G. (2005). Effect of artificial diets on growth, survival and condition of adult cuttlefish, *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758. *Aquaculture International*, 13(5), 423-440

Domingues, P. M., Bettencourt, V., et Guerra, Á. (2006). Growth of *Sepia officinalis* in captivity and in nature. *Vie et Milieu*, 56(2), 109-120.

Domingues, P., Ferreira, A., Marquez, L., Andrade, J. P., Lopez, N., et Rosas, C. (2008). Growth, absorption and assimilation efficiency by mature cuttlefish (*Sepia officinalis*) fed with alternative and artificial diets. *Aquaculture International*, 16(3), 215-229.

Domingues, P. M., Marquez, L., López, N., et Rosas, C. (2009). Effects of food thermal treatment on growth, absorption, and assimilation efficiency of juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Aquaculture international*, 17(3), 283-299.

Domingues, P., et Márquez, L. (2010). Effects of culture density and bottom area on growth and survival of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture international*, 18(3), 361-369.

FAO. (2011). *Fisheries and Aquaculture Department, Statistics and Information Service*. Fish-StatJ: Universal software for fishery statistical time series. Rome, FAO.

FAO. (2012). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : 2012*. Rome, FAO.

Fevre-Lehoërff, L. (1985). Techniques utilisées pour l'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des côtes françaises de manche et atlantique. *Archimer*, Ifremer.

Ferreira, A., Marquez, L., Almansa, E., Andrade, J., Lorenzo, A., et Domingues, P. (2010). The use of alternative diets to culture juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis*: effects on growth and lipid composition. *Aquaculture Nutrition*, 16, 262-275.

Forsythe, J. W., et Van Heukelem, W. F. (1987). Growth. *Cephalopod Life Cycles*, Vol 2, 135-156.

- Forsythe, J. W., DeRusha, R. H., et Hanlon, R. T.** (1994). Growth, reproduction and life span of *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Mollusca) cultured through seven consecutive generations. *Journal of Zoology*, 233(2), 175-192.
- Gras, M.** (2013). *Contribution des frayères côtières au recrutement du stock de seiche Sepia officinalis de Manche: lien entre le succès de la phase pré-recrutée et l'abondance de la ressource*. Thèse de doctorat de l'université de Caen Basse-Normandie. 152p.
- Guerra, A., et Castro, B. G.** (1988). On the life cycle of *Sepia officinalis* (Cephalopoda, Sepioidea) in the ria de Vigo (NW Spain). *Cahiers de biologie marine*, 29(3), 395-405.
- Guerra, Á.** (2006). Ecology of *Sepia officinalis*. *Vie et Milieu*, 56(2), 97-107.
- Guerra, Á., et González, J. L.** (2011). First record of predation by a tompot blenny on the common cuttlefish *Sepia officinalis* eggs. *Vie et Milieu/life and environment*, 61(1), 45-48.
- Gutowska, M. A., Pörtner, H. O., et Melzner, F.** (2008). Growth and calcification in the cephalopod *Sepia officinalis* under elevated seawater pCO₂. *Marine Ecology Progress Series*, 373, 303-309.
- Hanlon, R. T., et Messenger, J. B.** (1988). Adaptive coloration in young cuttlefish (*Sepia officinalis* L.): the morphology and development of body patterns and their relation to behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 437-487.
- Hanlon, R. T., Turk, P. E., et Lee, P. G.** (1991). Squid and cuttlefish mariculture: an updated perspective. *Journal of Cephalopod Biology*, 2(1), 31-40.
- Koueta, N., et Boucaud-Camou, E.** (1999). Food intake and growth in reared early juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca Cephalopoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1, 240.
- Koueta, N., et Boucaud-Camou, E.** (2001). Basic growth relations in experimental rearing of early juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265(1), 75-87.
- Koueta, N., Boucaud-Camou, E., et Noel, B.** (2002). Effects of enriched natural diet on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Aquaculture*, 203, 293-310.
- Koueta, N., et Boucaud-Camou, E.** (2003). Combined effects of photoperiod and feeding frequency on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. in experimental rearing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215-226.
- Langridge, K. V., Broom, M., et Osorio, D.** (2007). Selective signalling by cuttlefish to predators. *Current Biology*, 17(24), 1044-1045.
- Lee, P. G., Forsythe, J. W., DiMarco, F. P., DeRusha, R. H., et Hanlon, R. T.** (1991). Initial palatability and growth trials on pelleted diets for cephalopods. *Bulletin of marine science*, 49(1-2): 362-372.
- Lee, P. G.** (1994). Nutrition of cephalopods: fuelling the system. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 25: 35-51.
- Le Goff, R.** (1991). *Biologie et migration de la seiche Sepia officinalis dans le secteur Morbraz-Golfe du Morbihan*. Thèse de doctorat, Université de Rennes I. 333p.
- Lemaire, J.** (1971). *Étude du développement embryonnaire de Sepia officinalis*. Thèse de doctorat, Université de Lille I. 220p.
- Mangold, K., et Von Boletzky, S.** (1973). New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*. *Marine Biology*, 19(1), 7-12.
- Mangold-Wirz, K.** (1966). *Sepia officinalis* de la mer Catalane. *Vie et Milieu*, 17(2-A), 961-1012.
- Nabhitabkatar, J.** (1995). Mass culture of cephalopods. *World Aquaculture*, 26(2), 27.
- Palmeigiano, G. B., et Sequi, R.** (1981) On the possibility of the introduction of cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) in a management strategy for the coastal lagoons. *Symposium International sur les Lagunes Cotieres*, France, 1-9.
- Paulij, W. P., Herman, P. M. J., Roozen, M. E. F., et Denucé, J. M.** (1991). The influence of photoperiodicity on hatching of *Sepia officinalis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71(03), 665-678.

