

Croissance et capacité reproductive de *Gymnogongrus patens* (J. Agardh) (Rhodophyceae, Gigartinales) de la côte atlantique marocaine

Fatah EL OMARI^{1*}, Aziza MOURADI¹, Driss LAMRI², Driss LAMRIOUI², Mohamed HADJI² et Thierry GIVERNAUD³

¹Laboratoire de Biochimie et de Biotechnologies et Environnement, Faculté des Sciences
BP 133, 14000 Kénitra, Maroc

²Laboratoire d'Environnement et d'Energies renouvelables, Département de Biologie, Université Ibn Tofail,
Faculté des sciences, BP 133, 14000 Kénitra, Maroc

³SETEXAM, Usine El Assam Route de Tanger, BP 210, 14000 Kénitra, Maroc

* Correspondance, courriel : elomari155@gmail.com

Résumé

L'algue carraghénophyte *Gymnogongrus patens* présente une large distribution sur le littoral marocain, sa valorisation et son exploitation ont été précédées par l'étude de sa biologie en milieu naturel. Le site étudié est la plage de Méhdia situé au nord de la côte atlantique marocaine. L'influence des facteurs environnementaux (température, salinité, nitrates et phosphates) sur l'évolution de la croissance a été étudiée par d'analyse en composantes principales (ACP). La croissance de l'espèce présente une variation saisonnière, ainsi deux périodes de croissance ont été déterminées : une période de forte croissance fin printemps et été et une période de faible croissance en automne et en hiver. L'ACP a confirmé cette saisonnalité de la croissance, en précisant que le gain en poids de thalles est principalement lié à l'augmentation de nombre de ramification total. La période active de croissance est caractérisée par l'élévation de la température, de la salinité et de l'intensité lumineuse principalement. L'étude de la capacité reproductive de *G. patens* a permis de montrer que l'espèce est fertile toute l'année avec une dominance de la génération tétrasporophytiques. Le maximum de fertilité a été obtenu en été.

Mots-clés : *Gymnogongrus patens*, croissance, reproduction, ACP, Maroc.

Abstract

Growth and reproductive capacity of *Gymnogongrus patens* (Rhodophyceae, Gigartinales) on the Moroccan Atlantic coast

Gymnogongrus patens represent an important biomass along the Atlantic coast of Morocco, the first step before exploitation is gather information about the biology and growth of this species in natural environment. The studied site is the beach of Mehdiya located at the north of the Moroccan Atlantic Coast. The influence of environmental parameters (temperature, salinity, nitrates and phosphates) on growth has been studied using Principal Components Analysis (ACP). The monthly survey of its growth did show seasonal variations. *G. Patens* has 2 periods of growth: period's active growth at the ending of spring and summer and period's weak growth in autumn and winter. ACP showed a seasonal variation of the species growth. The

active growth periods of *G. Patens* are characterized by important temperature and salinity and light intensities. The species was fertile almost all along the year and tetrasporophyte phase predominated. The maximum of fertility was obtained in summer.

Keywords : *gymnogongrus patens*, growth, reproduction, ACP, Morocco.

1. Introduction

De nombreuses études ont montré que la croissance, la reproduction et le développement des algues sont liés principalement à des facteurs physicochimiques du milieu tels que la lumière, la température, le pH et l'enrichissement de milieu en sels nutritifs et en carbonates [1-2]. En effet la croissance et la reproduction de la plupart des espèces algales montrent des fluctuations saisonnières dues aux variations de ces facteurs environnementaux [3-6]. L'intérêt aux algues marines est en forte progression continue par le monde et ce pour différentes raisons, notamment pour leurs richesses en glucides, protéines, lipides, sels minéraux, ... etc. C'est pour cela que ces macrophytes sont utilisées dans plusieurs domaines tels que l'agriculture, l'alimentation animale et humaine les industries agro-alimentaires, en thalassothérapie, en cosmétique, en médecine, en pharmacie [7]. Le développement actuel de nouvelles applications biotechnologiques et agro-alimentaires sont à l'origine de l'augmentation de la demande mondiale en agar-agar et en carraghénanes. Il est donc nécessaire de bien gérer les ressources disponibles et de développer l'aquaculture.

Les principales algues exploitées pour la production des carraghénanes appartient principalement à l'ordre des Gigartinales [8]. Les carraghénanes sont des polysaccharides très sulfatés extraits de la paroi cellulaire des Gigartinales, Phyllophoracées, Hypneacées, Rissoellacées, Furcellariacées et Solieriacées, cette dernière famille contient le plus grand nombre de carraghénophytes exploitées à l'échelle mondiale [9-11]. Grâce aux diversités structurales et rhéologiques, Les carraghénanes sont utilisés comme gélifiants, épaississants, stabilisants, texturants ou émulsifiants dans l'industrie agro-alimentaire, médicale, pharmaceutique, cosmétique et textile, etc. [7, 12-18]. La demande du marché en kappa-carraghénanes est plus importante que pour les iota-carraghénanes, cette situation est partiellement causée par les taux de croissance relativement plus faibles du kappa-carraghénophyte *K. alvarezii* comparés à celui de l'iota-carraghénophyte d'*E. denticulatum* [19]. Face à cette situation d'autres espèces productrices de kappa-carraghénanes ayant un taux de croissance élevé sont recherchées. En 2004, la récolte annuelle de carraghénophytes utilisés industriellement a été estimée à 1,7 10⁶ tonnes (poids frais) par an. Au niveau mondial, une part importante des algues utilisées pour la production de carraghénanes est produite dans des fermes aquacoles qui sont concentrées dans quelques pays d'Extrême Orient.

Au Maroc, l'industrie des carraghénanes n'a pas encore pris de l'extension et la seule activité se réduit à la récolte et à l'exportation en mélange à l'état brut de *Gigartina pistillata* (Gmelin) Stackhouse et *Chondracanthus acicularis* et *Chondracanthus teedi* qui constituent les espèces principalement commercialisées. L'espèce *Gymnogongrus patens* présente un polysaccharide industriellement intéressant : les carraghénanes kappa et iota, très demandés dans l'industrie laitière en particulier, ceci selon le cycle de développement de l'algue [20-23]. Afin de déterminer la meilleure période de récolte en vue d'exploiter de l'algue *Gymnogongrus patens*, exporté à l'état brut, et qui présente une large distribution sur le littoral atlantique marocain, ce travail a pour objectif le suivi des variations de la croissance et de la reproduction de l'espèce en milieu naturel afin de cerner les facteurs environnementaux qui peuvent influencer le bon déroulement de son cycle de vie.

2. Matériel et Méthodes

Gymnogongrus patens est une espèce pérennante qui appartient à la famille des Phylloporacées. L'espèce est abondante sur les rochers en milieu battu au niveau de la zone littorale inférieure. Cette algue est présente en Atlantique Nord, sur tout le littoral marocain [24-25]. Les prélèvements ont été effectués à marée basse.

2-1. Détermination de l'espèce *G. patens*

Le thalle des Phylloporacée, est cylindrique ou aplati, ramifié, de type multiaxial avec un cortex à petites cellules. Les cystocarpes sont soit enfoncés, soit proéminents. Cette famille comporte trois genres : *Gymnogongrus*, *Phyllophora* et *Stenogramme*. *Gymnogongrus* se distingue des autres genres des Phylloporacées par des thalles coriaces plus ou moins comprimé (**Figure 1A**), à ramifications dichotomiques. Les cystocarpes sont répartis sur les extrémités supérieures des thalles, faisant fortement saillie sur un seul côté ou sur les deux côtés du thalle [24]. D'un point de vue morphologique, les espèces du genre *Gymnogongrus* sont très proches, en particulier *Gymnogongrus norvegicus* (Gunner) Agardh et *Gymnogongru patens*. Des coupes histologiques transversales du thalle ont été réalisées par un cryomicrotome pour s'assurer de la détermination de l'espèce étudiée (**Figure 1B**).

