Limnol. Oceanogr., 54(3), 2009, 1002 1014

Ba a d bde ec d b a e e : Ge c e ca e f t a t d a c ca a te e t?

J e T eba t,[a,*] La e t C a a d,[b] S a e L'He e,[c] Jac e Ca e,[a] A e e Ba a t,[d,1] Se e e Jac e t,[e] C t e Pec e a,[d] a d Da d A d

[a] U e t de B e ta e Occ de ta e, Lab a t e de Sc e ce de 'E e e t Ma (UMR CNRS/IRD/UBO 6539), I t t t U e ta e E e de a Me, Tec e B e -I e, P a e, F a ce
[b] CNRS, Lab a t e de Sc e ce de 'E e e t Ma (UMR CNRS/IRD/UBO 6539), I t t t U e ta e E e de a Me, P a e, F a ce
[c] CNRS, Lab a t e de C e Ma e (UMR CNRS/UPMC 7144), R c ff, F a ce
[d] CNRS, E e de C e A a t e B -I a e e t E e e t (UMR CNRS/UPPA 5254), I t t t P d c a e de Rec e c e 'E e e t e t te Ma te a , Pa , F a ce
[e] IRD, U t de Rec e c e Ca e a (UR 103), N ea, Ne Ca ed a

Abstract

Ba :ca c a d bde :ca c a t e e e ta ed e f te t ca ca *Comptopallium radula*. T e e c e e e a e ted a e te t e ta f Ne Ca ed a af ct a l- d ca e . Ca c ta a e e e t a fe f b e a a t e e a e-ab a ted a te a a ta , a d a a ed f Ba a d M c te t ta d c te c ed a a a c t e t. Ab t da t f e ec a t a ed te ba f d c f a t f e t t ed t te acc a te ec t c t f te e t c a a t f e e e a t a t t b ee e t . I t d d a a ab t f Ba:Ca a d M :Ca t e e e a , d cat a e e a c t te c a t f te e e e t t e . B t f e e e c a ac te ed b a bac d e e c ta ted b a a . T e e t f da t e c ed Ba (a d bed d de a ca ted t te f te) te t e ca e f te f a t f Ba:Ca a . S e c b t f da t -a ca ted ba ta a be. I e e ta ce, Ba:Ca d b be a f te t a d a t de f da t b . A a te te e ta t d be ad a ced te a te cc e ce f M :Ca a , te t a be a a t be te e t f t a t ce NO_3^-, a d te ef e c a e e f M e ed f te ac t t f ta ted c a te. If t , te M :Ca c d be a e f ta ta eb t a t ca a ec t , e t ec t c t te ba a ce be t ee e a d e e a ted d c t e e e t.

I t d c t

A t te acc t f <1% f te t a t - te t b a , t a t a e te te f te Ea t, be e be f >45% f te t a e d c t f te b e e (F e d e t a . 1998). Rec ed a a a c e t f te ba ca b c c e, t be f e t ca a f t te effec t f c a te ca e, e t te c e a e f a t e c CO_2 t te b ca b ta ca b f te a t e e a d t t te dee ea. I add t , t a t a e te ba f a cea f d ca , f d f e t c e e ; te ef e, te a e a d dca t f te e a ea t f cea ec t a d f e e.

G e t ec ca a ce, a e e t f t t a t d a c a e ece a f a be t de- a d f a ce ta b a d te t c e, ec a t ca e, a a t f t f t c a d ed, a d c ec c c a e f a c te de d a e e ce. S c e d c t t da a t e t c e- te a t H ce e a e a e te e ef t ace c ta t te e c te e f a t e c f c a d a t a a a t te c a e c e t be ed te f c t f a e ec t , c c de: c a e a d c t e e (Sa e te t a. 2004), ca e te c t f t a t c te (M e t a. 2006), a d d f ca t f te eff c e c f CO_2 a e t c a e c c a t a d e t ca (I t t e t a. 1996). F a e d c t t da a te ta e ece a t t a d ef ec a t de ded ca ted t te ed c t f te f te f a e ec t .