Perrin, A. (2004). *Etude expérimentale des capacités digestives chez la Seiche, Sepia officinalis L. (Mollusque, Céphalopode): impact de l'alimentation, indice de condition nutritionnelle et formulation d'un aliment artificiel*. Thèse de doctorat de l'université de Caen. 153p.

Pierce, G. J., Allcock, L., Bruno, I., Bustamante, P., González, A., Guerra, A., Jereb, P., Lefkaditou, E., Malham, S., Moreno, A., Pereira, J., Piatkowski, U., Rasero, M., Sánchez, P., Santos, B., Santurtún, M., Seixas, S., et Villanueva, R. (2010). *Cephalopod biology and fisheries in Europe*, ICES.

Richard, A. (1971). *Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de Sepia officinalis L. Mollusque Céphalopode*. Thèse de doctorat de l'université de Lille. 243p.

Richard, A. (1975). L'élevage de la Seiche (*Sepia officinalis* L., Mollusque, Céphalopode). *10th European symposium on marine biology*, Belgium, 1: 359-380.

Royer, J. (2002). *Modélisation des stocks de céphalopodes de Manche*. Thèse de doctorat de l'université de Caen. 243p.

Sykes, A. V., Domingues, P. M., Loyd, M., Sommerfield, A., et Andrade, J. P. (2003). The influence of culture density and enriched environments on the first stage culture of young cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture International*, 11(6), 531-544.

Sykes, A. V., Domingues, P. M., Correia, M., et Andrade, J. P. (2006). Cuttlefish culture-state of the art and future trends. *Vie et Milieu*, 56(2), 129-138.

Sykes, A. V., Pereira, D., Rodriguez, C., Lorenzo, A., et Andrade, J. P. (2013). Effects of increased tank bottom areas on cuttlefish (*Sepia officinalis*, L.) reproduction performance. *Aquaculture Research*, 44, 1017-1028.

Sykes, A. V., Koueta, N., et Rosas, C. (2014b). Historical Review of Cephalopods Culture. *Cephalopod culture*, Chap4. 492p.

Sykes, A. V., Domingues, P., et Andrade, J. P. (2014c). *Sepia officinalis*. *Cephalopod culture*, Chap11. 492p.

Toll, R. B., et Strain, C. H. (1988). Freshwater and terrestrial food organisms as an alternative diet for laboratory culture of cephalopods. *Malacologia*, 29(1), 195-200.

Zatylny, C. (2000). *Etude du contrôle de la ponte chez la seiche Sepia officinalis L.: applications à la conservation des stocks et au repeuplement dans l'Ouest Cotentin*. Thèse de doctorat de l'université de Caen. 120p

Wood, J. B., Pennoyer, K. E., et Derby, C. D. (2008). Ink is a conspecific alarm cue in the Caribbean reef squid, *Sepioteuthis sepioidea*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 367(1), 11-16.