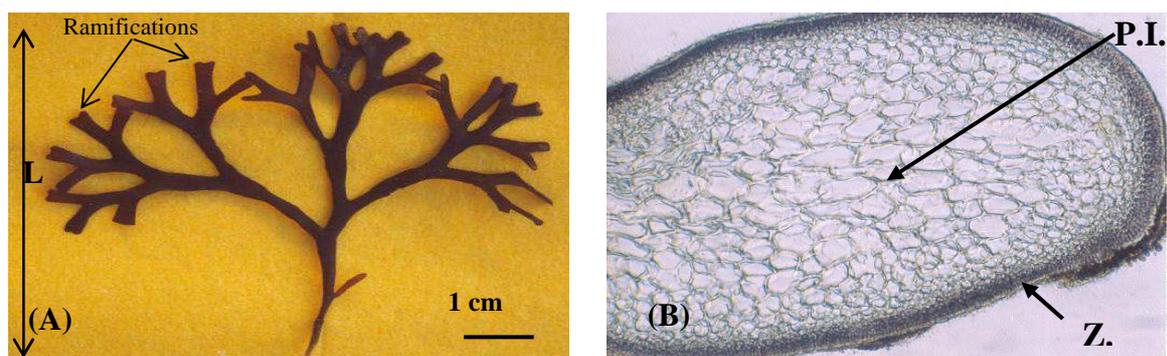


Figure 1 : Morphologie et cytologie de *Gymnogongrus patens* récoltée à la plage de Méhdia. **L :** Longueur du thalle; **R :** Ramifications; **P. I. :** Parenchyme incolore; **Z.C. :** Zone corticale assimilatrice. **(A) :** Morphologie externe; **(B) :** Coupe transversale (x100).

2-2. Présentation du site de récolte

L'échantillonnage de *Gymnogongrus patens* a été effectué sur les enrochements de la plage de Méhdia située sur le littoral de la région du Gharb, qui constitue un des secteurs côtiers du Maroc riches en ressources algales (**Figure 2**). Ce site se situe sur le littoral atlantique et est soumis à un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux et des étés chauds. La plage de Méhdia se situe entre les parallèles 34° et 35°, soit à 10 Km à l'Ouest de Kénitra et à 35 Km au Nord de Rabat, sur la rive gauche de l'embouchure de l'oued Sebou. La récolte de l'espèce a été effectuée mensuellement durant deux années d'études (2002/2003 et 2004/2005).

2-3. Analyse physicochimique de l'eau de mer

Les prélèvements d'eau de mer ont été effectués mensuellement durant deux années (2002/2003 et 2004/2005) en même temps que la récolte de l'espèce.

La température de l'eau de mer a été mesurée, in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué au $1/10^{\circ}\text{C}$ à 10 cm de profondeur. La salinité a été déterminée à l'aide d'un réfractomètre portatif. Les nitrates (NO_3^{2-}) sont réduits quantitativement en nitrites par voie chimique en utilisant le sulfate d'hydrazine [26]. Les nitrites ainsi formés sont dosés par la méthode classique au sulfanilamide/dichlorohydrate [27]. Les phosphates (PO_4^{3-}) sont dosés par la méthode de Stephens [28], qui est une extension de celle décrite par Murphy et Riley [29].

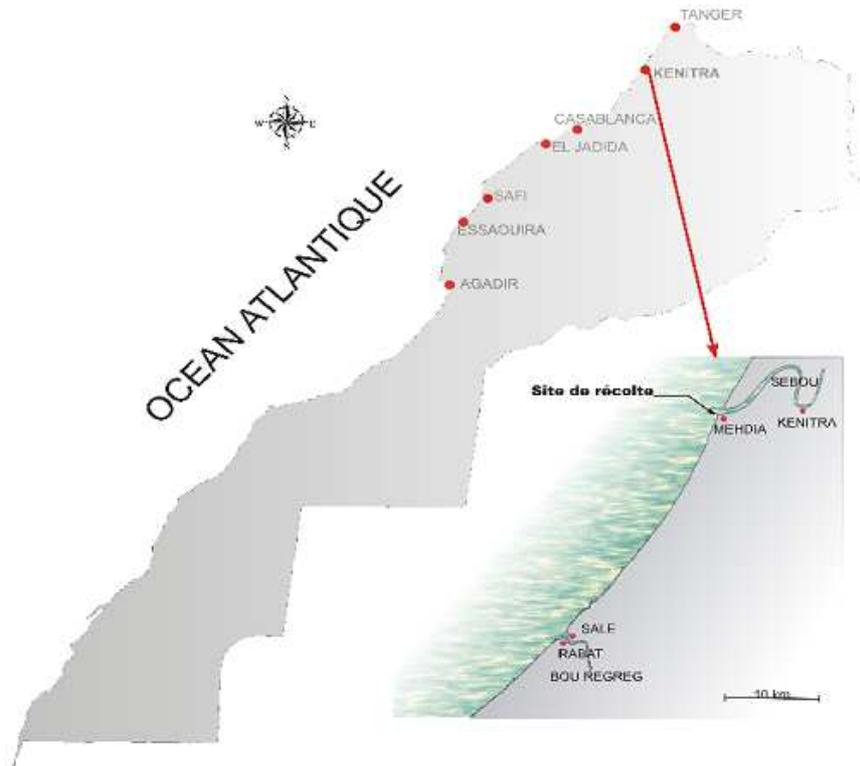


Figure 2 : Situation géographique de la station de récolte

2-4. Analyse de la croissance en milieu naturel

2-4-1. Analyse qualitative

L'analyse morphologique de *G. patens* est effectuée sur des échantillons représentatifs de 100 thalles récoltés mensuellement. Ces derniers sont lavés à l'eau de mer, rincés rapidement à l'eau distillée pour éliminer les sels de surface et étalés en herbier après chaque récolte. L'observation des variations globales de la morphologie des algues permet de mieux appréhender le cycle de développement de l'espèce et de sélectionner les paramètres morphologiques à mesurer.

2-4-2. Analyse quantitative

L'analyse quantitative de la croissance de l'espèce a été réalisée sur un échantillon mensuel constitué de 100 thalles, cueillis au hasard dans le site de récolte durant la période d'étude. Sur chacun des thalles récoltés mensuellement, trois paramètres de croissance ont été mesurés: Longueur du thalle (L en cm), Poids individuel du thalle (P en g) et le nombre total de Ramifications (Rt) (**Figure 1**). Les résultats obtenus chaque mois sont traités par les méthodes statistiques classiques qui permettent de déterminer chaque fois une moyenne et un écart type. A partir de ces données, une courbe de variation saisonnière de la moyenne pour chaque paramètre étudié a été tracée.

2-5. Analyses statistiques

2-5-1. Analyse de corrélation

Une analyse de régression a été réalisée afin d'étudier les corrélations qui peuvent exister entre les facteurs physicochimiques de l'eau de mer et les paramètres de croissance étudiés.

2-5-2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Dans le but d'évaluer l'effet de facteurs environnementaux sur la croissance de *G. patens* en milieu nature, une étude synthétique est réalisée par l'analyse en composante principale (ACP) en combinant les trois paramètres de croissance cités précédemment et les quatre facteurs physicochimiques du milieu : la température (T), la salinité (S), les nitrates (N) et les phosphates (Ph). Au cours de cette étude, l'analyse en composante principale a été effectuée sur la matrice de données formée par les 12 relevés annuels effectués à la plage de Méhdia.

2-6. Analyse de la fertilité et cycle de reproduction de *G. patens*

Notre analyse a été faite par observation directe des thalles. L'étude a porté chaque mois sur 100 échantillons. Un thalle est considéré comme fertile lorsqu'il porte des ramules à tétrasporocystes, carposporocystes ou carpogones. Les thalles fertiles ont été séparés en tétrasporocystes et en carposporocystes et leur évolution saisonnière a été suivie. Les thalles tétrasporophytiques se présentent sous forme de thalle dont les axes renferment des teintes rouge foncé. Ces teintes correspondent à des sporocystes renferment des tétraspores. Les thalles carposporophytiques sont visibles de l'extérieur et se présentent sous forme de petites taches entourées d'une auréole claire, fréquemment sur les parties terminales du thalle. Les carposporophytes se distinguent du thalle végétatif par la présence des cystocarpes. Au cours de cette étude, les gamétophytes males n'ont pas été rencontrés.

3. Résultats

3-1. Analyse physicochimique de l'eau de mer

3-1-1. Température

Les variations mensuelles de la température au niveau de la plage de Méhdia durant la période d'étude montrent deux périodes distinctes (**Figure 3**): Une période froide s'étalant de novembre à mars, avec une température minimale de 15°C et de 13°C enregistré respectivement en janvier 2003 et au mois de février 2005. Et une période chaude de juin à octobre; elle consiste en une augmentation progressive de la température, le mois d'août est le plus chaud (22°C en 2003 et 24°C en 2004).

3-1-2. Salinité

La détermination mensuelle de la salinité de l'eau de mer montre que celle-ci fluctue entre 3,3‰ enregistrée en hiver et un maximum de 3,8‰ en été (**Figure 3**).