I t e a ec d f a d c t t, e e, a e e te e ca ce t e a d ce; t d ec d e t c e te f ta t t ca e t a t d te a t 1970 . F t e a d ace t t d ec t b e a t , e cea a e e ec d f ea- ab e a e t . F e e a decade , a tde a e f c ed te e f a d tace e e t c ce ta t a c ed ed e t e a e f t a a t f ee a e e a a e t (*see* te e e b He de 2002). A d e e a a f b ca a d e c e ca e a bee e ted ed e t t ec t c t tca e f b ca d c t t a d t

* C e d a t : e . teba @ -be . f

[1] P e e t add e : U e t de N ce S a A , I t t t de C e de N ce (FR CNRS 3037), Lab a t e de Rad c e e t de Sc e ce A a t e e t E e e t (EA 1175), N ce, F a ce.

fe te e t f ca b a ca a ed t t e; te e e c de acc a t f ca c ca b a ct, , a d a c a tt; ca e f a fe a a e-b a e; a d acc a t a ct f a e ba ct ($BaSO_4$), e ce acc a t f a (A) a d ba (Ba), a d a t f Ba : ta (T) a d A : T (A e ta d Pa a 2004). H e e, te ct a e t f c ec t c-t , e e a c a e ta decade . T e ef e, eff t a e bee ade t a e te ct ta f tace e e e tc ct t a e b e c ca b a ct, e ca b a e e , a -e t , e f a t t a t d a c (S etc e e ta . 1996; Va de P ttt e ta . 2000; G e ta . 2006).

M e t cc b d c acc e t f ca c ca b a ct a e . T ec e t e t de te ba f a ca e da da ct t eac cce e c e e t f acc e ctd e a ct a . I c ta t t c a a d a ed ed e t, t f d t c ta d ea d ce ab e c cad a , c ca d a , tad a t t c t e a d, te ef e, de f-a t b e a a a t f e e e a c d t (e. ., Sc e e ta . 2005). I te t decade, a t de ctd te e e ce f a c ea e Ba c ce ta t e a bac d e e e f e e a b a e ce , c d : *Mercenaria mercenaria* a d *Spisula solidissima* (S etc e e ta . 1996), *Mytilus edulis* (Va de P ttt e ta . 2000; G e ta . 2006), *Saxidomus giganteus* (G e ta . 2008), *Pecten maximus* (Ba a t e ta . 2007; G e ta . 2008), *Mesodesma donacium*, a d *Chione subrugosa* (Ca e e ta . 2006). M t t de e etd a a e be tee t-a t b a d te f a t f Ba a te e e . H e e , t t c ea e te t a e d ec , t t te e t f Ba- c t a t ce , d ec , t t te e t f $BaSO_4$ c a f ed e tt t a t f c ta f ct b . T ec d te a ece t ef ctd b G e t a . (2008), c c ded ta t Ba : ca c (Ca) a *P. maximus* a d *S. giganteus* e a e ca ed b a a e t de ct ede e a t f c . Af ct e t , Ba de e ed t te ct f e a a t t Ca c a e (Ma c a d Jeff ee 1994) a d f a b d t te c a a t ce (Ta e e e ta . 2008). Be de Ba, te tace e e e ta bee de t ed b a e e a a ct ta f t a t d a c . H e e , e a a ta tc e (e. ., a e ab a t c ed t a d c t e c ed a a a c t e ct [LA-ICP-MS]; G a 1985) a te acc a ct ea e e t f ct f e e e ta c ed b e c ca b a ct t a fe ec d . T e ab d e e e tc de ab c ea e te bab t f d c e e e cea a c e . I a e a t d f ed e f te ea t ca *P. maximus*, Ba a t e ta . (2007) e ta ed te ct a a a t f c ce ta t f 16 e e e t t LA-ICP-MS. T e a t t d ctd e te e t b de (M) c ce ta t t e e e e , e e t c tt t Ba ec d .