Sites et revues consultés

CRPBN. *Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins Basse-Normandie*. [En ligne]. [Consulté le 21 Juillet 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.crpbn.fr/>.

FAO. (2015a). *Fisheries and Aquaculture Department*. [En ligne]. [Consulté le 8 Avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/fishery/species/2711/en>.

FAO. (2015b). *Département des pêches et de l'aquaculture*. [En ligne]. [Consulté le 31 Août 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Procambarus_clarkii/fr.

Le Marin. Classement des criées françaises en valeur. *Pêche française 2015*, Hors-série juillet 2015, 41-47.

NFM. Les chiffres de la pêche de Normandie. *Journal de Bord NFM*, novembre 2014, n°16.

NFM. Les prix en criées 2014. *Journal de Bord NFM*, mars 2015, n°17, 2.

ANNEXES

Annexe 1

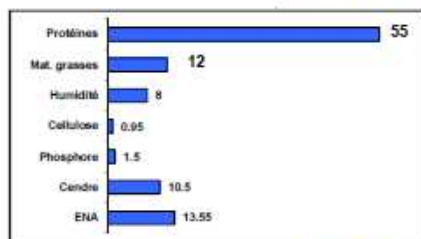


LES POISSONS MARINS

TURBOT LABEL ROUGE

ALIMENT COMPLET EXTRUDE POUR GROSSISSEMENT DE TURBOTS.

GARANTIES ANALYTIQUES - %



Cet aliment répond au cahier des charges **TURBOT LABEL ROUGE**, intègre la maîtrise du risque OGM et ne contient pas de produits d'animaux terrestres. Cette démarche est contrôlée par un organisme indépendant.

Vitamines (par kg d'aliment)

Vit. A :	10000 UI
Vit. D3 :	1750 UI
Vit. E :	200 mg
Vit. C :	250 mg

Valeurs nutritionnelles (par kg)

En. Brute :	20.0 MJ	4780 kcal
En. Dig :	18.2 MJ	4350 kcal
PD/ED :	27.5 g.MJ ⁻¹	

Acides aminés

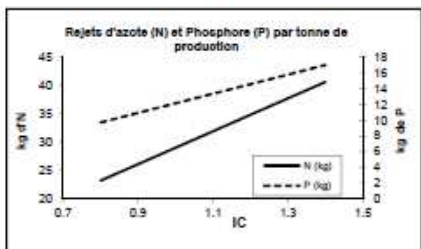
Lysine :	4.2 %
Méthionine + Cystine :	2 %

Acides gras

	%	% Mat. Gras.
Oméga 3 :	2.9	34.2
Oméga 6 :	0.9	4.2
EPA+DHA :	2.5	20.8

Composition

Farines de poissons
Pois
Gluten de blé
Blé
Huiles de poissons
Farine de krill
Acides aminés
Prémélange, Vitamines



TAILLE DES GRANULES ET USAGE

TURBOT LABEL ROUGE	0	1	2	3	4	5	7	9	11	13	15
Diamètre (mm)	1.3	1.6	2.2	3.2	4	5.5	7.5	9.5	11.5	13	15
Poids du Poisson (g)	2 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - 150	50 - 250	250 - 500	500 - 750	750 - 1000	1000 - 2000	>2000

L'aliment doit être stocké dans un endroit frais et sec.



SICA DU GOUessant - Z.I. - B.P. 40228 - 22402 LAMBALLE Cédex
Tél. 02 96 30 74 74 - Fax 02 96 30 74 32
Site Web : aqua.legouessant.com - E-mail : contact.aqua@legouessant.fr

CONDITIONNEMENT :
sac de 15kg, 20 kg, big bag, vrac.

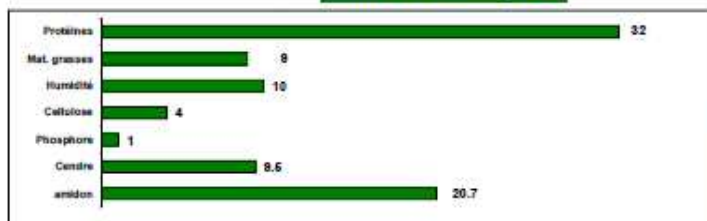


LES POISSONS D'EAU DOUCE

CARPE EXTRUDE

ALIMENT COMPLET EXTRUDE POUR GROSSISSEMENT DE POISSONS D'ETANG.