Le degré moyen annuel de salinité est de 3,49‰. La salinité de l'eau de mer est étroitement liée à la température. Elle augmente lorsque la température de l'eau s'élève.

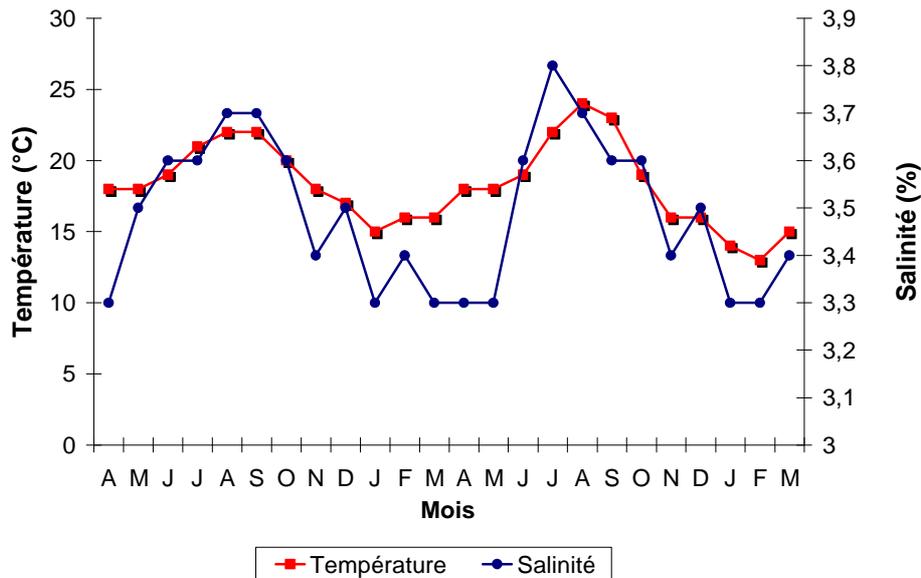


Figure 3 : Variation mensuelle de la température et de la salinité de l'eau de mer à la station de Méhdia durant deux années (2002/2003 et 2004/2005).

3-1-3. Nitrates

Les teneurs des nitrates enregistrées dans la station de Méhdia varient d'une année à l'autre. Elles ont été plus élevées en 2004 (*Figure 4*). Elles fluctuent entre un minimum de $1,04 \text{ mg.l}^{-1}$ en août 2004 et un maximum de $11,04 \text{ mg.l}^{-1}$ en mai 2004. Quand le taux moyen annuel de nitrates, il est de $4,39 \text{ mg.l}^{-1}$.

3-1-4. Phosphates

Les teneurs en phosphates obtenues sont assez faibles (*Figure 4*). Elles varient entre une valeur minimale de $0,33 \mu\text{atgP L}^{-1}$ en juin 2002 et une valeur maximale de $2,33 \mu\text{atgP L}^{-1}$ en février 2003. La teneur moyenne annuelle en phosphates est de $1,61 \mu\text{atgP L}^{-1}$. Les concentrations en nitrates et en phosphates montrent une variation mensuelle importante. Celle-ci est liée aux apports de l'oued Sebou.

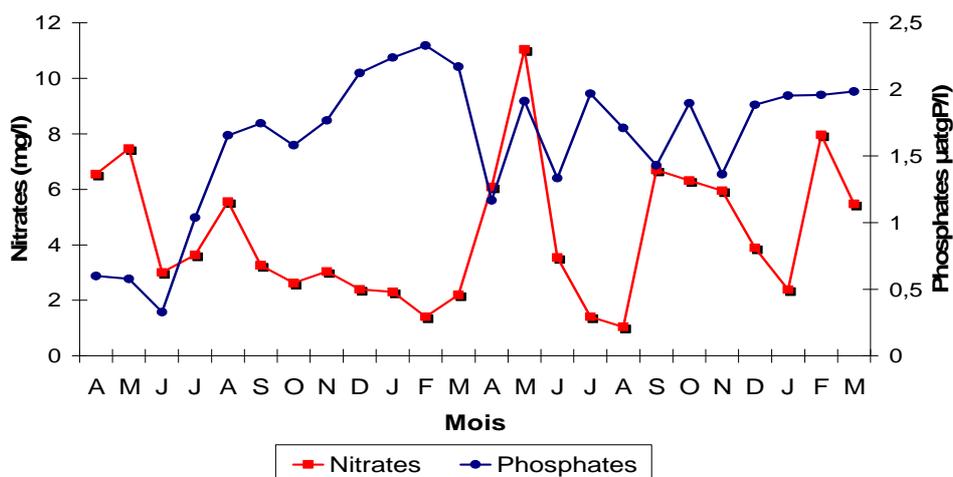


Figure 4 : Variation mensuelle des teneurs en nitrates et en phosphates de l'eau de mer de la station de Méhdia durant deux années (2002/2003 et 2004/2005).

3-2. variations saisonnières de la croissance de *Gymnogongrus patens*

3-2-1. variation qualitative de la croissance

Gymnogongrus patens c'est une algue pérennante dont les stolons et la partie basale du thalle persistent généralement. Son cycle biologique naturel débute en Janvier-Février, période à partir de laquelle la description morphologique de l'espèce a commencé. Le polymorphisme de l'espèce illustré par les différentes frondes est mis en herbier (**Figure 5**).

Janvier- Février : Apparition des thalles de très petite taille à partir de disque basal de fixation. La fronde est de petite taille, de couleur rouge foncé (plus claire vers les extrémités des frondes), sa longueur moyenne est de 3 à 4cm. Les rameaux sont cylindriques et ne portent pas des ramifications secondaires.

Mars : L'algue est de consistance lisse, de couleur rouge foncé, la base du thalle est peu ramifiée. Les ramifications a croissance illimité commence à s'allongent.

Avril-Juin : La croissance reprend, la fronde croit en longueur, la croissance apicale l'emporte et les axes principaux s'individualisent et se séparent pour donner naissance des thalles différents qui porte également d'autres ramifications. Le poids de l'algue augment suite à la prolifération et l'allongement des ramifications. La couleur des frondes est de plus en plus rouge claire.

Juillet-Août : Les nombres et la largeur des ramifications atteignent leur maximum pendant cette période, la croissance par gain en poids atteint aussi leur maximal. La taille des thalles continue à croître. Les frondes sont de couleur rouge claire.

Septembre : Au cours de ce mois la taille des frondes est stable. Les thalles ont une consistance lisse et sont de couleur rouge plus claire. Les extrémités apicales sont nécrosées, perdent leur couleur et devient blanchâtres suites à leur exposition aux intensités lumineuses de plus en plus importantes.

Octobre-Novembre : La taille des frondes est maximale. L'algue a un aspect grêle et peu ramifié. Pendant cette période de l'année, on note une perte de biomasse et l'axe principal commence à perdre ses ramifications suite a la dégradation et à l'usure au niveau apicale. Les frondes ont une consistance rigide et sont de couleur rouge sombre.

Décembre : L'algue subit une dégradation suite à la baisse des ramifications se situant surtout sur l'axe principal qui porte les cystocarpes. Au cours de cette période de l'année, Les thalles se retrouvent réduits à leur partie basale marquant ainsi l'achèvement du cycle de vie de l'espèce.

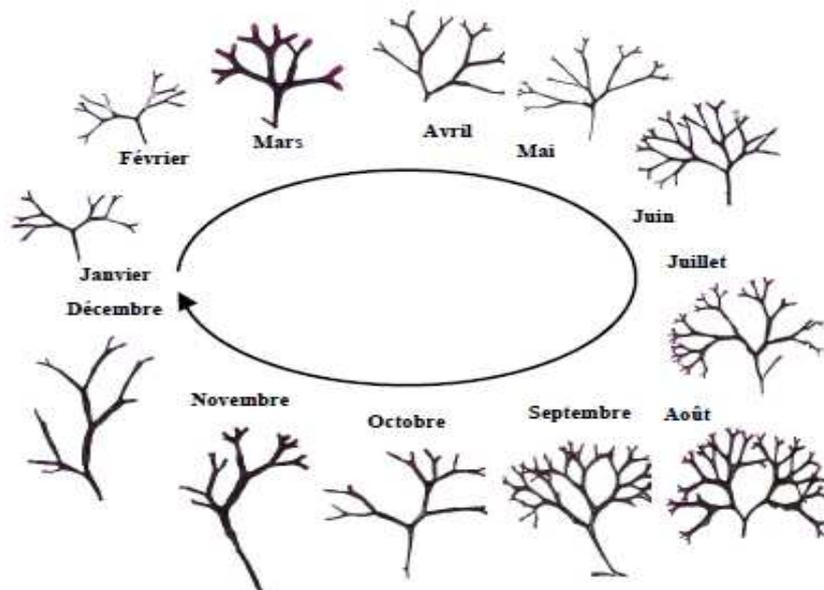


Figure 5 : *Croissance et morphologie observées chez une population de *G. patens* dans la station de Méhdiá, durant un cycle annuel.*

3-3. Analyse quantitative de différents paramètres de croissance

3-3-1. Longueur

Le suivi mensuel de la longueur moyenne de *Gymnogongrus patens* (**Figure 6**) montre que la taille varie entre un minimum de 4,16 cm (avril 2002) et 4,93 cm (février 2004) et un maximum de 7,56 cm et de 6,75 cm (novembre 2002 et 2004 respectivement). La période s'étalant de juin à novembre connaît une croissance accélérée de l'algue en longueur, alors qu'elle diminue de novembre à mars, et se stabilise relativement entre avril et juin.