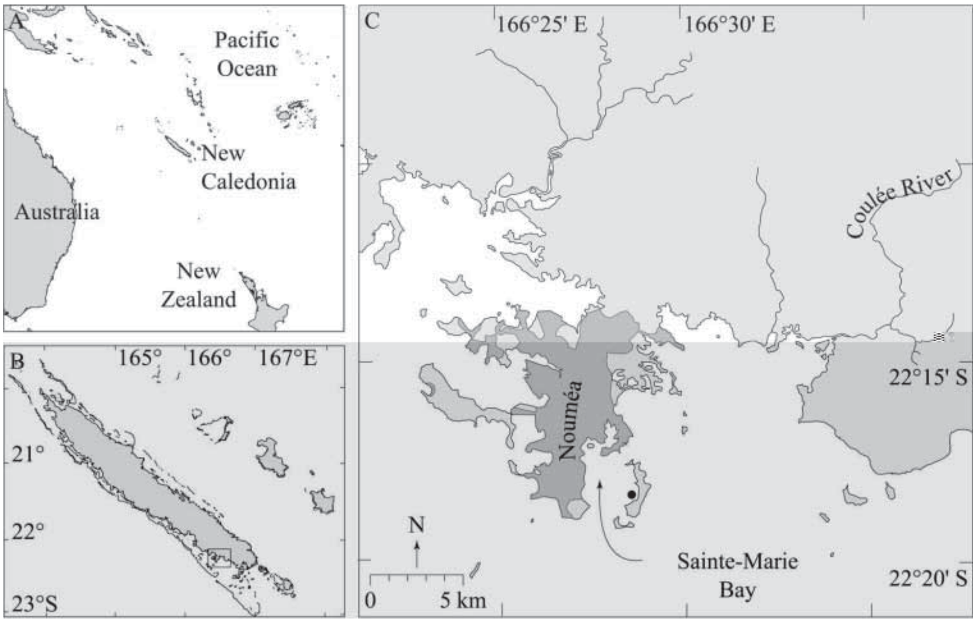
He e, e e e te c ec d f Ba : Ca a d M : Ca a t b a e e . We f c ed e e ca , *Comptopallium radula* (L ae 1758), c ec ctd te t e ta f Ne Ca ed a a f ct a l- e - e a t e . T e a f t a e (1) ta a e te be a f M *C. radula* e a d e a ct t t te Ba ec d te a e e , (2) t e e t te d ffe e tb e c e ca ce e ta t ca be f a d te a te ct a a a t f te e e e e a t a t e , a d (3) t a e te ct ta f t e e tace e e e ta e f de c b t a t d a c c a a t e e t.

Me t d

Ne Ca ed a a a c a ca ctd te t e t Pac f c Ocea , 1500 ea t f A ta a (19 23°S, 163 168°E; F . 1A). T e a a d ded b a 1500- - ba e e ef e c a 21,700 ^{2} a (F . 1B). I t bec t t a cea c t a c a ct c a a c ct ed b f ea . T e a a d e t ea , a ca ed c c c ea , a t f Dece be t Ma c . I t f ed b a ta t d A a d Ma d c ct a t e a d a fa t dec ea e. T e c ea a t f J e t A , ta d d c - e e ct c f te Ta a Sea e t e t Ne Ca ed a t e a a fa . T ea f a f ed b a d ta t ea f Se t be t N e be .

O t d ct ca ctd te tea ct t f Sa ct-Ma e Ba (t e t a ; 22°18.22′S, 166°28.89′E), c e t N ea, te ca t f Ne Ca ed a (F . 1C). T a - a ct ct (5 de t), t a b ta ct c t f dd a d, e ct ed f d a t tade d (b f te ea -t tea). Wa ct e de ce t e te ba <4 d (B a 2000). T e c e t e (C ee R e) ca ctd 15 tea t a d (F . 1C).