GARANTIES ANALYTIQUES - %



Vitamines (par kg d'aliment)

Vit. A :	8000 UI
Vit. D3 :	1400 UI
Vit. E :	150 mg
Vit. C :	140 mg

Valeurs nutritionnelles (par kg)

En. Brute :	16.6 MJ	3967 kcal
-------------	---------	-----------

Acides aminés

Lysine :	1.8 %
Méthionine + Cystine :	1.2 %

Acides gras

	%	% Mat. Gras.
Oméga 3 :	1.2	13.3
Oméga 6 :	1.5	16.7
EPA+DHA :	1.0	11.1

Composition

Blé
Tourteau d'extraction de soja cuit
Farines de poissons
Huiles de poissons
Tourteau de colza
Graine de soja extrudée
Lupin doux
Prémélange, Vitamines
Acides aminés

Cet aliment est conforme au socle technique commun "Nourrir sans OGM < 0,9%" et ne contient pas de produits d'animaux terrestres. Cette démarche est contrôlée par un organisme indépendant.

TABLE DE NOURRISSAGE INDICATIVE (kg d'aliment / 100 kg de biomasse / jour)

CARPE EXTRUDE	Diamètre (mm)	Poids du Poisson (g)	Température de l'eau (°C)							
			12	14	16	18	20	22	24	
2	2,5	10 - 15	2	2,7	3,4	4	4,6	5,3	6,1	
3	3,2	15 - 40	1,5	2,1	2,7	3,1	3,7	4,3	4,9	
4	4	40 - 100	1,2	1,7	2,2	2,6	3	3,4	4	
5	5,5	100 - 500	1	1,3	1,6	1,8	2,2	2,7	3,7	
7	7,5	500 - 1000	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	
9	9,5	1000 - 5000	0,5	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,8	
15	15	> 5000	0,4	0,56	0,72	0,8	0,96	1,12	1,28	

Les taux de nourrissage sont basés sur la valeur nutritionnelle de l'aliment et doivent être adaptés aux conditions locales des élevages.

CONDITIONNEMENT : Sac de 25kg, big bags.
L'aliment doit être stocké dans un endroit frais et sec.



SICA DU GOUessant - Z.I. - B.P. 40228 - 22402 LAMBALLE Cédex
Tél. 02 96 30 74 74 - Fax 02 96 30 74 32
Site Web : aqua.legouessant.com - E-mail : contact.aqua@legouessant.fr

Fiche descriptive de la composition des aliments artificiels de type granulés turbot et carpe :
représentation du profil nutritionnel, vitaminique et lipidique (%), table de nourrissage
indicative pour chaque aliment

Annexe 2

Méthodologie de la granulométrie des sédiments utilisés pour l'expérimentation du préférendum de la nature de fonds

Les échantillons ont été rincés à l'eau douce pour dessaler les sédiments et les particules fines ont été séparées des grossières par décantation. Les deux fractions ont été séchées à l'étuve. Les particules fines sont directement pesées alors que les grossières sont tamisées sur une tour de tamisage (AS 200, Retsch) comprenant 8 tamis dont les mailles sont de tailles décroissantes (8 mm à 63µm avec un refus de tamis). L'analyse de la granulométrie permet de caractériser la nature du sédiment grâce au pourcentage de chaque fraction :

Taille fraction (mm)	Poids (g)	%
8	0	0,0%
4	0,05	0,0%
2	0,14	0,1%
1	1,09	0,6%
0,5	35,84	19,2%
0,25	116,06	62,1%
0,125	33,41	17,9%
0,063	0,38	0,2%
<0, 063	0,55	0,3%
total	186,97	100%

Sable

Taille fraction (mm)	Poids (g)	%
8	0	0,0%
4	0,81	0,5%
2	1,66	1,1%
1	5,1	3,5%
0,5	7,88	5,3%
0,25	8,45	5,7%
0,125	12,12	8,2%
0,063	16,51	11,2%
<0, 063	94,89	64,4%
total	147,42	100%

