

Réponse écophysiological de *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846) suite à un stress hypo ou hypersalin à court terme

Nadège Georges et Guyliann Engels

Promoteur : Philippe Grosjean

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un grade de Maître en Sciences Biologiques

Année académique 2017-2018

Faculté des Sciences

Université de Mons

Remerciement

Je remercie le professeur Philippe Grosjean qui m'a accueillie dans son laboratoire afin d'effectuer ce mémoire et qui a permis la mise en oeuvre de celui-ci.

Je voudrais également remercier les autres personnes du laboratoire d'Ecologie Numérique des Milieux aquatiques. Tout d'abord, je remercie Guyliann qui m'a suivie depuis le début et qui a répondu aux nombreuses questions que je pouvais avoir et qui m'a supportée tout au long de l'année dans son bureau. Je remercie Antoine, notre super technicien sans qui la mise en place de l'expérience n'aurait pas été possible. Pour finir, je remercie les autres mémorants, Thomas et Mailis, pour avoir partagé cette année.

Un dernier remerciement revient à Ayrton qui m'a soutenue dans la vie quotidienne et qui a supporté mes moments de stress, mes moments de doutes et qui était toujours là dans n'importe quelle situation.

Résumé

Réponse écophysiological de *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846) suite à un stress hypo ou hypersalin à court terme

Mots clés : *Seriatopora hystrix*, scléactinaire, écophysiologicals, salinité, photosynthèse, respirométrie

Depuis plusieurs années, les changements climatiques et les effets qu'ils engendrent sur les écosystèmes intéressent fortement les scientifiques. Dans le cadre de ce mémoire, il sera question de l'impact des changements locaux de salinité, qu'ils s'agissent d'une diminution ou d'une augmentation, sur une courte durée. En effet, ces phénomènes sont de plus en plus fréquents dû par exemple à une augmentation du taux de précipitation ou du nombre de tempêtes tropicales mais encore à l'augmentation des usines de dessalement dans les pays arides.

Le but de cette étude est de comprendre les effets des changements de salinité sur les écosystèmes coralliens et plus particulièrement sur l'espèce de scléactinaire hermatypique *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846). Pour ce faire, différents paramètres écophysiologicals tel que la respiration, la photosynthèse et la croissance sont étudiés à l'aide de chambre respirométrique où les salinités expérimentales sont fixées à 28 et 42.

Les effets engendrés sont, tout d'abord, une décoloration des boutures face aux changements de salinité, une diminution du taux de croissance, et du taux de calcification, dans les deux conditions. Ces diminutions étant plus marquées dans le cas d'une augmentation de salinité. Un autre effet important des chocs salins s'observe par la diminution de la photosynthèse nette chez l'ensemble des boutures stressées et d'une diminution de la respiration chez celles mises en conditions hypersalines. A la fin de l'expérience de salinité, le taux de croissance et la coloration ont continué à être monitorés et ont montré un retour à des conditions normales après plusieurs semaines à une salinité de 35.

L'ensemble de ces résultats montre un impact non-négligeable des changements de salinité sur cette espèce de corail. Malgré cela, d'autres études ont montré des effets espèces-spécifiques amenant à la conclusion que les effets ne peuvent être généralisés et que de plus amples études doivent être menées afin de mieux comprendre les mécanismes liés à l'impact du changement de salinité.

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Les écosystèmes coralliens	4
1.1.1	Généralités du milieu	4
1.2	Scléactiniaires hermatypiques	5
1.2.1	Taxonomie	5
1.2.2	<i>Seriatopora hystrix</i> (Dana, 1846)	6
2	But	7
3	Matériels & méthodes	8
3.1	Poids immergé et squelettique	8
4	Résultats	10
4.1	Paramètres physico-chimiques	10
4.1.1	Salinité	10
4.1.2	Température	10
4.1.3	pH	12
4.1.4	Nutriments	12
4.2	Croissance des coraux	16
4.2.1	Taux de Croissance	16
4.2.2	Photosynthèse nette	18
4.2.3	Alcalinité	18
4.3	Coloration et aspect des boutures	20
5	Discussion	21
6	Conclusion	22
A	Test	23
A.1	test1	23
	Bibliographie	24

Table des figures

1.1	Schéma représentant la distribution des récifs coralliens (en rouge) dans les océans du monde. Les zones en bleu représentent les récifs possédant des coraux en symbioses avec des zooxanthelles (Veron 2000).	5
1.2	Schéma représentant la formation des différents types de récifs. L'image représente un récif frangeant (à gauche), un récif barrière (au centre) et un atoll (à droite) et montre le lien entre la formation de ces récifs (Veron 2000)	6
3.1	Technique de mesure du poids immergé d'une bouture de <i>S.hystrix</i> (Photo : Georges Nadège)	9
4.1	Variation de la température au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises représentent les périodes de nuit	11
4.2	Variation de pH total au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises représentent les périodes de nuit.	12
4.3	Variation de la concentration en orthophosphates au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersaline dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zone grises représentent les périodes de nuit	13
4.4	Variation de la concentration en azote inorganique (A = nitrate et nitrite, B = ammonium) au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersaline dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zone grises représentent les périodes de nuit	14
4.5	Variation du phosphore organique au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.	15
4.6	Variation de l'azote organique au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.	16
4.7	Variation du taux de croissance (%/j), calculé entre chaque point de mesure du poids immergé, par condition expérimentale tout au long de l'expérience. Les lignes délimitent les différentes phases expérimentales : la phase d'acclimatation (S= 35 ; J+0 à J+29), la phase d'acclimatation aux changements de salinité (J+29 à J+32), la phase respirométrique lors du changement de salinité (J+32 à J+35), la phase de récupération (S= 35 ; J+35 à J+61). Les différentes couleurs représentent quant à elles les différentes boutures suivies lors de l'expérience.	17
4.8	Variation de l'alcalinité au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.	18

4.9	Variation de l'alcalinité moyenne (\pm écart-type) au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans les respiromètres. Les points bleus représentent le début de la phase fermée et les points rouges représentent la fin de la phase fermée. Les zones grises correspondent aux périodes de nuit. Contrôle :n=2; Hyposalin :n=3; Hypersalin :n=3	19
-----	--	----

Liste des tableaux

4.1	Salinité au cours de l'expérience	10
4.2	Taux de calcification (\pm écart-type) pour les différentes conditions expérimentales.	20

Chapitre 1

Introduction

Depuis plusieurs années, les changements climatiques et les effets qu'ils engendrent sur les écosystèmes intéressent fortement les scientifiques. Ces changements climatiques provoquent une multitude de bouleversements, notamment une hausse des températures, qui est un des sujets d'étude principal, mais cette hausse a bien d'autres conséquences comme l'augmentation de l'intensité et de la puissance des cyclones, ouragans, typhons, ... (Webster et al. 2005) qui peuvent provoquer d'énormes dégâts sur les écosystèmes marins (Scoffin 1993). Parmi les effets de ces événements climatiques extrêmes, l'apport massif d'eau douce par les pluies torrentielles peut provoquer, localement, des diminutions importantes de la salinité (P L Jokiel et al. 1993).