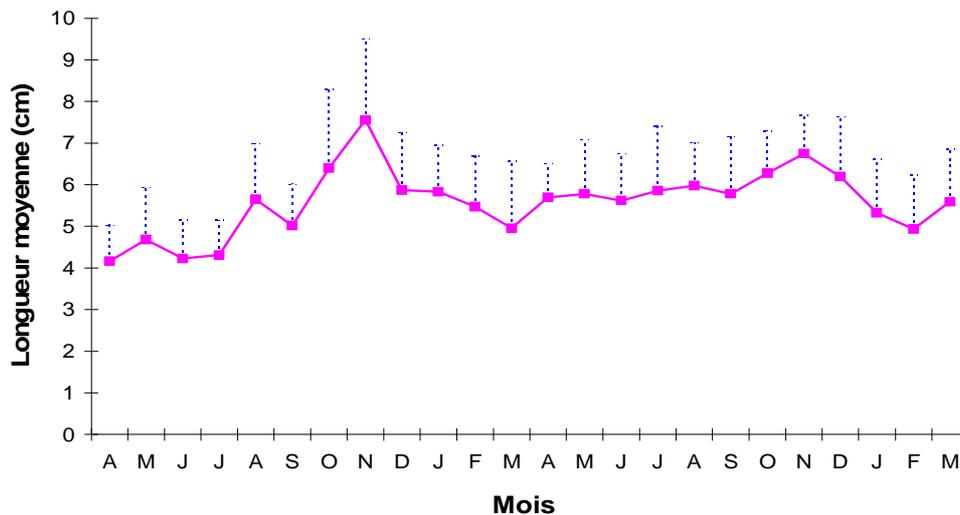


Figure 6 : Evolution de la longueur moyenne des thalles de *Gymnogongrus patens* récoltée dans la station de Méhdia, durant deux cycles annuels ($n = 100$).

3-3-2. Poids

L'évolution du poids moyen mensuel des thalles montre que celle-ci varie entre un minimum au mois de février 2003 et 2005 avec respectivement 0,30g et 0,28g et un maximum en en août 2002 et 2004 avec respectivement 0,91g et 0,61g (**Figure 7**). Le poids moyen diminue de fin août à fin novembre pour rester relativement stable entre décembre et mars. Par contre, une activation de la croissance en poids a été observée durant la période qui s'étale d'avril à août.

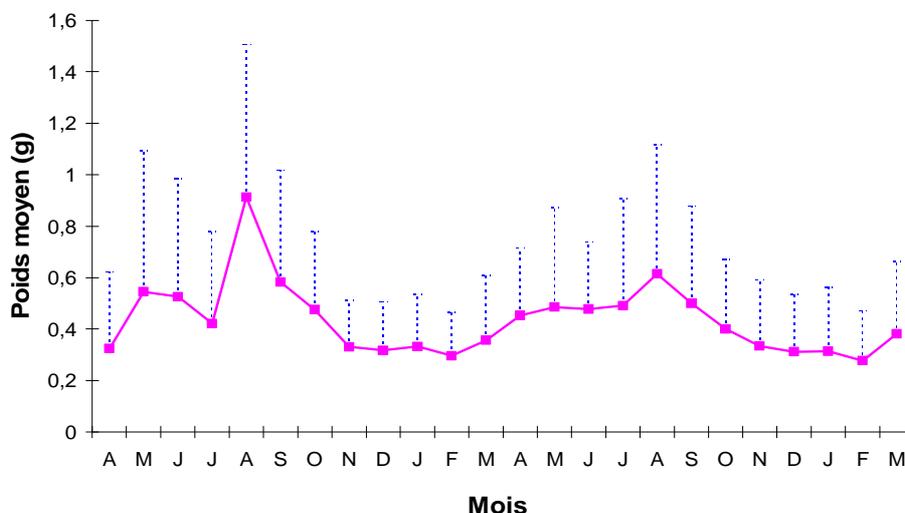


Figure 7 : Evolution du poids moyen des thalles de *Gymnogongrus patens* récoltée dans la station de Méhdia, durant deux cycles annuels ($n = 100$).

3-3-3. Nombre de ramifications total

La courbe d'évolution du nombre moyen de ramifications totales (**Figure 8**) présente presque la même allure que celle du poids avec une diminution brutale en octobre. Le nombre de ramifications totales connaît une augmentation d'avril jusqu' août avec une valeur maximale de 117 et de 89 ramifications par thalle, enregistrées respectivement en août 2002 et 2004 et une valeur minimale au mois de décembre 2002 et janvier 2005 avec respectivement 33 et 28 ramifications par thalle.

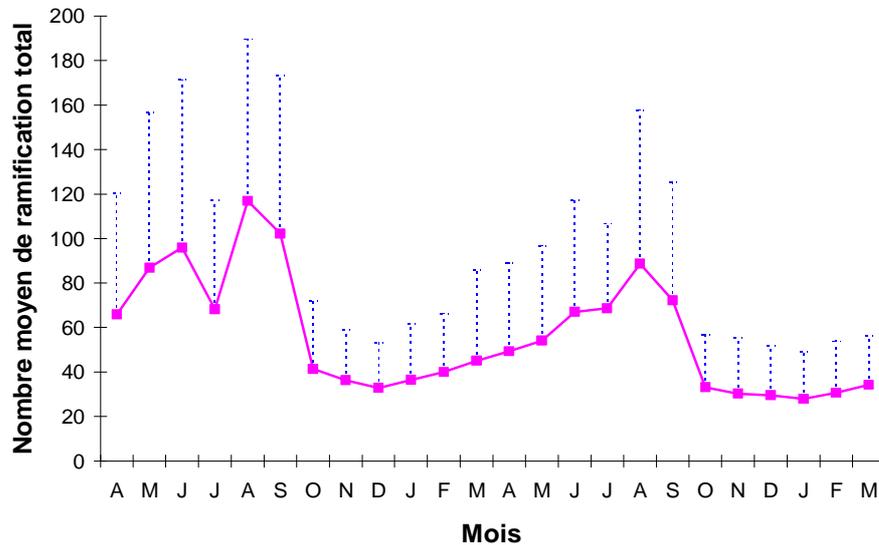


Figure 8 : Evolution du nombre moyen de ramifications total des thalles de *G. patens* récoltée dans la station de Méhdia, durant deux cycles annuels (n = 100).

3-4. Variations saisonnières de la fertilité de *Gymnogongrus patens*

Au cours de ce travail, il a été difficile de distinguer les différentes générations possibles de *Gymnogongrus patens*. Les tétrasporophytes et les gamétophytes sont morphologiquement isomorphes. Des observations à l'œil nu sont limitées aux carposporophytes et aux tétrasporophytes.

Le suivi de la variation saisonnière des thalles fertiles montre que les tétrasporophytes sont présents toute l'année et sont dominants par rapport aux carposporophytes (à l'exception au mois de septembre) trouvés en fort pourcentage durant la période allant de juin à octobre (**Figure 9**).

L'analyse du pourcentage de fertilité de *G. patens* au cours d'un cycle annuel montre que l'espèce est fertile durant toute l'année (**Figure 10**). Le taux moyen de fertilité est important, il est de l'ordre de 40%. Le maximum de fertilité est obtenu en été (73% en août), ceci coïncide avec la période de croissance active de l'espèce.