Tangue

Taille fraction (mm)	Poids (g)	%
8	1,11	0,2%
4	161,34	35,5%
2	268,33	59,1%
1	21,08	4,6%
0,5	1,4	0,3%
0,25	0,42	0,1%
0,125	0,24	0,1%
total	453,92	100%

Graviers

Analyse de la granulométrie des sédiments suite à la répartition par fraction de taille (mm)



Annexe 3



Questionnaire Seiche, pour valoriser les œufs

Le Comité Régional des pêches de Basse Normandie enquête déjà sur :

- Les zones de pêche avec Valpena pour défendre la pêche au regard des nouvelles activités (câbles, éolien, hydrolien, granulats...)
- L'aspect économique et social des bulotiers avec le SMEL, pour identifier les charges, le nombre de personnes dépendantes de la pêche BULOT et mesurer l'incidence des règles de gestion

Ce questionnaire prévoit de tester votre intérêt ou non pour valoriser les œufs de seiches :

Merçi d'accueillir agréablement Déborah, stagiaire au SMEL en répondant à ses questions.

Pêcheur Mr

Le

Ponte en mer et sur les casiers

A quelle date avez-vous observé les premiers œufs de seiches cette année ?

En mer : ... Sur vos casiers :

Le gros de la ponte est-il passé ?

Où à venir ?

Pouvez-vous préciser les zones favorables à la ponte

Cette année ?

Années précédentes ?

Estimer le nombre d'œufs pondus

Quelle est la taille approximative des grappes d'œufs sur vos casiers cette année ?

Serait-il possible que je compte le nombre d'œufs sur 3 filières, par exemple, à la remontée de vos casiers en fin de période de pêche ?

Combien de filière ?

Combien de casiers ?

A quel moment comptez-vous remonter vos casiers ?

Pouvez-vous me fournir des casiers pour 2-3 semaines ? Quand puis-je venir les chercher ?

Utilisation des œufs

Que faites-vous des œufs ?

Les remettez-vous à l'eau ? Si oui de quelle façon ? (à la main ?)

Information : le taux de survie de œufs fixés sur les casiers est très bon si dégrappés à la main, l'éclosion a lieu en général au cours de la 1^o quinzaine de juillet.

Intérêt pour élevage

Avez-vous des claires ?

Connaissez-vous quelqu'un qui en possède ?

Avez-vous déjà testé de mettre des œufs dans des bassins ? Ou connaissez-vous quelqu'un qui a déjà fait cette expérimentation ?

Est-ce que l'élevage en bassin naturel (claire) vous intéresse ? Pourquoi ? Quels conseils pourriez-vous donner ?

.....

Que pensez-vous de ce projet (positif, négatif, avantages, contraintes) ?

Pensez-vous que l'élevage de petites seiches en claire est faisable ?

Plutôt pour alimentation ?

Ou pour le repeuplement ?

Autres ?

Qui pourrait être intéressé par ce projet dans votre entourage ?

Intérêt pour la valorisation

Mangez-vous ou mangeriez-vous des seiches de 50 g?

Selon vous, à quel prix pourrait se vendre le kilo de seiches de 50g ?

Commentaires :

Questionnaire criées pour la valorisation d'œufs de seiches

Je me permets de vous contacter car je travaille actuellement avec le SMEL de Blainville-sur-Mer (50) sur la mise en place d'un élevage extensif de sépiens dans des claires de 600 m³ à partir d'œufs de seiches récupérés sur les casiers des pêcheurs. L'objectif est de produire des petites seiches en quelques mois.

➤ **Vente de la seiche**

- A quelle taille commercialisez-vous les seiches ? (T10-T20-T30-T40)
- Quelle taille se vend le plus ? et quelle taille se vend le mieux ?
- Sous quelle forme est vendue la seiche et en quelle proportion ? (noir, blanc, « appât »)