De plus, l'impact anthropique génère également des dérèglements, tels que l'augmentation des gaz à effet de serre provoquant une baisse du pH marin, le déversement de polluants, l'impact direct sur la structure des écosystèmes dû par exemple à la pêche ou au tourisme et bien d'autres phénomènes encore (Barange et al. 2010; Cesar, Burke, and Pet-Soede 2003). Ainsi, le développement d'usines de désalinisation de l'eau de mer pour produire de l'eau potable dans les régions arides tel qu'autour de la Mer Rouge, peut également provoquer une augmentation locale de la salinité (Roberts, Johnston, and Knott 2010) .

Dans un contexte de changements globaux et significatifs des habitats marins, la question principale concernant le vivant est de savoir s'il est capable de les supporter (résistance ou résilience), ou si nous allons assister à un remaniement complet de biocénose sur terre. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéresserons plus particulièrement aux capacités à supporter des changements de salinité d'un scléactiniaire hermatypique : *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846).

1.1 Les écosystèmes coralliens

1.1.1 Généralités du milieu

Apparu il y a 65 millions d'années, les récifs coralliens sont des écosystèmes extrêmement riches et considérés comme les plus anciens de notre planète (McIntyre 2010, Veron (2000)). Ils recouvrent une superficie d'environ 250 000 km² et sont très souvent comparés à la forêt tropicale avec laquelle ils partagent de nombreuses caractéristiques (Richmond and Wolanski 2011, Rosenberg et al. (2007)).

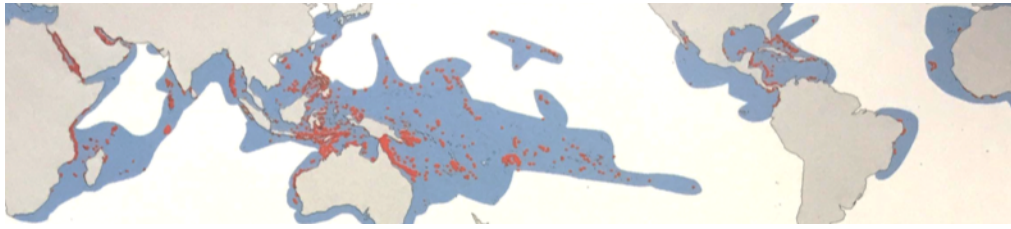


FIGURE 1.1 – Schéma représentant la distribution des récifs coralliens (en rouge) dans les océans du monde. Les zones en bleu représentent les récifs possédant des coraux en symbioses avec des zooxanthelles (Veron 2000).

La richesse que renferme ces écosystèmes est énorme. En effet, ils possèdent la plus grande diversité par unité de surface ainsi que la plus grande diversité d'habitat formé par les milliers d'espèces de coraux qui les peuplent (McIntyre 2010). Ces écosystèmes se sont formés grâce à l'association particulière des Scléractiniaires avec des algues photosynthétiques du genre *Symbiodinium*, les zooxanthelles, menant à une symbiose mutualiste permettant la prolifération de ces coraux symbiotiques dans ces environnements éventuellement très oligotrophes.

Cet écosystème marin, bien que fortement diversifié, ne se trouve que dans une zone délimitée du globe (Figure 1.1). Les récifs coralliens se développent dans des régions caractérisées par des conditions précises (L. Burke et al. 2011) telles qu'une oligotrophie de l'eau, une forte irradiance, une température de l'eau variant entre 18°C et 34°C toute l'année et dont les variations sont faibles, et une turbidité de l'eau peu présente afin de permettre le passage de la lumière jusqu'au récif. Ces conditions très précises ne se trouvent qu'entre les tropiques, soit entre 30°N et 30°S. Il est à noter que certains récifs se forment dans des conditions toutes autres, tel que démontré récemment en Amazonie où un récif a été découvert à plus de 200m de profondeur et appelé « The Great Amazon Reef System » (Francini-Filho et al. 2018) ou au Japon où la température chute régulièrement entre 11-14°C (Veron 2000).

Les récifs intertropicaux sont construits par des scléractinaires dits hermatypiques (décrits dans la section 1.2). Trois grands types de récifs existent sur Terre et dérivent les uns des autres Figure 1.2 : les récifs frangeants, les récifs barrière et les atolls (Veron 2000, Cesar, Burke, and Pet-Soede (2003)). Les récifs frangeants sont des récifs se formant sur les bords du littoral et se trouvent par conséquent proches des côtes où ils forment un platier de faible profondeur appelé « le lagon ». Ce type de récifs est retrouvé, par exemple, autour de l'île de la Réunion. Le récif barrière quant à lui forme une structure plus éloignée des côtes comme observée au niveau de la Grande Barrière de Corail en Australie et provient d'un enfoncement progressif des terres. Pour finir, les atolls sont des structures retrouvées en pleine mer et sont de forme circulaire renfermant le lagon. Ce type de récifs se forme par enfoncement et disparition de l'île autour de laquelle il s'est formé. Les atolls peuvent être observés, par exemple, aux Maldives.

1.2 Scléractiniaires hermatypiques

1.2.1 Taxonomie

La définition du mot « corail » est très ambiguë et peut être plus ou moins spécifique en fonction du contexte. Dans le cadre de ce mémoire, le terme corail sera employé pour

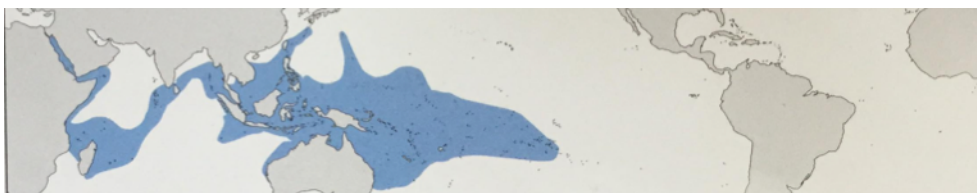


FIGURE 1.2 – Schéma représentant la formation des différents types de récifs. L'image représente un récif frangeant (à gauche), un récif barrière (au centre) et un atoll (à droite) et montre le lien entre la formation de ces récifs (Veron 2000)

décrire les scléactiniaires hermatypiques ou dits « coraux bâtisseurs de récifs ». Les Scléactiniaires sont des animaux classés dans l'embranchement des Cnidaires, au même titre que les méduses et les anémones, et se divisent en 4 classes : les Anthozoa, les Hydrozoa, les Cubozoa et les Scyphozoa (Hidaka 2016)). La plupart des coraux hermatypiques se retrouvent principalement dans la classe des Anthozoa et plus précisément dans l'ordre des Scleractinia appartenant à la sous-classe des Hexacorallia. Ces espèces se caractérisent, comme leur nom l'indique, par une symétrie d'ordre six pouvant être visible au nombre de tentacules que possède chaque polype ou au nombre de mésentères présents dans le coelenteron. Le corail regroupe des scléactiniaires dits « hermatypiques » caractérisés par cette symbiose mutualiste avec des dinoflagellés du genre *Symbiodinium* (???,Karako, Stambler, and Dubinsky (2002)). La présence de ces algues photosynthétiques leur permet la production d'une grande quantité de squelettes sous forme de carbonate de calcium ($CaCO_3$) et permet de les qualifier de bâtisseurs de corail. Cependant, il est bon de préciser que tous les scléactiniaires zooxanthellates ne rentrent pas forcément dans cette catégorie.