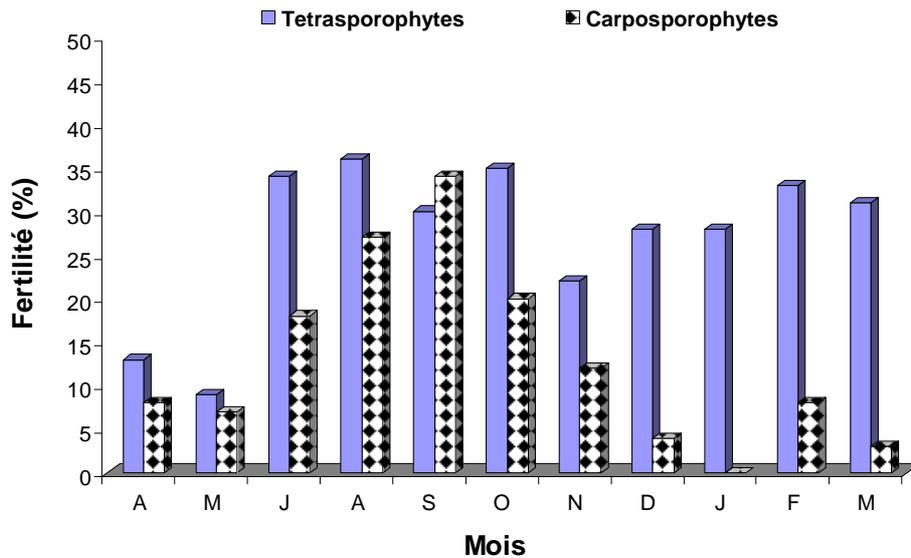


Figure 9 : Histogrammes de fertilité des tétrasporophytes et de carposporophytes de *G. patens* récoltée dans la station de Méhdia, durant un cycle annuel 2004/2005.

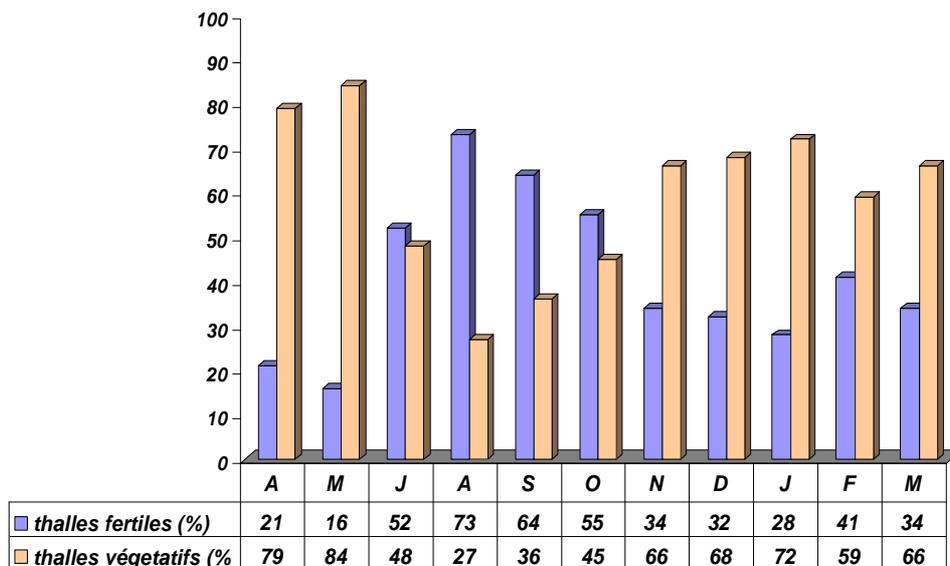


Figure 10 : Variation saisonnière de la fertilité de *Gymnogongrus patens* récoltée dans la station de Méhdia, durant un cycle annuel 2004/2005.

3-5. Analyse statistique

3-5-1. Diagramme des corrélations des données biométriques

Les diagrammes de corrélation des différents paramètres étudiés pour la caractérisation de la croissance chez *G. patens* dans la station de Méhdia montre une importante corrélation positive entre le poids et le nombre de ramifications totales des thalles ($r = 0,94$). Par contre une très faible corrélation positive entre la longueur et les autres paramètres de croissance de *G. patens* (Tableau 1).

Tableau 1: Coefficients de corrélation entre les différents paramètres de croissance étudiés chez *Gymnogongrus patens* récoltée à Méhdia.

	Longueur du thalle	Poids frais du thalle	Nombre de ramifications totales
Longueur du thalle	1	0,27 (**)	0,10 (**)
Poids du thalle	-	1	0,94 (***)
Nombre de ramifications totales	-	-	1
Poids sec / Poids frais	-	-	-

(N.S), (**), (***) : Coefficients de corrélation respectivement non significatifs et significatifs à 1% et à 1‰.

3-5-2. Analyse en composantes principales

Afin d'évaluer l'effet des facteurs environnementaux sur la croissance de *G. patens*, une étude synthétique a été effectuée par analyse en composantes principales. La matrice des données est formée par les 12 relevés mensuels pendant une année d'étude, correspondant aux trois paramètres de croissance (L, P et Rt) et aux quatre indicateurs physicochimiques du milieu (T, S, N et Ph). Les pourcentages d'inertie des deux premiers axes F1 et F2 totalisent 80,4% d'information sur les corrélations qui existent entre les variables étudiées (**Tableau 2**).

Les résultats de l'analyse de corrélations indiquant les coefficients de corrélation entre les variables étudiées et chacune des composantes principales retenues (F1 et F2) montrent que les variables P, Rt, T, S et N sont corrélées positivement avec l'axe factoriel F1 (**Tableau 3**). La deuxième composante principale F2 est corrélée positivement aux variables L et Ph. Il est important de noter que les teneurs en phosphates sont corrélées négativement avec l'axe F1.

Tableau 2 : Répartition de l'inertie entre les axes

Axes	Valeurs propres (λ)	Inertie totale (%)	Inertie cumulée (%)
F1	3,99	56,97	56,97
F2	1,64	23,41	80,38

Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les variables étudiées et chacune des composantes principales retenues (F1 et F2).

		Longueur	Poids	Ramification totale	Température	Salinité	Nitrates	Phosphates
F1	r	-0,47	0,85	0,95	0,84	0,77	0,64	-0,65
	ps	0,13 _{N.S}	<u>0,0005</u>	<u>0,0001</u> ^{***}	<u>0,0005</u>	<u>0,0031</u>	<u>0,0234</u>	<u>0,0218</u>
F2	r	0,67	0,36	-0,009	0,38	0,53	-0,51	0,61
	ps	<u>0,0178</u>	0,2498 _{N.S}	0,9772 _{N.S}	0,2158 _{N.S}	0,0739 _{N.S}	0,0922 _{N.S}	<u>0,0349</u> *

r : Coefficient de corrélation de Pearson

p : Probabilité

s : N.S, *, **, *** : Coefficients de corrélation respectivement non significatifs et significatifs à 5%, à 1% et 1%.

La projection des relevés mensuels de *Gymnogongrus patens* sur la carte factorielle définie par le plan F1xF2 montre une large répartition des différents prélèvements sur ce plan. Nous distinguons ainsi deux groupes de relevés (**Figure 11**):

- Le premier groupe (I), défini par les paramètres de croissance poids et ramification totale et les variables environnementaux température, salinité et nitrates, suit un gradient de croissance qui paraît être affectée par ces trois facteurs du milieu.
- Le deuxième groupe (II) inclut la longueur du thalle et la concentration en phosphates. L'élongation des thalles semble être influencée par les teneurs en phosphates de l'eau de mer.

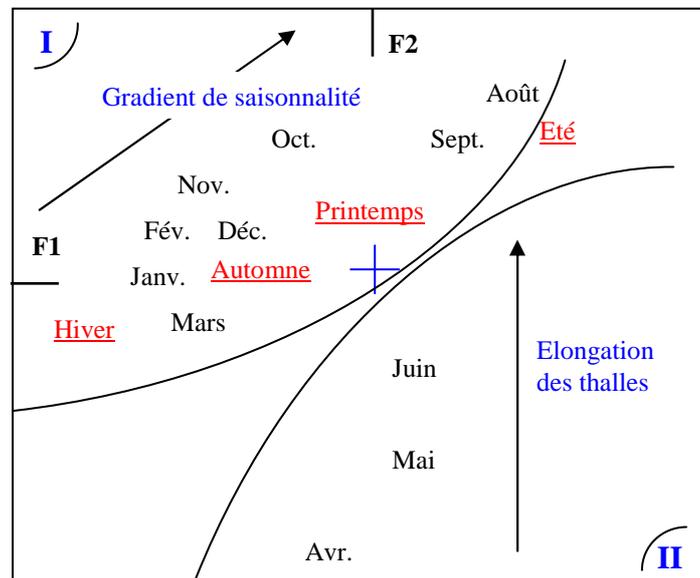


Figure 11 : Carte factorielle des relevés mensuels de *Gymnogongrus patens* récoltée à la plage de Méhdia (projection sur le plan factoriel F1xF2).