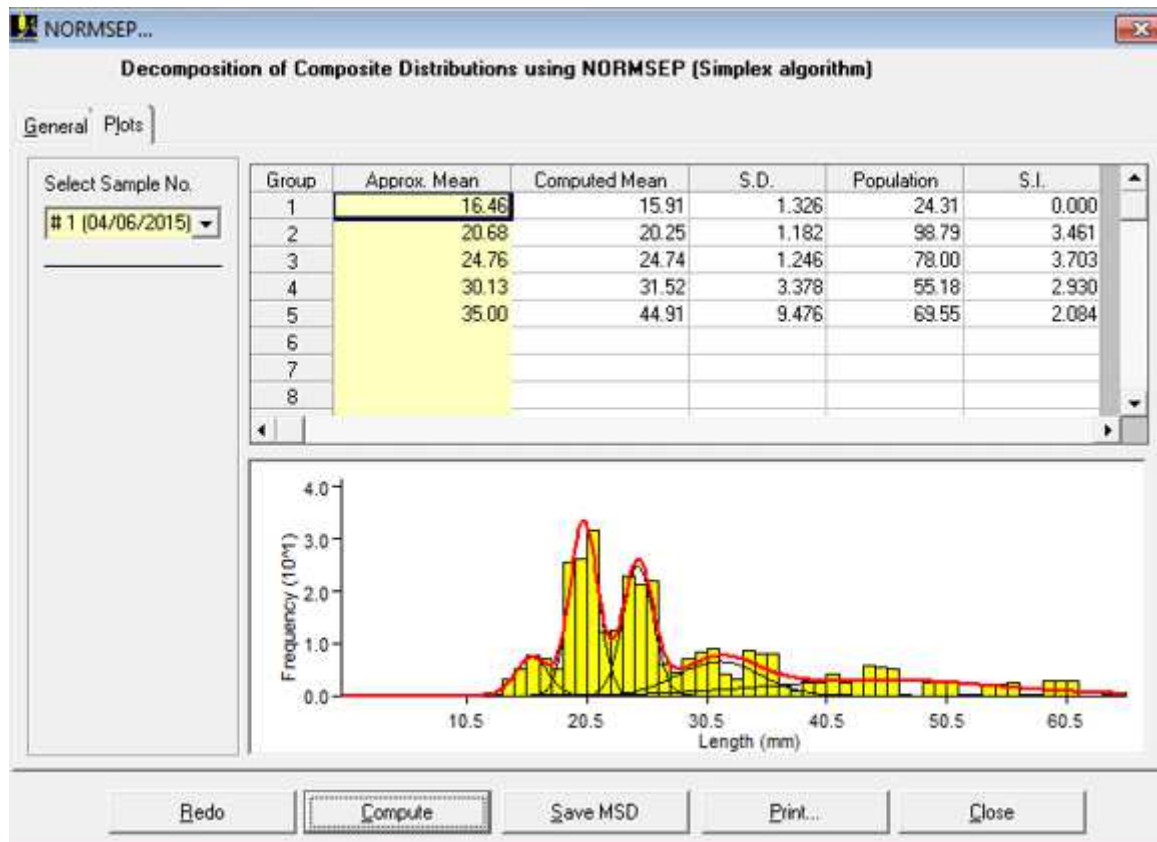
➤ **La seiche de petite taille**

- Si la T40 (<100g) est commercialisable, sous quel nom est-elle vendue ?
- Avez-vous des demandes pour la taille 40 ? A quel prix se vend le kilogramme ?
- Existe-t-il une relation prix-taille ?
- S'il existait un élevage aquacole de T40, le marché ciblerait quelle forme de produit ; du frais/vivant ou transformé ?
- Quels sont vos plus gros acheteurs de seiches ? et plus particulièrement des T30-T40 ? Quel est le tonnage moyen d'un gros acheteur ?
- Selon vous, qui seraient les potentiels acheteurs de ces seiches ? (restaurateurs, particuliers, local - exportation ?)
- S'il existait un élevage de seiches de petites tailles T30-T40 disponibles en fin d'année en octobre ou novembre, existerait-il un marché selon vous ? (national ou exportation)
- A quoi est destinée la marchandise T30-T40 non vendue ?
- Combien d'entreprises transforment la seiche et où ?
- Pourquoi les prix baissent-ils autant en criée pour les petites tailles ?
- Quels sont vos critères de qualité pour des petites tailles ?

➤ **Le marché de la seiche**

- Comment a évolué la pêche à la seiche ces dernières années (taille capturée ?) ?
- Le marché est plutôt à l'importation, à l'exportation ? national, régional ?
- Comment se positionne le marché régional et national par rapport à d'autres criées ou pays ?
- Comment expliquez-vous la fluctuation des tonnages pêchés entre les années ?
- Ce marché est-il saisonnier en relation avec la période de pêche au printemps et en été ou toute l'année en criée ?