1.2.2 *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846)

L'espèce étudiée dans le cadre de ce travail est *Seriatopora hystrix* Dana, 1846. Elle fait partie de la famille de Pocilloporidae et se retrouve dans des récifs possédant une distribution Indo-Pacifique généralement de faible profondeur (platier intertidaux) comme le montre la ?? (Veron 2000).



Chapitre 2

But

Dans ce travail, il est question d'étudier l'impact des changements de salinité sur l'espèce de scléactiniaire hermatypique *Seriatopora hystrix* (Dana, 1846) à court-terme. En effet, les changements de ce paramètre sont assez peu étudiés, alors que ce type de modifications environnementales sont fréquentes dans le milieu naturel.

Nous simulerons, de manière expérimentale, les variations de salinité observées à l'échelle locale telles qu'elles apparaissent fréquemment dans certaines parties du monde dues à l'augmentation des tempêtes tropicales ou au taux de précipitations menant à l'augmentation du ruissellement ayant un impact sur les récifs proches des embouchures. De même, nous simulerons expérimentalement le phénomène inverse dû, par exemple, à l'installation d'usines de dessalement sur les côtes de pays où la disponibilité en eau douce est faible. Nous nous focaliserons sur les effets sur l'écophysiologie du corail, qui sont encore mal connus.

Afin d'émettre les premières hypothèses sur l'impact de stress salins, des paramètres vitaux tels que la photosynthèse seront étudiés à l'aide de chambres respirométriques. Les effets de variation de salinité sur la croissance, l'assimilation des nutriments et le taux de calcification seront également quantifiés.

Chapitre 3

Matériels & méthodes

3.1 Poids immergé et squelettique

La masse squelettique des boutures utilisées lors de ce mémoire est mesurée de manière régulière afin de suivre leur croissance au cours du temps. Pour cela, chaque bouture est pesée en immersion dans l'eau de mer afin d'éviter un stress inutile qu'engendrerait une pesée hors de l'eau. La balance (Sartorius LE823P, Allemagne) utilisée est munie d'un crochet permettant de suspendre la bouture par son fil de nylon dans un récipient rempli de la même eau de mer d'où provient la bouture (Figure 3.1). De plus, la salinité et la température de l'eau sont mesurées (salinomètre WTW Cond 340i, Allemagne) afin de déterminer précisément la densité de l'eau de mer utilisée lors de la pesée.

Le poids squelettique des boutures est déterminé à partir de la mesure de poids immergé, de la densité du squelette en aragonite et de la densité de l'eau de mer utilisée pour celle-ci (Paul L. Jokiel, Maragos, and Franzisket 1978). Dans un premier temps, la densité de l'eau de mer est déterminée par l'équation d'état de l'eau de mer à l'aide des mesures de températures et de salinité. Dans un second temps, le poids squelettique est déterminé à l'aide l'équation 3.1 :

$$P_{squelettique} = \frac{P_{immerg}}{\frac{1-\rho_{eau}}{\rho_{squelette}}} \quad (3.1)$$

Où P_{immerg} correspond au poids immergé de la bouture considérée, ρ_{eau} correspond à la densité de l'eau de mer calculée, grâce aux données de salinité et de température, par l'intermédiaire de l'équation d'état de l'eau de mer et $\rho_{squelette}$ correspond à la densité de l'aragonite formant le squelette de la bouture.

La détermination du poids squelettique a une importance primordiale dans le cadre des expériences de salinité effectuées dans ce mémoire. En effet, la densité de l'eau est directement liée à température et la salinité et ce dernier paramètre variera fortement lors de la phase expérimentale. Cette conversion permettra donc de standardiser les poids immergés et donc d'avoir des mesures comparables dans le temps.

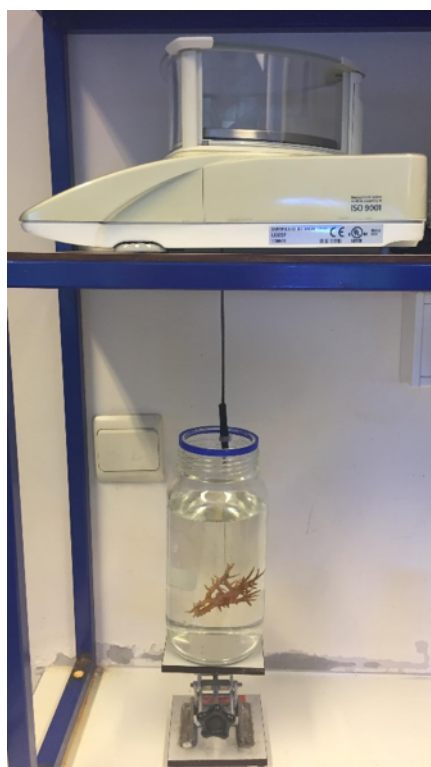


FIGURE 3.1 – Technique de mesure du poids immergé d'une bouture de *S.hystrix* (Photo : Georges Nadège)

Chapitre 4

Résultats

4.1 Paramètres physico-chimiques

4.1.1 Salinité

Les variations de salinité au cours de l'expérience n'ont lieu que lors du démarrage et de l'arrêt de l'expérience. Ces changements ont été effectués sur une durée de 6 heures. Dans l'aquarium hypersalin, une salinité de 41.7 ± 0.2 est obtenue avec l'ajout d'eau de mer sursalée alors que l'aquarium hyposalin atteint une salinité de 27.9 ± 0.5 avec l'ajout d'eau osmosée. Les ajouts ont été réalisés progressivement en contrôlant après chaque ajout la valeur de salinité afin de ne pas dépasser les valeurs expérimentales souhaitées. Lors du retour à la salinité initiale de 35 dans les bacs expérimentaux, le système de connections entre les différentes parties du mésocosme A est rétabli afin de permettre une communication des eaux entre les 3 bacs et ainsi revenir progressivement à une salinité homogène dans l'entièreté du mésocosme A.

Au cours de l'expérience, la salinité est restée stable Table 4.1 avec des variations d'une ou deux unités dues à l'évaporation de l'eau mais ont été compensées par ajout d'eau osmosée dans le système.

4.1.2 Température

Au cours de l'expérience, les températures présentent une variation journalière avec une augmentation de jour et une diminution de nuit (Figure 4.1). Il est à noter que les variations de température sont plus importantes dans le bac expérimental hyposalin que dans les deux autres bacs.