4. Discussion

Au cours de son cycle biologique dans le milieu naturel, *Gymnogongrus patens* présente une croissance saisonnière. L'analyse de l'évolution du cycle de développement de cette espèce par les différentes méthodes statistiques dans la station a permis de distinguer deux périodes de croissance: une période de forte croissance fin printemps et été et une période de faible croissance en automne et en hiver. L'examen de l'évolution des moyennes des différents paramètres de croissance étudiés durant les deux années montre que la croissance de *G. patens* a évolué de la même manière dans les deux cycles annuels, avec cependant, une légère supériorité durant le premier cycle. Plusieurs auteurs ont signalé l'effet des facteurs environnementaux sur le développement et la croissance des algues. En effet, la croissance de la plupart des espèces algales montre des fluctuations dues aux variations des facteurs physico-chimiques du milieu (lumière, température, salinité, pH, teneurs en sels nutritifs) [2, 4, 6, 30-39].

Au cours de l'automne, *Gymnogongrus patens* s'allonge sans que le poids ne soit affecté. Pendant le mois de novembre en particulier, les thalles présentent des axes longs, grêles et sans ramifications, identiques aux stolons de certaines espèces telles que *Coulerpa taxifolium*, *Gelidium latifolium* ou *Gelidium sesquipedale*. Cette élongation anormale des thalles laisse prévoir une dégradation des frondes en fin d'automne en vu de leur fixation pour donner de nouvelles pousses comme cela a été montré pour *Gelidium latifolium* [40], *Gelidium sesquipedale* [41] pour *Hypnea musciformis* [42]. Ce phénomène a été interprété comme un moyen favorisant la dissémination de l'espèce. Une activation importante de la croissance par un gain de poids, en longueur et en ramifications des thalles se produit de juin à août. En hiver, nous assistons à une diminution de la longueur et une stabilité du poids et du nombre de ramification. La stimulation de la croissance pendant la période estivale peut être expliquée par l'augmentation de la température, de l'intensité lumineuse et de la durée de l'éclairement. Ceci confirme les résultats obtenus chez *Gelidium sesquipedale* [43].

Selon Ugart et Santelices [44] et Molloy et Bolton [45], la production de la biomasse des algues rouges est plus importante en été qu'en hiver et attribué cette différence à l'augmentation de l'intensité lumineuse importante en été. L'analyse du diagramme de corrélations des différents paramètres de croissance a montré une importante corrélation entre le poids et le nombre total de ramifications alors que ces deux derniers paramètres s'avèrent peu corrélés avec la longueur du thalle. Ces résultats laissent supposer que la croissance de *Gymnogongrus patens* est plus liée à la production de ramifications qu'à l'élongation des thalles. En effet, la croissance de cette algue se fait par la prolifération de nouvelles ramifications et par conséquent un gain en biomasse. L'analyse quantitative en composantes principales a montré une variation saisonnière des trois paramètres de croissance. En outre les différentes projections sur l'axe F1 et F2 montrent une variation importante, la croissance est saisonnière et semble être influencée par un gradient de saisonnalité définie par les paramètres du milieu.

En effet les paramètres de croissance poids et ramification totale suivent un gradient de croissance, qui paraient être affectée par les variables environnementaux température, salinité et nitrates. Des résultats similaires ont été observés par Mouradi [46] chez *Gigartina pistillata* pour les deux premiers facteurs du milieu. De même pour une autre espèce carraghenophyte, *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*, dont la biomasse et la longueur des thalles sont contrôlées avec la température et la salinité du milieu [47]. L'élongation des thalles semble être influencée par les teneurs en phosphates de l'eau de mer. Durant le cycle annuel, *Gymnogongrus patens* ne présente pas une très grande variation de morphologie, cependant, l'aspect des axes principaux, le nombre et l'aspect des ramifications latérales et la consistance des thalles changent en fonction des saisons, ce qui indique un changement dans la croissance apicale de l'algue.

Pour les échantillons de cette algue, les ramifications plus ou moins développées, la taille des frondes ne montre une variation qu'entre les extrêmes saisonniers. Cette variation morphologique peut être expliquée par les changements des facteurs écologiques, et semble être liée à des facteurs internes de la plante. L'analyse qualitative de la croissance montre que *Gymnogongrus patens* est une algue pérennante, alors qu'elle est décrite dans certains ouvrages et flores algales [24, 48] comme espèce annuelle, et que son cycle de vie débute fin décembre début de janvier. Au cours de cette période de l'année, les frondes de très petite taille apparaissent à partir du disque de fixation et se retrouvent réduites à leur partie basale marquant ainsi le début du cycle de vie de l'espèce. La physicochimie du milieu d'étude semble affecter le cycle de développement de cette espèce. Les paramètres de croissance sont plus importante au cours de la période estivale (juin –juillet- août) et pendant une partie de l'automne (septembre) caractérisées par des températures, des salinités et des intensités lumineuses légèrement importantes.

Ainsi *Gymnogongrus patens* présente une évolution cyclique de la croissance, importante pendant l'été et faible en hiver. Le cycle biologique de l'espèce présente beaucoup de similitudes avec le cycle de

développement de plusieurs autres espèces récoltés dans le même site : *Gigartina pistilata* [49], *Hypnea musciformis* [42 ,50], *Cracilaria multipartita* [51 ,52] et *Gelidium sesquipedale* [43 ,53].

Le suivi du pourcentage de fertilité de *Gymnogongrus patens* durant un cycle annuel montre que cette algue est fertile toute l'année, avec un maximum de fertilité obtenu durant la période allant de juin à octobre, ce qui coïncide avec la période de croissance active de l'espèce. Les résultats obtenus concordent avec les travaux de Perez [54] sur *Cracilaria verrucosa* et ceux de El Gourji [55] sur *Cracilaria multipartita*. Luhan [3] montre que la biomasse et les états de reproduction de *Cracilaria heteroclaca* présentent des variations saisonnières probablement dues aux différents facteurs de l'environnement qui affectent la croissance et la reproduction [5 ,6 ,52]. La variation de la fertilité de *G. patens* au cours de la saison de récolte peut être interprétée par le fait que l'algue oriente son métabolisme vers la reproduction après avoir atteint le maximum de croissance. Ce phénomène a lieu pendant la saison chaude [39]. Le suivi de la variation saisonnière des thalles fertiles montre que les tétrasporophytes sont présents toute l'année avec une large dominance par rapport aux carposporophyte. Ces résultats confirment ceux obtenus par Rama Rao [56], qu'ait effectué une étude approfondie sur la capacité de reproduction d'*Hypnea musciformis* et a observé que les tétrasporophytes sont présents toute l'année.

Dans la population de *Gymnogongrus patens*, les taux de fertilité des thalles sont généralement importants, ils sont de l'ordre de 40% en moyenne, suffisants pour assurer le renouvellement de la plante. Le maximum de fertilité est obtenu en août (73%). Les résultats de suivi annuel de la fertilité de l'algue en milieu naturel sont comparables à ceux obtenus pour le carraghénophyte *Hypnea musciformis* [42 ,50] et pour l'agarophyte *Gelidium spinosum* [39]. Des résultats différents obtenus par Benharbit [57] et Mouradi [49 ,58] qu'ont trouvé des faibles pourcentage des thalles sexués pour l'agarophyte *Gelidium sesquipedale* et seules les thalles collectés à la limite des peuplements présentent des taux de fertilité importants (28%). Selon Mouradi [59], la capacité de germination et de développement des carpospores est supérieure à celle des tétraspores, ce qui explique, en moins en partie, l'abondance des tétrasporophytes en milieu naturel. Comme chez les autres algues, le maintien des peuplements de *G. patens* serait assuré également par multiplication végétative à partir de la partie prostrée du thalle. Le déroulement du cycle biologique de *Gymnogongrus patens* est donc sous l'influence des différents facteurs environnementaux. En effet, la croissance et la reproduction de l'espèce montre des variations saisonnières dues aux variations des facteurs physico-chimique du milieu telle que la température, la salinité, l'enrichissement en sels nutritif, l'intensité lumineuse, l'adaptation au substrat ainsi que le mouvement de l'eau.