Annexe 4



Résultats de l'analyse statistique de la distribution composite des fréquences de taille, à partir des croissances des individus de la claire semi-extensive récupérés après la vidange de fin août, mettant en évidence les différents modes.

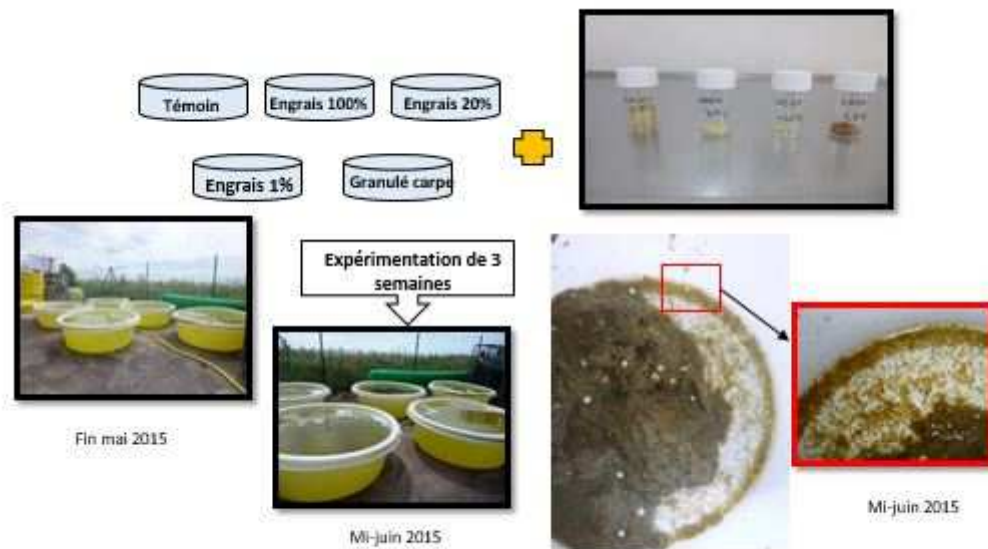
Annexe 5

Test d'un bloom phytoplanctonique/zooplanctonique avec l'eau des claires

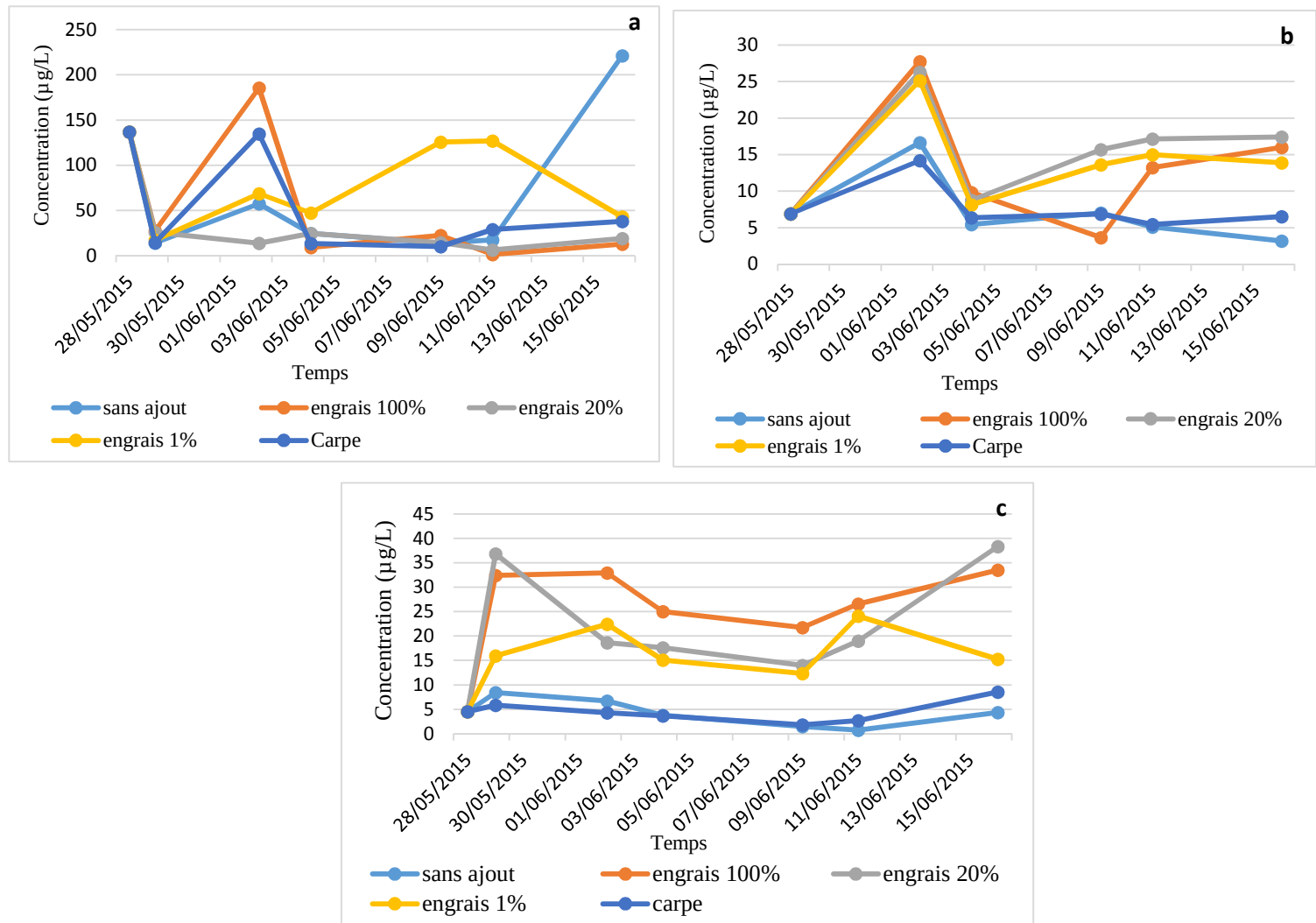
Le but de cette expérimentation préliminaire était de tester l'effet d'un enrichissement (engrais ou granulés artificiels) sur la mise en place des premiers maillons de la chaîne trophique. Afin de réaliser cette expérimentation, 5 bacs de 500 L ont été disposés à l'extérieur avec du « bullage » durant 20 jours. L'eau de mer utilisée pour ce test a été prélevée dans les claires supplémentée d'engrais N/P/K : 18/44/0 ou un aliment artificiel de type « granulé carpe » a été ajouté. L'azote de l'engrais est sous forme ammoniacal ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$).

Les quantités d'engrais ont été définies à partir des données d'ensemencement du phytoplancton au SMEL ($\text{NO}_3 = 34 \text{ g}$; $\text{PO}_4 = 47 \text{ g}$; $\text{SiO}_2 = 29 \text{ g}$ pour 2m^3), alors que celle du fertilisant « carpe » ont été calculées à partir d'un guide « technique d'élevage de la crevette » du CREAA. Une supplémentation de 12,97 g d'engrais a été distribuée