TABLE 4.1 – Salinité au cours de l'expérience

Conditions	Moyenne	Ecart-type
Contrôle	35.20	0.22
Hyposalin	27.88	0.49
Hypersalin	41.71	0.24

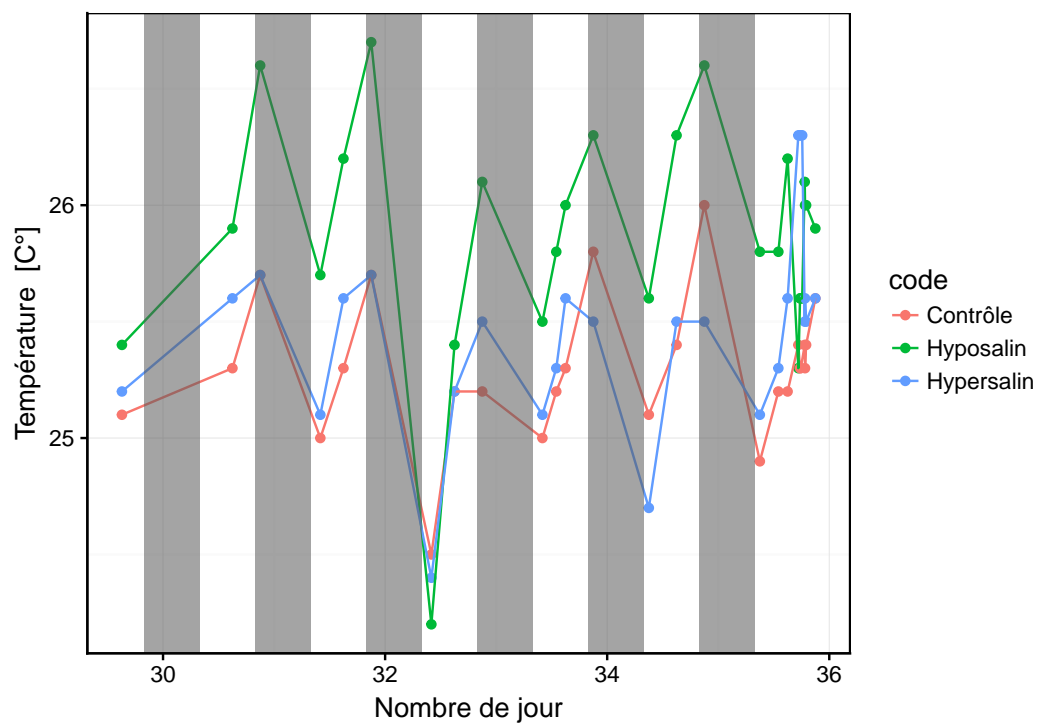


FIGURE 4.1 – Variation de la température au cours de l'expérience d'hypo- et d'hyper-salinité dans le bac contrôle (rouge) et les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises représentent les périodes de nuit

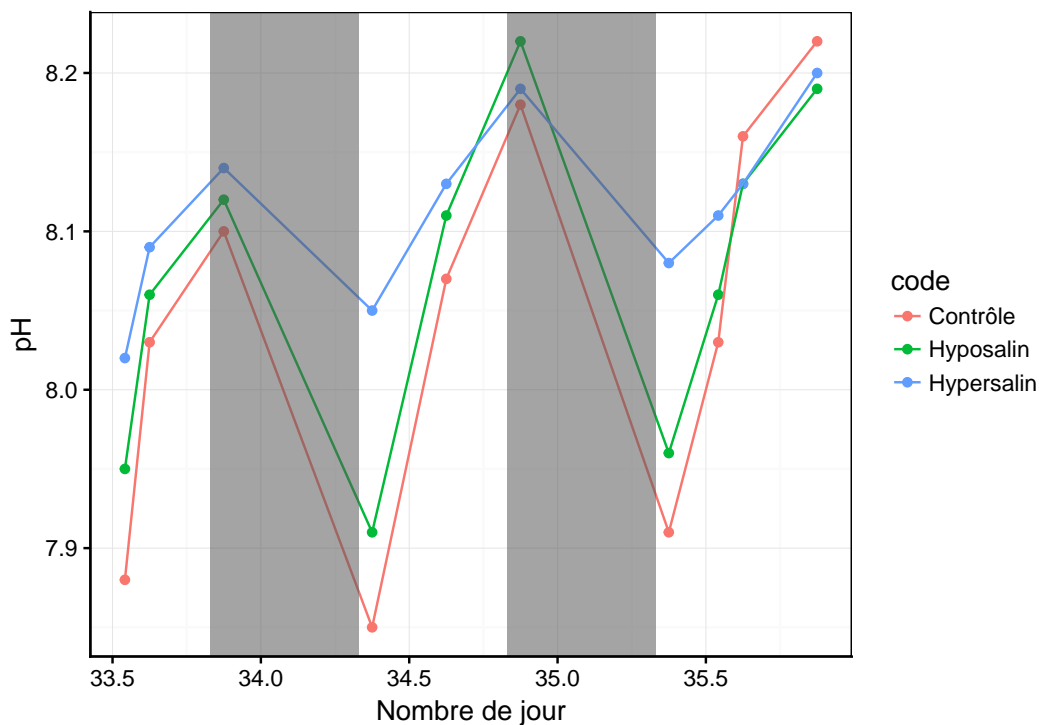


FIGURE 4.2 – Variation de pH total au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises représentent les périodes de nuit.

4.1.3 pH

Les variations de pH total au sein des différents bacs se produisent entre le jour et la nuit (??). En effet, la valeur de pH total augmente lorsque les éclairages sont allumés et diminue lorsque ceux-ci sont éteints, montrant une variation diurne de ce paramètre .

Les variations de jour et de nuit suivent les mêmes tendances entre le bac contrôle et le bac hyposalin. En ce qui concerne le bac hypersalin, les variations entre le jour et la nuit sont moins importantes que pour les deux autres conditions.

4.1.4 Nutriments

4.1.4.1 Orthophosphates

La variation des orthophosphates dans les différents bacs (Figure 4.3) suit une tendance où la concentration diminue de jour et augmente de nuit. Cela est visible facilement pour le bac contrôle alors que cette variation ne commence à apparaître clairement qu'à partir du jour 31 dans les deux bacs expérimentaux. Il est à noter qu'au cours de l'expérience, la concentration en orthophosphates est plus élevée dans le bac contrôle que dans les bacs expérimentaux. Au niveau des bacs expérimentaux, la concentration est plus basse dans le bac hyposalin mais les valeurs deviennent semblables à celle du bac hypersalin à partir du jour 33.

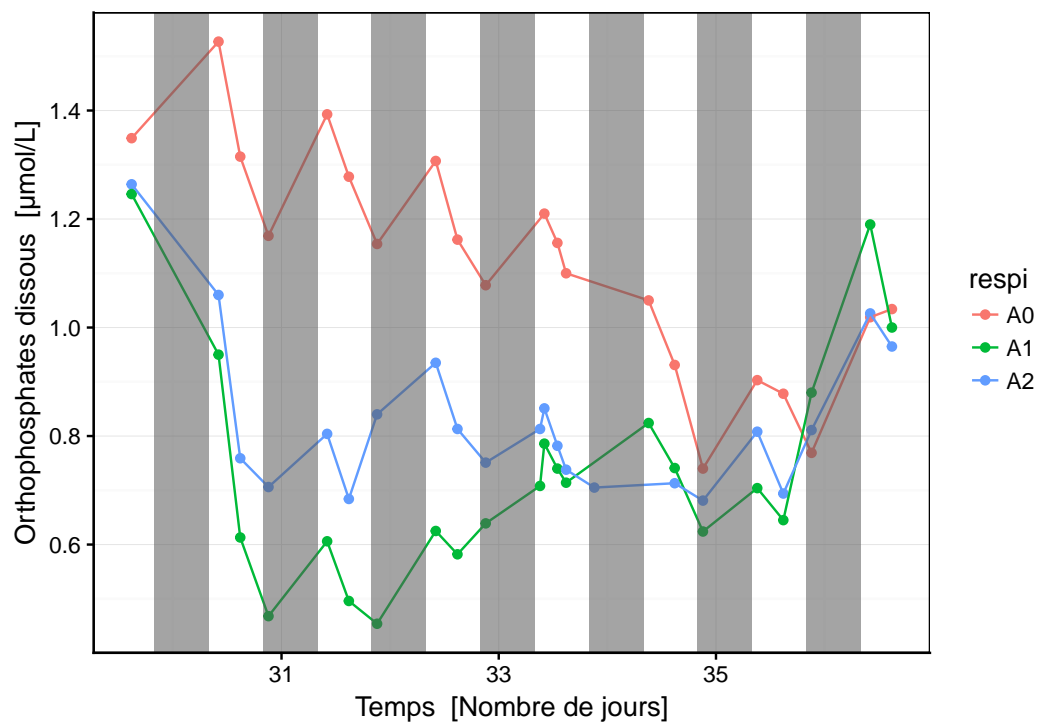


FIGURE 4.3 – Variation de la concentration en orthophosphates au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersaline dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zone grises représentent les périodes de nuit