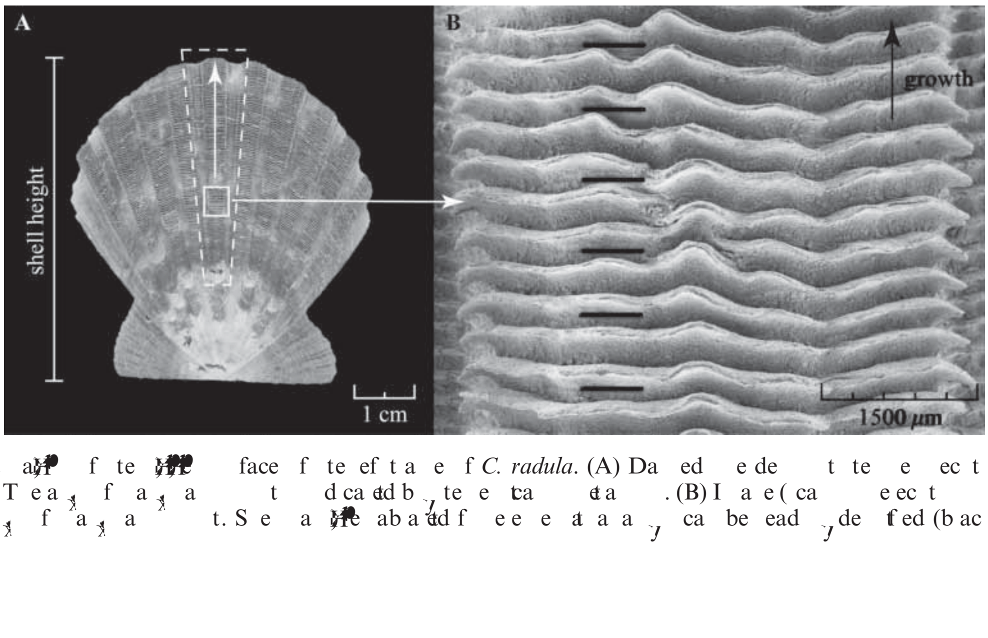
A d ca e a f ed a t t ct f A 2002 t J 2003. B tt - a ct ct a t e a ec ded t a EBRO EBI 85A te a be f ed 30 c ab e te ed e t B tt - a ct a t a ea ed ee t a SeaB d SBE19 f e a d e ctd acc da ce t te P ac ta Sa t Sca e. Wa ct a e e e c ec ctd ee 1 ab e te ed e t t a 5- ct N b tt. T e ee ed t de ct e ce t e a t a t a d a (NH_4^+), ta ct + t ct ($NO_3^- + NO_2^-$, e ea f ct e fe ed a NO_x^-), c *a* (C *a*), a d e t *a* (P e *a*) c ce ta t . D ed e (DO) c ce ta t a ea ed b te W e e t d, d fed b Ca ct (1965). DO a t a t c ce ta t a ca c a ctd f ct a t e a d a t da ta acc d t Be a d K a e (1984). NH_4^+ c ce ta t a ea ed b te t ta d a d e de-ba ed f e tc e t d de e-d b H e e ta . (1999). NO_x^- c ce ta t a ea ed acc d t tea t a ctd c e tc ce-d e f Ra ba te ta . (1990). C *a* a d P e *a* c ce ta t e e de ct ed b te f e tc e t-d f Ye tc a d Me e (1963). A e a e da f f te C ee R e a ba t ed f te Ne Ca ed a e e t Obe a t f Wa ct Re ce .



F . 1. (A) L ca t f Ne Ca ed a te t e Pac f c Ocea . (B) Ma f Ne Ca ed a. (C) Pa t f te t e ta f Ne Ca ed a a d te a f N ea (ba ed a ea a e d a ed da a). T e bac d t Sa e-Ma e Ba d ca e te ca t f td e.

C. radula (F . 2A) a a e (e e t t 100) ede a f e-feed ca de b a c c a c a e f a e tbed , e e a be tee 0.5 a d 5 de t, te t ca I d -We Pac f c Ocea . I t ca c e e t ed t f e c ce tc tae f ed t a 2-d dc t (F . 2B; T eba te ta . 2006). T ee e e c e (e e t = 56.5 63.2) e e c ec ed a e a t te be f a ta e 2003. J e e e e c e beca e te a e te a e ta a c ea e e e (c ed t a te c e) a d de te e te a e t ca b a e ec d . T e e e e c ea ed b a 90% ace c ac d f 45 60 t e e b -f , ed t d t ed a e, a d a d ed. W t a d a d a , a ec t (~13 × 40 ; F . 2A) a c f eac e t f t t a ab a t ca be .