5. Conclusion

Le carraghénophyte *Gymnogongrus patens* présente une croissance saisonnière, ainsi deux périodes de croissance ont été déterminées : une période de forte croissance fin printemps et été et une période de faible croissance en automne et en hiver. L'analyse qualitative et quantitative des paramètres de croissance de *G. patens* montre que la croissance de cette algue est plus liée à la production des ramifications qu'à l'élongation des thalles. L'analyse quantitative en composantes principales a confirmé cette saisonnalité de la croissance, en précisant que le gain en poids des thalles est principalement lié à l'augmentation du nombre total de ramifications. Le gain en poids et en nombre de ramifications est amélioré pendant la saison de printemps et d'été favorisée par l'élévation de la température, de l'intensité lumineuse principalement et de la durée d'éclaircissement. L'ACP précise l'influence des facteurs physicochimiques de l'eau de mer sur l'évolution de cycle de développement de l'espèce.

La variation du comportement sexuée de l'algue reflète des variations saisonnières en conditions extrêmes. *G. patens* est fertile durant toute l'année, avec un maximum de fertilité obtenu durant la période allant de juin à octobre, ce qui coïncide avec la période de croissance active de l'espèce. La meilleure période d'exploitation de l'espèce serait la période estivale, tout en réduisant la période de récolte à deux mois au maximum pour laisser l'algue croître en automne et développer ses de reproduction qui participeraient à l'ensemencement des champs il serait important d'éviter, pour cette espèce, les erreurs de gestion commises dans l'exploitation de *Gelidium sesquipedale* au Maroc [60].

Références

- [1] - M. Yakovleva, I. M. Yermak, E. A. Titlyanov, A. O. Barabanova, V. P. Glazunov and A. V. Skriptsova. "Changes in growth rate, anatomy and polysaccharide content of a sterile form of *Tichocarpus crinitus* (Gmel.) Rupr. (Rhodophyta, Tichocarpaceae) grown under differing photon irradiances in the Sea of Japan", Russia. Bot. Mar. 44 (2001) 493-500.
- [2] - M. L., Quartino, H. E. Zaixso and A. L. Boraso de Zaixso. "Biological and environmental characterization of marine macroalgal assemblages in Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica". Botanica Marina. 48 (2005) 187-197.
- [3] - R. Luhan. "Biomass and reproductive state of *Gracilaria heteroclada* Zhang et Xia collected from Jaro, Central Philippines". Botanica Marina 39 (1996) 207-211.
- [4] - J. Silva and R. Santos. "Comparative ecophysiology of *Gelidium sesquipedale* (Rhodophyta). Erect fronds and prostrate system". Proceeding of the 17th international seaweed symposium; Cap town. Eds. A.R.O. Chapman, R. J. Anderson, V. Vreeland and T.R. Davison, Oxford University press. (2003)417-424.
- [5] - S. EL Bacha, A. El Gourji, Th. Givennaud, Y. Lemoine and A. Mouradi. "Etude écopysiologique de l'agarophytes *Gracilaria multipartita* (Clemente) Harvey (Rhodophyceae, Gracilariales)". Actes Inst. Argon. Vet. (Maroc). 24 (3-4) (2004b) 107-116.
- [6] - N. Rezzoum, A. Mouradi, Th. Givernaud, N. Chiadmi and L. Bennasser. "Analyse de la croissance et de la reproduction de la phéophycée *Fucus spiralis* (Phaeophyta, Fucaceae) sur la côte atlantique marocaine". Afrique Sciences, 06(1)(2010) 58-73.
- [7] - R. Perez. "Ces algues qui nous entourent Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture". Aquaculture. IFREMER. Nantes. (1997) 272 p.
- [8] - T. Chopin, M. D. Hanisak & J. S. Craigie. "Carrageenans from *Kallymenia westii* (Rhodophyceae) with a review of the phycocoloids produced by the Cryptonemiales". Bot. Mar. 37 (1994) 37-444.
- [9] - J. S. Craigie. "Cell walls. In : (Cole, K. M. and R. G. Sheath, eds). Biology of the red algae". Cambridge University Press, Cambridge. (1990) pp. 221-257.
- [10] - G.H. Therkelsen. "Carrageenans. In Industrial Gums". Academic Press, Inc., New york. (1993) p 145-180.
- [11] - M.S. Doty, 1995. "Betaphycus philippinensis gen. et sp nov-and related species (Solieriaceae, Gigartinales). In Abbott (ed.), Taxonomy of economic seaweeds with reference to same Pacific specie". La Jolla : California Sea Grant Colleg Program (Report T-CSGCP-035). 5. (1995) 237-245.
- [12] - N. Stanley. "Production, proprieties and uses of carrageenans". In Mc Hugh D. J. (ed.) production and utilization of products from commercial seaweeds. FAO Ficheries Technical Paper, 288 (1987) 116-146.
- [13] - M. Lahaye, and D. Jegou. "Chemical and physical-chemical characteristics of dietars fibers from *Ulva lactuca* (L) thuret and *Enteromorpha comptressa* (L) Grev". J. appel. Phycol. 5 (1993) 195-200.

- [14] - L. Piculell. "Gelling carrageenans". In Stephen AM (ed.), Food polysaccharids and their Application, Marcel Dekker, Inc., New York, (1995) 205-244.
- [15] - D. J., Mc Hugh. "Introduction to commercial ressource of seaweeds including *Gelidium*". Hydrobiol, Vol 221 (2003) 19-29.
- [16] - T. Yamada, A. Ogama, T. Saito, H. Uchiyama and Y. Nakagawa. "Preparation of O-acylated low-molecular-weight carrageenans with potent anti-HIV activity and low anticoagulant effect". Carbohydr. Polym. 41 (2000) 115-120.
- [17] - A. Chiovitti, L.J. McManos, G.T. Kraft, A. Basic and M. L. Liao. "Extraction and characterization of agar from Australian *Pterocladia lucida*". J. of Appl. Phycol. 16. (2004) 41-48.
- [18] - J. Zamorano, and S.A. Gelymar. "Carraghénanes: agents gélifiants, épaississants et stabilisants". Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire, vol. F3 (2006) N°F5080.
- [19] - M. S. P. Mtolera, J. Collén, M. Pedersén and A. Semesi. "Destructive hydrogen peroxide production in *Eucheuma denticulatum* (Rhodophyta) during stress caused by elevated pH, high light intensities and competition with other species". Eur. J. Phycol. 30(1995) 289-297.
- [20] - N. Chiadmi, Th. Givernaud, M. Lahaye, A. Amimi, M. Chikaoui & A. Mouradi. "Etude des polysaccharides extraits de quelques algues rouges le long de la côte atlantique marocaine". Riv. Idrobiol. 39. 1/2/3 (2000) 201-214.
- [21] - N. Chiadmi. "Biologie et biochimie de quelques carraghénophytes de la côte atlantique marocaine". Thèse de doctorat es Science naturelles (Doctorat d'état). Fac. Sci. Kenitra. (2001) pp 143.
- [22] - A. Amimi. "Etude biochimique de l'algue carraghénophyte *Gigartina pistillata* (Gmelin) Stackhouse de la côte atlantique marocaine". Thèse de doctorat. Fac. Sci. Kenitra. (2002) pp 133
- [23] - Th. Givernaud. "Gestion et valorisation des ressources algales au Maroc". Thèse de Doctorat Es sciences. Fac. Sci. Kénitra, Maroc, (2007) 265p.
- [24] - P. Gayral. "Les algues de la côte atlantique marocaine", Soc. SC. Nat. et Phys. du Maroc". Rabat. (1958) 527 p.
- [25] - S. Bennissoun, C. F. Boudouresque, M. Perret-Boudouresque, and M. Verlaque, "A checklist of the seaweed of the Mediterranean and Atlantic coasts of Morocco". III – Rhodophyceae (excluding Gerzmiales)". Bot. Mar. 45 (2002) 391-412.
- [26] - J. B. Mullin and J. P. Riley. "The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to seawater". Anal. Chim. Acta. 12 (1955) 162-170.
- [27] - J.D.H. Strickland, and T. R. Parson. "A practical handbook of seawater analysis". Bull. Fisf. Res. Bd can. 167 (1972) 71-89.
- [28] - E. Stephens. "A practical handbook of Seawater analysis". Limnol. Ocean. 8 (1963) 361p.
- [29] - J. Murphy and J. P. Riley. "A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters". Anal. Chim. Acta. 26 (1962) 31-36.
- [30] - K.M. Mshigeni and W.R. Mziray. "Studies on the littoral ecology and ecophysiology of the carrageenophytes, *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux and *Hypnea valentiae* (Turner) Montagne in Tanzania. In: Marine algae in Pharmaceutical Science (ed. By H A. Hoppe, T. Levring & Y. Tanaka)" (1979) pp: 747-782. Water de Gurter, New York.
- [31] - K.T. Bird, C. Habig, and T. Debusk. "Nitrogen allocation and storage patterns in *Gracilaria tikvahiae* (Rhodopyta)". J. Phycol. 18 (1982) 347-348.
- [32] - K. Lüning, "Seaweeds: Their environment, biogeography and ecophysiology". Wiley and Sons, New-York, (1990) 527p.
- [33] - A. H. Buschmann, D. Varela, M. Cifuentes, M. D. C. Hernandez-Gonzalez, L. Henriquez, R. Westermeier and J. A. Correa. "Experimental indoor cultivation of the carrageenophytic red alga *Gigartina skottsbergii*". Aquaculture. 241 (2004) 357-370.