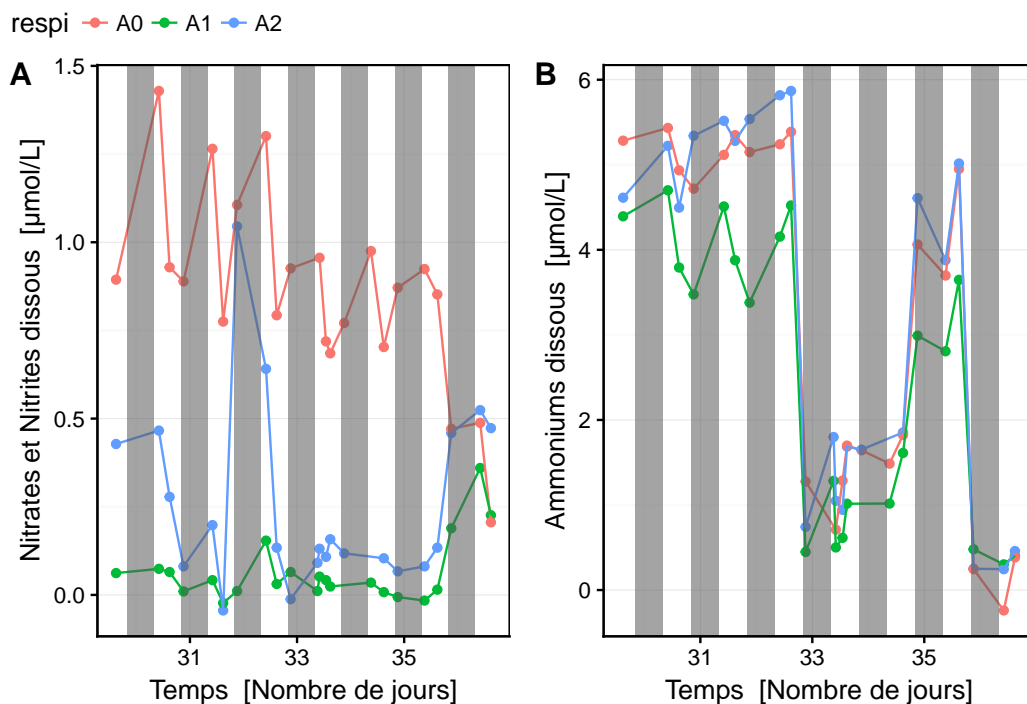


FIGURE 4.4 – Variation de la concentration en azote inorganique (A = nitrate et nitrite, B = ammonium) au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersaline dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zone grises représentent les périodes de nuit

4.1.4.2 Azote inorganique

L'azote inorganique considéré regroupe les ions nitrates (NO_3^-), les ions nitrites (NO_2^-) et les ions ammoniums (NH_4^+). Les variations de la concentration en azote inorganique se marquent dans les bacs par une diminution de jour et une augmentation de nuit (Figure 4.4). En ce qui concerne les valeurs de concentration, elles semblent proches entre la condition contrôle et la condition hypersaline tandis que la condition hyposaline montre des valeurs en azote plus faibles. Une diminution est également visible à partir du jour 33 jusqu'à la fin de l'expérience menant pour la condition hyposalin a des valeurs proches de zéro.

4.1.4.3 Phosphore total dissous

Les variations de phosphore dans le bac contrôle ainsi que les bacs expérimentaux suivent une tendance où la concentration diminue de jour et augmente de nuit (Figure 4.5). Cette tendance est tout de même plus instable à partir du jour 34. La concentration en phosphore organique possède des valeurs plus élevées dans le bac contrôle comparé aux expérimentaux où la condition hyposaline montre la valeur la plus faible au cours de l'expérience.

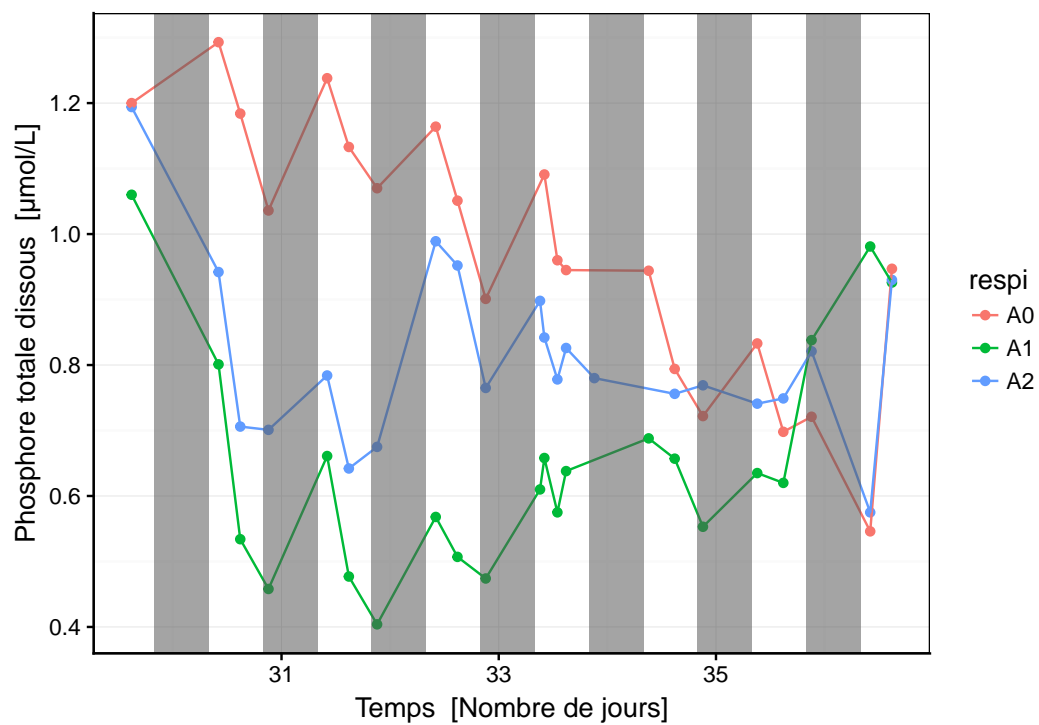


FIGURE 4.5 – Variation du phosphore organique au cours de l'expérience d'hypo- et d'hyper-salinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.