Ab e Ba a d M c ce ta t e e e ea ed te e ec t b LA-ICP-MS. A X7 T e E ec t ICP-MS c ed t a Ce ac LSX-100 ta e t (UV) a e ab a t e a ed t te a e e ed Ba a te a . (2007). A a e e e f ed te e e face f te e . A t d ffe e t f a t a d e e e a te td e (a a e f ed te c -ec t a face f te e ; S e e e ta . 1996), t e t d c ed td e dea t ca e e c e t (L a e ta . 2005; Ba a te ta . 2007; G e ta . 2008). A c ea c t f a e e ab a t a c d c ed ed a e bef e e e e a a a e t



F . 2. P t a f te face f te ef t a e f *C. radula*. (A) Da ed e de t te e ec t e ed t te ab a t ca be . T e a f a a t d ca ed b te e ta e a . (B) I a e (ca e ect c c) f tae a e a te a f a a t. S e a e ab a ed f e e e a a a ca be ead de f ed (bac e).

e e e face c a a t (ad bed de t a a a a d te a fac t ta ca d t te te f b e a a t). O e a (525 × 80 μ) e e t a fe f b e a a t a aba dee t tae (.e., e e 4 d f t) a tea , f a , a t (F . 2B). D ac t , a e e ec ded f ^{43}Ca, ^{98}M , a d ^{138}Ba. ^{43}Ca a ed a a a a da d t c ec t f ae bea e e d f , t f c a a t a t te a face, a d ICP-MS d f . t E e e t a f ca t a ca ed t ta - e a da d c t f c ec a ed, e a -e c ed $CaCO_3$ de e ed t c c e t (Ba a te ta . 2007). A t te e e tca bec de ed a t , a c ed a da d , te def e deac e a t , a t ta NIST a a da d (U.S. Na t a I tte f Sa da d a d Tec -) c ed f tee d f tde. Ab Ba a d M c ce ta t e e f a c e e d t a a t (Ba : Ca a d M : Ca), a 100% $CaCO_3$. De ec t t e e e ta d f te a e f a ba (3σ) a d ee 1.2 × 10^{-3} a d 19.5 × 10^{-3} μ $^{-1}$ f Ba : Ca a d M : Ca a t , e c te- . K te d c t f tae f a t , a ab da e f f a t a f a a ed te ac a e a e a te e b bac da t f te a t ta (a e t da). I t d be ed, e e , ta t a de f ca t a d c t f ca tae a e e te tc a d ca ead t ce a bac da t (*see* T eba e ta . 2006). M e e , e t ce a t ca cc d a fe da a ec da effec t f eda t a t (e. ., b c ab ; L. C a a d b .). S c t t a e a d de f abe te e face. C e e t , te t f e c e ca ec d c e a ce a t f a fe da .

O e f te c e (e e af e f e ed a S e N . 2) e e d a c ea be a t e t t e a face, c e d t a dd c e t cea ed (*see* T eba te ta . [2007] f e e e e a a t). C e e t , ec d f ee- e a a t a a a abe f a 2.5- t dd te e f 2002 2003. M e e , tae ab a te b a e (F . 2A) e e d f da t te de t f te e . T e ef e, e ce e ca ec d eac ed bac t te be f A t 2002 (S e N . 2), te e d f A t 2002 (S e N . 1), a d d-Se be 2002 (S e N . 3).

A e t a f tea t f Ba a d M c a d da t *C. radula* e a a de acc d t te f e t d (F . 3). O te ba f te d c t f tae f a t *C. radula*, da e t a e ca c a d f eac e b ea te t c e e t d t a te a f a a t (F . 3A) b a e t d dec bed C a a d e t a . (1998) (*see* f . 3 T eba te ta . [2007] f a e e f da t a f tee tee e). K te f a e e t f eac c e , te e da e t a e e e ed t c e tee t f eac e f eac c ec te da f A t 2002 t te dea t (F . 3B). A b ca e c d t a a d d ec t f 40 ca (e e t = 28.5 107.2) a c d c d f A t 2002 t A t 2003 te