selon 3 traitements : 100% en 1 fois, 20% en 5 fois et 1% en 20 fois. L'aliment « carpe » a étéensemencé à raison d'1,87 g par jour pendant la durée de l'étude. Un suivi hebdomadaire des paramètres physico-chimiques de l'eau a été réalisé ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3/\text{NO}_2$) ainsi que l'analyse de la biomasse phytoplanctonique par la méthode spectroscopique décrite précédemment. Un premier prélèvement de biomasse initiale a été tamisé sur $40 \mu\text{m}$ (2 échantillons de 40 L). L'expérience a été arrêtée au bout de 21 jours par une vidange totale et un tamisage des 5 bacs sur $250 \mu\text{m}$ puis sur 1 mm où 3 échantillons ont été conservés pour définir la biomasse finale.

Les biomasses initiales et finales n'ont pu être déterminées durant ce stage mais un effet bénéfique sur la croissance de la biomasse phytoplanctonique a été souligné. En conciliant les teneurs en composés azotés et la dynamique de croissance du phytoplancton, l'aliment « carpe » permet une croissance du phytoplancton et zooplancton tout en maintenant des taux acceptables en éléments azotés.



Plan de manipulation pour l'expérience du bloom phytoplanctonique


 Evolution de la concentration ($\mu\text{g/L}$) des composés azotés (a : NO_3 ; b : NO_2) et de la chlorophylle a (c) durant l'expérience du bloom phytoplanctonique en fonction des différents traitements