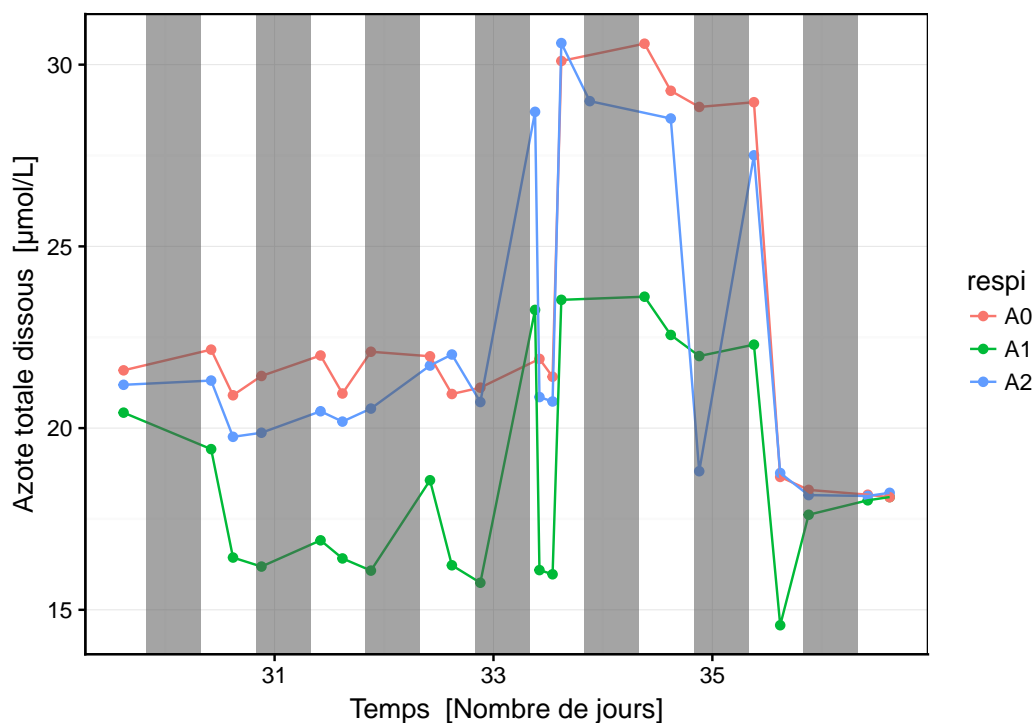


FIGURE 4.6 – Variation de l’azote organique au cours de l’expérience d’hypo- et d’hyper-salinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.

4.1.4.4 Azote organique

Les variations d’azote organique dans les trois bacs (Figure 4.6) sont de manière générale assez stables de jour et de nuit. Il faut tout de même noter la présence d’une variation plus importante à partir du jour 33 mais elles redeviennent stables à partir de la fin du jour 35. De plus, comme observé généralement pour les autres nutriments, la concentration en azote organique est plus faible dans la condition hyposalin tandis que les valeurs sont assez proches entre le bac contrôle et le bac hypersalin.

4.2 Croissance des coraux

4.2.1 Taux de Croissance

L’évolution du taux de croissance tout au long de l’expérience est présentée à la 4.7. Lors de la phase d’acclimatation, l’ensemble des boutures ont été maintenues dans le bac contrôle et montrent une augmentation du taux de croissance pour atteindre une croissance moyenne de $1,2 \pm 0,2 \text{ \%}/j$ ($n = 16$) à la fin de cette période.

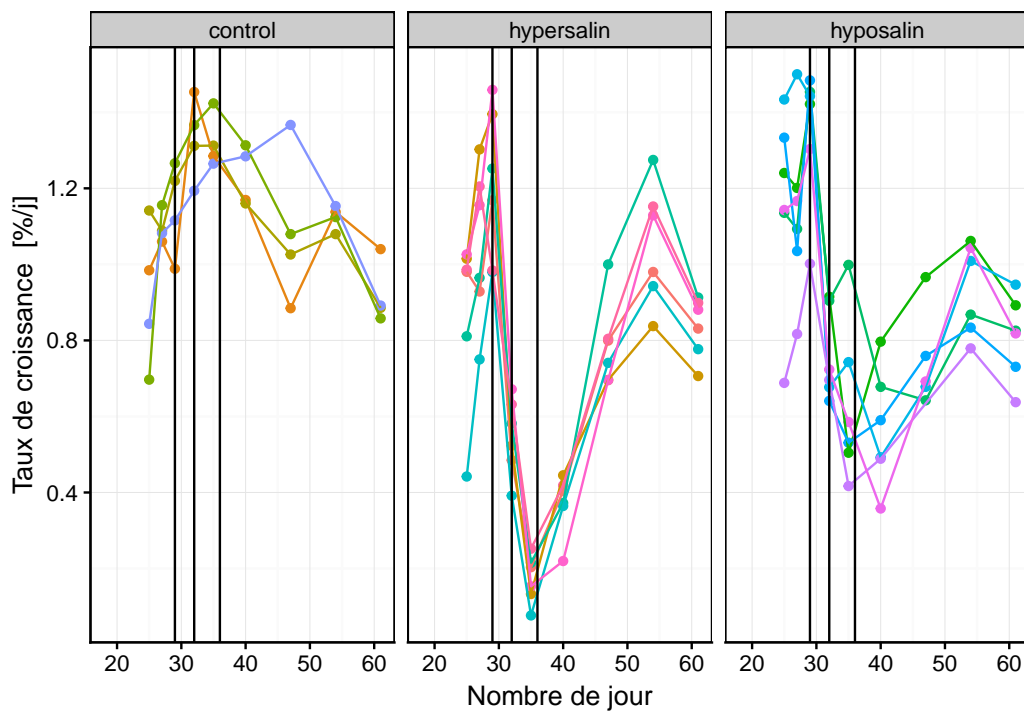


FIGURE 4.7 – Variation du taux de croissance (%/j), calculé entre chaque point de mesure du poids immergé, par condition expérimentale tout au long de l'expérience. Les lignes délimitent les différentes phases expérimentales : la phase d'acclimation ($S=35$; $J+0$ à $J+29$), la phase d'acclimation aux changements de salinité ($J+29$ à $J+32$), la phase respirométrique lors du changement de salinité ($J+32$ à $J+35$), la phase de récupération ($S=35$; $J+35$ à $J+61$). Les différentes couleurs représentent quant à elles les différentes boutures suivies lors de l'expérience.