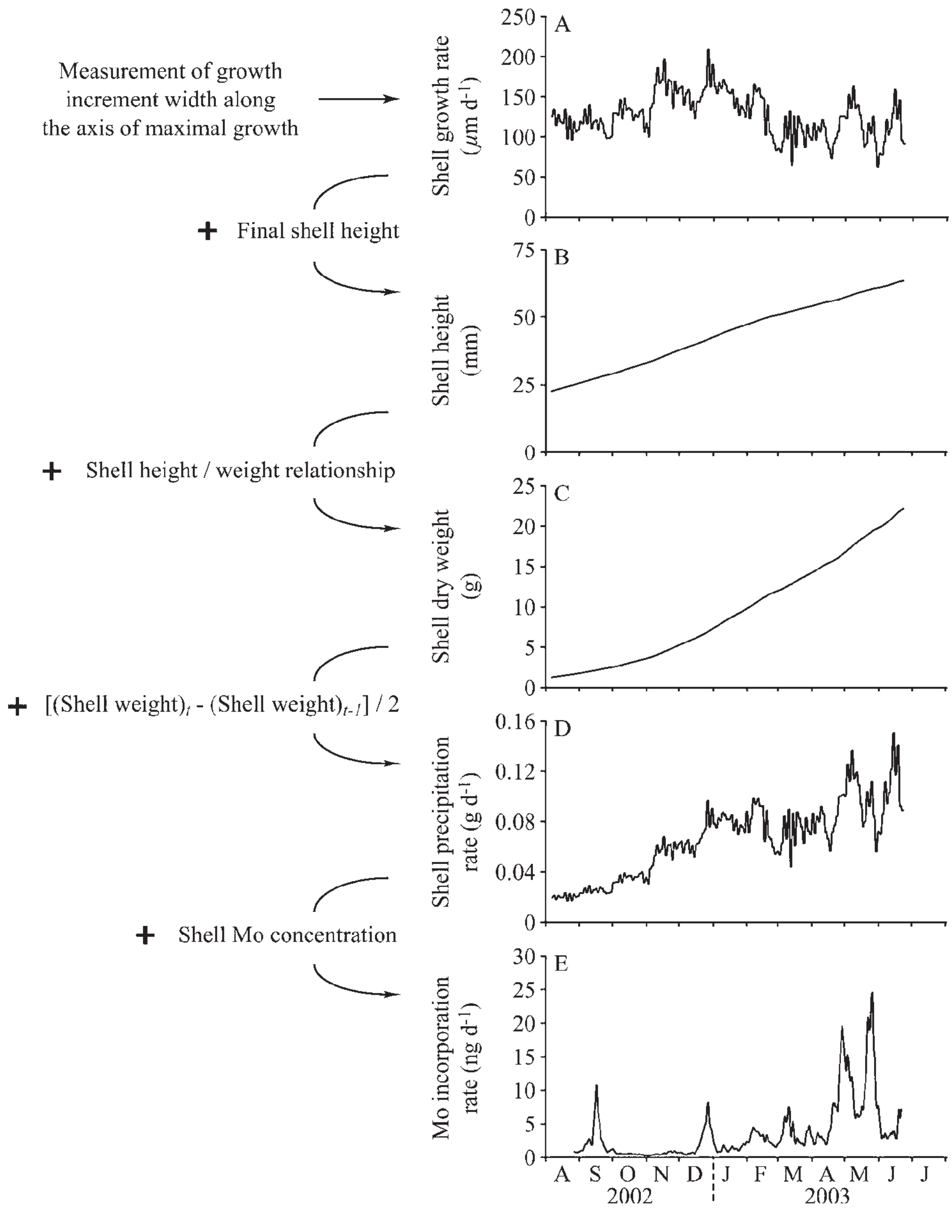
t e ta f Ne Ca ed a (T eba t 2005) a d a ed t de e a e a t be tee *C. radula* e e ta d e d e (F . 4). U t e a t e ca c a d tee t f te e d e f eac c ec te da (F . 3C) a d te a t f e e a a f ed da (F . 3D). T e a ed te te t ab Ba a d M c ce ta t t e ta te a tt f Ba a d M c a d da t eac e f A t 2002 t te dea t (F . 3E). T e de a t , a e t c ec ed, a ta t ee e a a t ea ed te e face a e e e a te f te b f te e .

Pea c e a t c eff c e t e e ca c a d t de f f ca t e a t be tee a f te ea- ed e c e ca , ca , c e ca , a d b ca a abe . S a t ca a a e ee f ed t S a - a c P 5.1 f ta e.