- [34] - M. Yakovleva, I.M.Yermak, E.A.Titlyanov, A.O.Barabanova, M.L.Quartino, H.E. Zaixso and A.L. Boraso De Zaixso. "Biological and environmental characterization of marine macroalgal assemblages in Potter Cove, south shetland Islands, Antarctica". *Bot. Mar.* 48 (2005) 187-197.
- [35] - S. EL Bacha. "Biologie, écophysiole et biochimie de deux agarophytes de la côte Atlantique marocaine". Thèse de Doctorat Es sciences. Fac. Sci. Kénitra, Maroc, (2006) 162p.
- [36] - K. Kostamo and A. Mäkinen. "Observations on the mode and seasonality of reproduction in *Furcellaria Lumbricalis* (Gigartinales, Rhodophyta) populations in the northern Baltic Sea". *Botanica Marina.* 49(4) (2006) 304-309.
- [37] - F. El Omari, A. Mouradi, L. Bennasser, M. Bennis, H. Blail, Ah. Mouradi, and Th. Givernaud. "Analyse de la croissance de *Gymnogongrus patens* Agardh de la côte atlantique marocaine". *Afrique Sciences.* 03 (3) (2007) 413-433.
- [38] - F. EL Omari. "Biologie et Biochimie de l'algue *Gymnogongrus patens* (J. Agardh) de la côte atlantique marocaine". Thèse de Doctorat Es sciences. Fac. Sci. Kénitra, Maroc, (2009) 155p.
- [39] - R. Ben Said, M.S. Romdhane, A. EL Abed and R. M'Rabet. "La Rhodophycée *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva, des côtes de Monastir (Tunisie) : quelques éléments hydrobiologiques et potentialités en agar-agar". *Afrique Sciences* 05(1) (2009) 126 - 146
- [40] - A. Mouradi-Givernaud, Th. Givernaud, H. Morvan & J. Cosson. "Agar from *Gelidium latifolium* (Rhodophyceae, Gelidiales): Biochemical composition and seasonal variations". *Bot. Mar.* 35 (1992) 153-159.
- [41] - J.A. Seoane-Camba. "Algunos datos de intrés en la recoleccion de *Gelidium sesquipedale*". *Publ. Tec. Junta estud. Pesca, Madra.,* 5 (1966) 437-455.
- [42] - M. Chikhaoui. "Etude de la biologie et de la biochimie du carraghénophyte *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Rhodophycées, Gigartinales)". Thèse de doctorat. Fac. Sci. Kenitra. (2001) pp 167.
- [43] - L. M. Hassani, "Biologie, Biochimie et écophysiole de l'agarophyte *Gelidium sesquipedale* (Turner) Thuret (Rhodophycées, Gélidiales)". Thèse de Doctorat en sciences, Fac. Sci. Kénitra, Maroc. (2000) p. 157.
- [44] - R. Ugart and B. Santelices,. "Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in Chile". *Aquaculture* 101: (1992) 7-16.
- [45] - FJ Molloy and J.J. Bolton,. "The effect of season and depth on the growth of *Gracilaria gracilis* at Ludertz, Namibia". *Bot. Mar.* vol. 39: (1996) 407-413.
- [46] - Az. Mouradi, A. Amimi, F. El Omari, Ah. Mouradi and T. Givernaud. "Biological cycle of *Gigartina pistillata* (Gmelin) Stackhouse in Nations beach of Morocco". *Algological Studies.* Vol. 123 (2007) 73-93.
- [47] - L. Pereira and J.F. Mesquita. "Population studies and carrageenan properties of *Chondracanthus teedei* var. lusitanicus (Gigartinaceae, Rhodophyta)". *J. appl. Phycol.* 16: (2004) 369-383.
- [48] - L.M Irvine and W.F. Farnham. Halymeniaceae. In: "Seaweeds of the British Islde. Volume 1. *Rhodophyta*, Part 2A Cryptonemiales (sensu stricto), Palmariales, Rhodymeniales". (Irvine, L.M. Eds) London, 1 (2A) (1983) 17-51.
- [49] - A. Mouradi, L.M. Hassni, Ah, Mouradi, I. Hrimil, M. Bennis & Th. Givernaud. "Analyse de la croissance de *Gelidium sesquipedale* (Turner) Thuret (Rhodophyceae, Gigartinales) de la côte Atlantique marocaine". *Afrique sciences,* 03(3) (2007) 434-460.
- [50] - A. Mouradi, M. Chikhaoui, M. Fekhaoui, L. Bennasser, N. Chiadmi and Th. Givernaud. "Croissance et capacité reproductrice de *Hypnea musciformis* (Rhodophyceae, Gigartinales) de la côte atlantique marocaine". *Afrique Science.* 04 (1) (2008) 99-124.

- [51] - Th. Givrnaud, A. El Gourji, A. Mouradi-Givernaud, Y. Lemoine and N. Chiadmi. "Seasonal variations of Growth and agar composition of *Gracilaria multipartita* harvested along the Atlantic coaste of Morocco". *Hydrobiologia*. 398/399 (1999) 167-172.
- [52] - S. El Bacha, A. Mouradi, A. El Gourji, B. Benazzouz and Th. Givenrnaud. "Cycle biologique de l'agarophytes *Gracilaria multipartita* (Clemente) (Rhodophyceae, Gracilariales) sur la côte Atlantique marocaine". *Actes Inst. Argon. Vet. (Maroc)* 24 (1-2) (2004a) 23-34.
- [53] - A. Mouradi-Givernaud, L.M. Hassni, Th. Givernaud, Y. Lemoine and O. Benharbit. "Biology and agar composition of *Gelidium sesquipedale* harvested along the atlantic coast of Morocco". *Hdrobiologia*, 398/399 (1999) 391-395.
- [54] - R. Perez, R. Kaas, F. Campello, S. Arbautlt & O. Barbaroux. "La culture des algues marines dans le monde". (SDP). IFREMER. Centre de Brest. (1992) 613 p.
- [55] - A. EL-Gourji. "Biologie et biochimie de l'agarophyte *Gracilaria multipartita* (Clemente) Harvey (Rhodophycée, Gracilariales)". Thèse de doctorat en sciences. Fac. Sci. Kénitra, Maroc. (1999) 166 p.
- [56] - K. Rama Rao. "Studies on Indian Hypneaceae. II. Reproductive capacity in tow specieces of *Hypnea* over the different seasons". *Botanica marina* 20 (1977) 33-39.
- [57] - O. Benharbit. "Biologie, Morphogenèse et Ultrastructure de l'agarophyte *Gelidium sesquipedale*". Thèse de 3^{ème} cycle. Univ. Mohammed V. Fac. Sci. Rabat. (1989) pp 333.
- [58] - A. Mouradi, M. Chikaoui-Khay, M. Fekhaoui, R. akallal, A. Guessous & Th. Givernaud, "Variabilité interspécifiques de trois algues rouges: *Hypnea musciformis*, *Gracilaria multipartita* et *Gelidium sesquipedale* (Rhodophycées) de la côte atlantique marocaine". *Afrique Sciences*, 2 (03) (2006c) 365-385.
- [59] - A. Mouradi. "Recherches biologiques pour la production d'agarose chez *Gelidium latifolium*". Thèse doctorat ès-Sciences naturelles, Univ. Caen. (1992) 351 p.
- [60] - Th. Givrnaud, N. Sqali, O. Barbraux, A. Orbi, Y. Semmaoui, N. Rezzoum, A. Mouradi and R. Kaas. "Mapping and biomass estimation for a harvested population of *Gelidium sesquipedale* (Turn.) Thuret (Rhodophyta, Gelidiales) along the Atlantic coast of Morocco". *Phycologia*. 44 (1) (2005) 66-71.