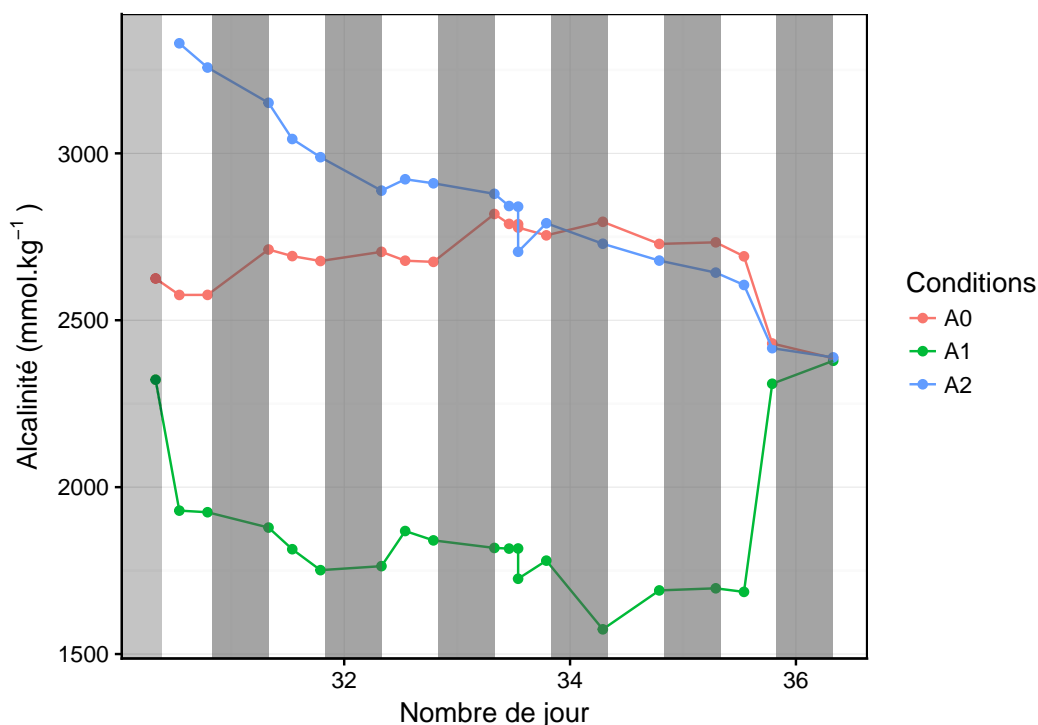


FIGURE 4.8 – Variation de l'alcalinité au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans le bac contrôle (rouge) et dans les bacs expérimentaux (bleu et vert). Les zones grises correspondent aux périodes de nuit.

4.2.2 Photosynthèse nette

4.2.3 Alcalinité

La mesure des variations d'alcalinité permet de calculer le taux de calcification à l'aide de la formule mentionnée dans la partie Matériels et Méthodes.

Les valeurs d'alcalinité dans les différents bacs (Figure 4.8) sont différentes en fonction de la condition ; l'alcalinité dans la condition contrôle est stable avec une valeur moyenne ($n = 20$) de 2680 ± 115 mmol par kilogrammes de solution tandis que les valeurs moyennes ($n = 20$) dans la condition hyposaline sont de 1869 ± 219 mmol.kg-1, dû à l'ajout d'eau osmosée lors du changement de salinité, et de 2842 ± 250 mmol.kg-1 ($n = 20$) pour la condition hypersaline, accompagnée d'une diminution progressive tout au long de l'expérience. Les différences d'alcalinité étant liées aux variations de salinité, il n'est pas question de les homogénéiser entre les conditions expérimentales. Il faut cependant garder à l'esprit qu'il s'agit alors ici d'une co- variable importante, surtout en ce qui concerne la croissance du squelette. Au niveau des respiromètres (Figure 4.9), lors des cycles fermés, l'alcalinité diminue dans les trois conditions montrant une assimilation pour la calcification du squelette calcaire. Malgré la tendance commune de diminution, les variations semblent plus importantes dans la condition contrôle que dans les conditions expérimentales. Dans ces dernières, la condition hypersaline semble être celle où les boutures assimilent le moins. Afin de mieux observer ces différences, le taux de calcification est calculé (Table 4.2) en fonction du jour et de la nuit.

Le taux de calcification (Table 4.2) de jour diminue dans les conditions expérimentales

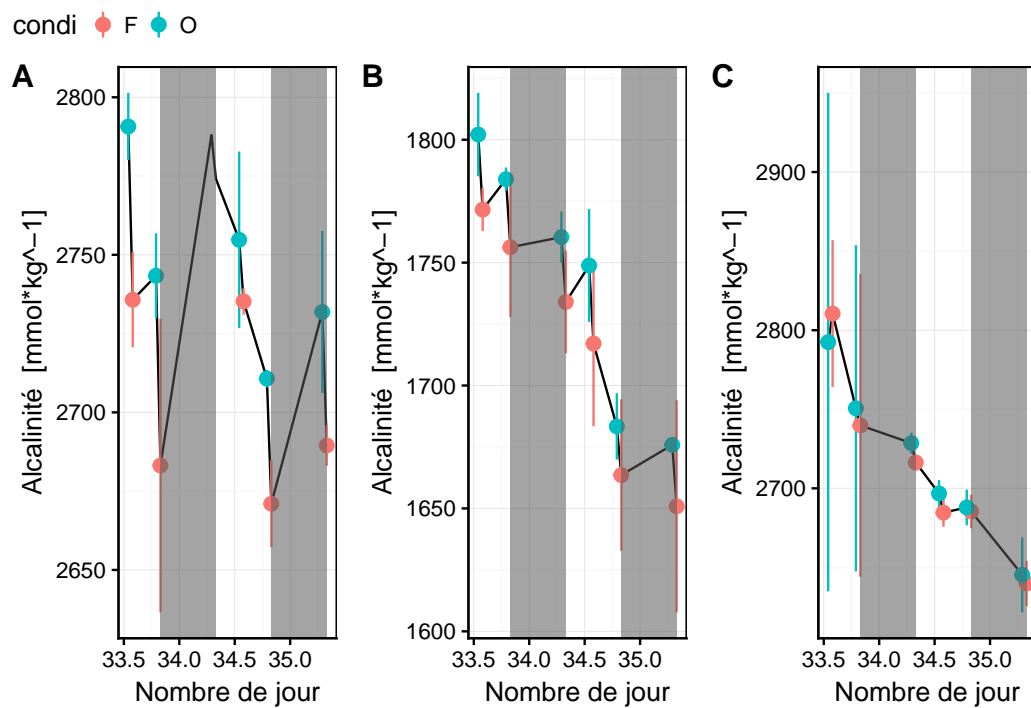


FIGURE 4.9 – Variation de l'alcalinité moyenne (\pm écart-type) au cours de l'expérience d'hypo- et d'hypersalinité dans les respiromètres. Les points bleus représentent le début de la phase fermée et les points rouges représentent la fin de la phase fermée. Les zones grises correspondent aux périodes de nuit. Contrôle :n=2 ; Hyposalin :n=3 ; Hypersalin :n=3

TABLE 4.2 – Taux de calcification (\pm écart-type) pour les différentes conditions expérimentales.

Conditions	Taux calcification moyen (jour)	Taux calcification moyen (nuit)
Contrôle	3.64 \pm 1.65	2.75 \pm 1.4
Hyposalin	2.44 \pm 1.54	2.25 \pm 1.22
Hypersalin	1.11 \pm 1.08	1.21 \pm 1.07

comparées au contrôle. Cette diminution est plus faible dans la condition hyposaline (1,5 fois plus bas) que dans la condition hypersaline (2,8 fois plus bas). Une ANOVA à 2 facteurs est réalisée afin de comparer les 3 conditions ainsi que la période (Jour & Nuit). Une différence significative des moyennes est obtenue au seuil alpha de 5% uniquement par la condition. Une analyse de comparaison multiple de Tukey indique uniquement qu'un stress hypersalin réduit la calcification par rapport à la condition de contrôle.