Re t

Hydrological survey—O d ca e c e ed te f ea c a ac te cea c t ca c a f Ne Ca ed a a d c ded a e f t ca c e (E ca) ta ed Ne Ca ed a 14 Ma c 2003 t t eac 56 $^{-1}$ N ea. T e e t f t e a e e e a te f te e a e f e - e a c d t ta tca be f d Ne Ca ed a. F A t 2002 t J 2003, ea da b tt - a a te a ed f 20.4°C t 29.3°C a d e e d a cea ea a , t e ta e te dde f te a ea (F . 5A). DO a t a t a ed f 87% t 116%, t e ta e d te a ea (F . 5A) a d a e e c ea d t e a te (Tab e 1). C ee R e f a f Se be t te be f Dece be 2002 (d ea) a d c ea ed d te e tea , eac 106 ^{3} $^{-1}$ af C e E ca (F . 5B). Sa t e e d a a a t , a f 34.73 t 36.18 a d e , b d a ea a e te td d. L a e e e ec ded f tee d f te e ea t te be f te c ea (F . 5B). Sa t , a a t e e e a te c ea d t te C ee R e f , b t f ca te a t a be ed t e a te (Tab e 1), e t ta t te a a t e d f d t f ea a b f a t a te ta f a ba a ce be tee e a a t a d ec a t . N a t d a ea ed f C e E ca beca e f a f e ec (ee), c a e ta a e de ce te Sa -Ma e Ba (4 d).

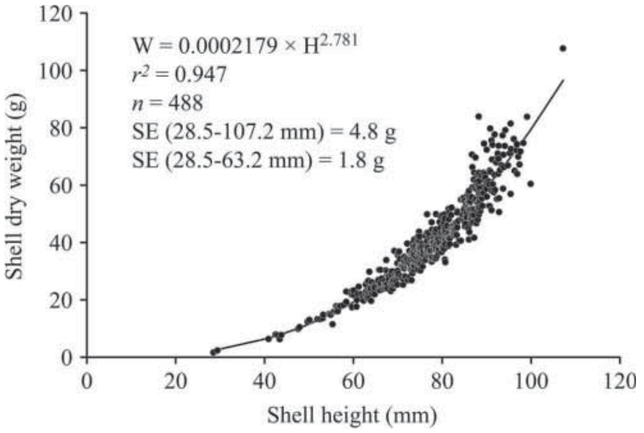
C *a* c ce ta t a ed f 0.34 t 3.89 μ L^{-1} (F . 5C). T e a a t e e e e , b d a bac d e e a d 0.5 μ L^{-1}, c ta d t e e a a a be tee 1 a d 2 μ L^{-1}, a d eac ed a a , a Dece be 2002. C *a* c ce ta t e e d a f ca e a t t DO a t a t , e t ta t DO a t a t a a t ee t c t ed b te ba a ce be tee d c t a d e a t (Tab e 1). A a ca b (C) : C *a* a t f 50 (C a a d C a -R ba d 1990) a d ta t a c ca b 50% f t a t d e t (S tc a d 1960), t C *a*



F . 3. I ta t f te e t d ed t ca c a e da a e f Ba a d M c a t t *C. radula* e . T e e f e t e e d a f e t a e a d M c ce ta t da a b a ed e f te t ee c e t d ed t . T e a e e t d a ed f te c e a d f te ca c a t f Ba c a t a e . Da a a t f A 2002 t J 2003 f (A) e t a e, (B) e e , t (C) e d e , t (D) e ec a t a e, a d (E) M c a t a e.

c ce ta t a e c e ded t a d t a t b a f 34 389 μ L^{-1}. P e *a* c ce ta t a e , a f 0.11 t 0.71 μ L^{-1} e te e , e ce t 28 Ma 2003 (2.70 μ L^{-1}; F . 5C). C *a* a d P e *a* c ce ta t e e f ca t c e a ed (Tab e 1). C : P e a a t a ed f 0.6 t 8.8 d te e , t e a e <1 (28 Ma 2003), d ca t f e t a t a d a d a c a t de ada t te a e c t t e (F . 5C). NH_4^+ c ce ta t a ed f 0.02 t 1.85 μ L^{-1} (F . 5D). NH_4^+ e e e e a te f A t Dece be 2002, e ce t Se t be 2002 (1.6 μ L^{-1}), A a d Ma 2003, a d a a J e 2003. NO_x^- c ce ta t a ed f 0.01 t 1.83 μ L^{-1} (F . 5D) a d e e ed ea a a at a t t e f NH_4^+ c ce ta t (Tab e 1), e t ta t te e t f f a c t e a ed, t e e , t a c . I add t , NH_4^+ a d NO_x^- c ce ta t e e b t e e c e a ed t a t e t ta t t e te t t ca e f f e a e t (Tab e 1).