4.3 Coloration et aspect des boutures

Au cours des changements de salinités, les boutures placées dans les conditions hyposaline et hypersaline ont montré une légère décoloration (Fig. 32), passant du brun foncé à un brun plus clair, et aucune bouture n'est morte pendant l'expérience.

Lors de la phase de récupération, la coloration des boutures a également été monitorée. L'ensemble des boutures a regagné petit à petit leur coloration initiale et au terme de cette période, aucune mortalité n'est à signaler.

Un autre aspect visuel monitoré, mais non photographié, est l'état des polypes des boutures. En effet, il a été remarqué que dans les conditions expérimentales, les polypes n'étaient pas totalement sortis lors d'une exposition hyposaline et complètement rétractés dans le squelette lors d'une exposition hypersaline. Dans le cas des conditions contrôles, les polypes étaient bien visibles et donc complètement sortis.

Chapitre 5

Discussion

test de citation 4.1.1

Exemple d'équation avec référence, voir éq. 5.1 :

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \tag{5.1}$$

Chapitre 6

Conclusion

La salinité est une variable environnementale importante pour l'holobionte corallien. Cette étude a permis de montrer que la variation de salinité, même faible et sur une courte durée, impacte négativement l'espèce *S. hystrix*. Toutefois, cette espèce de corail hermatypique fait preuve d'une forte résilience dans ces conditions puisqu'au terme de l'expérience aucune mortalité n'a été observée et tous les individus ont récupéré (y compris leur coloration) en l'espace d'un mois.

Cependant, les études menées sur d'autres espèces de corail montrent une sensibilité ou résistance différente quant aux variations de salinité dépendant de facteurs tels que (1) l'amplitude de la variation saline, (2) la durée de cette variation, (3) la sensibilité de l'espèce ainsi que le clade de zooxanthelles présent dans les tissus coralliens. Par conséquent, les résultats obtenus au cours de ce mémoire montrent une influence non négligeable d'un choc hypo- ou hypersalin mais ne sont pas applicables à toutes les espèces formant les récifs.

Ils donnent un premier aperçu et permettent l'élaboration de pistes quant à une meilleure compréhension des effets des chocs salins comme notamment par :

- 1. L'étude du clade de zooxanthelles présent dans les tissus coralliens afin de déterminer si un clade particulier présente une plus grande résistance à l'instar du clade D permettant une meilleure résistance aux stress thermiques
- 2. Une étude histologique des tissus permettant de mettre en évidence un changement de volume cellulaire ou des dégâts au niveau tissulaire
- 3. La comparaison entre espèces face à des conditions similaires afin de mettre en évidence les mécanismes de résistance.
- 4. L'étude des chocs hypersalins, moins documentés que les chocs hyposalins, qui peuvent être notamment associés aux processus de dessalement dont l'utilisation dans les pays arides ne cesse d'augmenter à l'heure actuelle.
- 5. Un timing différent, calqué sur différents scénarios effectivement observés dans le milieu naturel, et donc également avec des épisodes de désalure plus longs.

Annexe A

Test

A.1 test1

TODO

Bibliographie

- Barange, Manuel, John G. Field, Will Steffen, Roger P. Harris, Eileen E. Hofmann, R. Ian Perry, and Francisco Werner. 2010. *Marine Ecosystems and Global Change*. Edited by Manuel Barange, John G. Field, Roger P. Harris, Eileen E. Hofmann, R. Ian Perry, and Francisco Werner. Oxford University Press. doi :10.1093/acprof :oso/9780199558025.001.0001.
- Burke, Lauretta, K Reytar, Mark D. Spalding, and A Perry. 2011. *Reefs at risk Revisited in the Coral Triangle*. doi :10.1016/0022-0981(79)90136-9.
- Cesar, Herman ; Lauretta ; Burke, and Lida Pet-Soede. 2003. "The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation." *Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem, and WWF-Netherlands*. doi :10.1016/j.jenvp.2004.10.001.
- Francini-Filho, Ronaldo B, Nils E Asp, Eduardo Siegle, John Hocevar, Kenneth Lowyck, Nilo D'Avila, Agnaldo A Vasconcelos, et al. 2018. "Perspectives on the Great Amazon Reef : Extension, Biodiversity, and Threats." *Frontiers in Marine Science* 5 : 142. doi :10.3389/fmars.2018.00142.
- Hidaka, Michio. 2016. "Life History and Stress Response of Scleractinian Corals." In *Coral Reef Science : Strategy for Ecosystem Symbiosis and Coexistence with Humans Under Multiple Stresses*, edited by Hajime Kayanne, 1–24. Tokyo : Springer Japan. doi :10.1007/978-4-431-54364-0_1.
- Jokiel, P L, C L Hunter, S Taguchi, and L Watarai. 1993. "Ecological impact of a fresh-water ?reef kill ? in Kaneohe Bay, Oahu, Hawaii." *Coral Reefs* 12 (3-4) : 177–84. doi :10.1007/BF00334477.
- Jokiel, Paul L., JE Maragos, and L Franzisket. 1978. "Coral growth : buoyant weight technique." In *Coral Reefs : Research Methods*, edited by Bernan Associates, 541. October. UNESCO.
- Karako, S, N Stambler, and Z Dubinsky. 2002. "The Taxonomy and Evolution of the Zooxanthellae-Coral Symbiosis." In *Symbiosis : Mechanisms and Model Systems*, edited by Joseph Seckbach, 539–57. Dordrecht : Springer Netherlands. doi :10.1007/0-306-48173-1_34.
- McIntyre, Alasdair D. 2010. *Life in the World's Oceans : Diversity, Distribution, and Abundance*. doi :10.1002/9781444325508.
- Richmond, Robert H, and Eric Wolanski. 2011. "Coral Research : Past Efforts and Future Horizons." In *Coral Reefs : An Ecosystem in Transition*, edited by Zvy Dubinsky and Noga Stambler, 3–10. Dordrecht : Springer Netherlands. doi :10.1007/978-94-007-0114-4_1.
- Roberts, David A, Emma L Johnston, and Nathan A Knott. 2010. "Impacts of desalination plant discharges on the marine environment : A critical review of published studies."

Water Research 44 (18) : 5117–28. doi :<https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.04.036>.

Rosenberg, Eugene, Omry Koren, Leah Reshef, Rotem Efrony, and Ilana Zilber-Rosenberg. 2007. “The role of microorganisms in coral health, disease and evolution.” *Nature Reviews Microbiology* 5 (March). Nature Publishing Group : 355. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1635> <http://10.0.4.14/nrmicro1635>.

Scoffin, T P. 1993. “The geological effects of hurricanes on coral reefs and the interpretation of storm deposits.” *Coral Reefs* 12 (3) : 203–21. doi :10.1007/BF00334480.

Veron, Jen. 2000. *Corals of the world Vol 1-3*. Edited by Mary Stafford-Smith. Townsville MC, Australia : Australian Institute of Marine Science.

Webster, P J, G J Holland, J A Curry, and H.-R. Chang. 2005. “Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment.” *Science* 309 (5742) : 1844 LP–1846. <http://science.sciencemag.org/content/309/5742/1844.abstract>.