Shell geochemistry—Ba : Ca f te t ee c e a ed f 0.242 t 4.508 μ $^{-1}$ (F . 6A). A t e e e e e ed e a te a a a t f A t 2002 t J 2003. H Ba : Ca a t e e ec ded

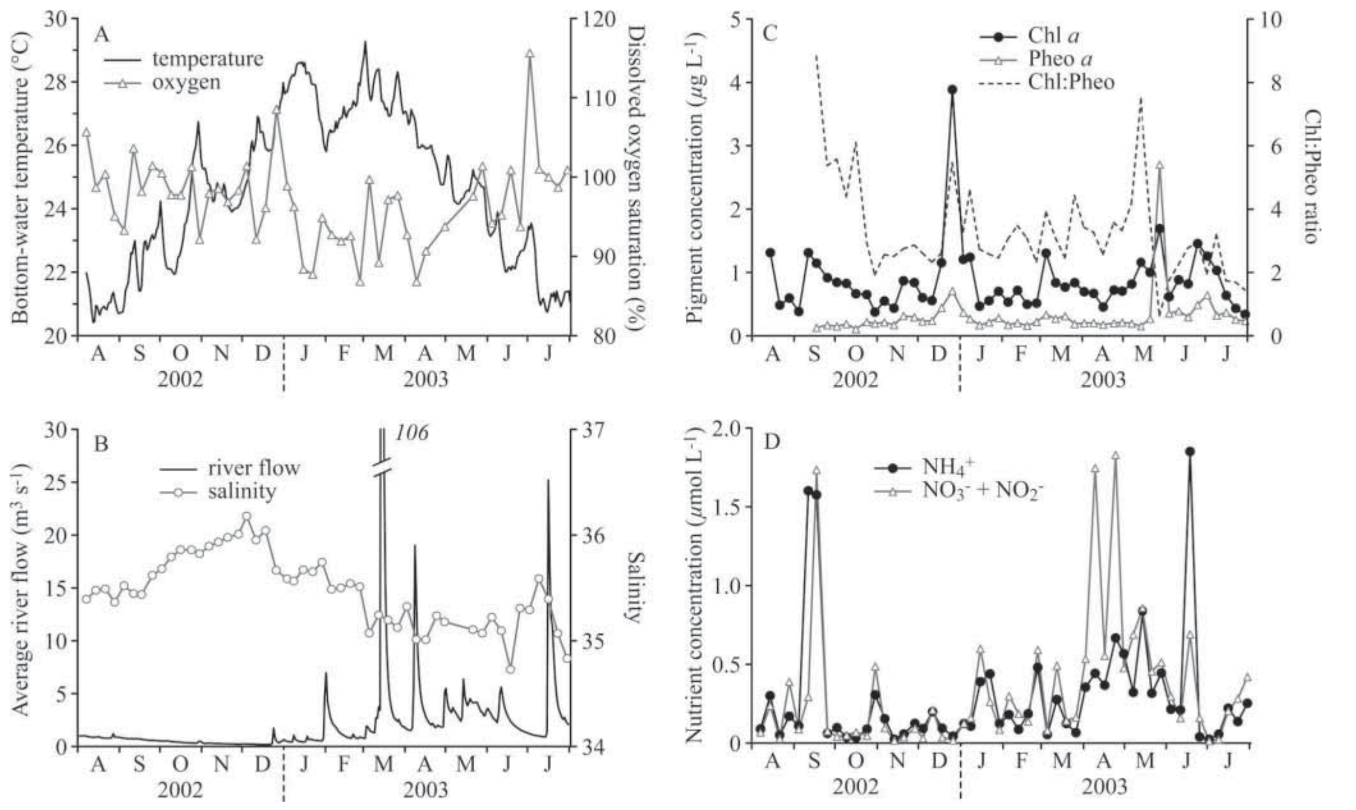


F . 4. A e tc e a t be t ee *C. radula* e e t a d e d e tde ed f b e tc ea e e t f 488 c e . A ed a e a da d e (SE) f t e a t f te e da a e ta d f e e t <63.2 (a e e t f c e).

A 2002 (S e N . 2, da a f te te c e), Se be 2002 (S e N . 1 a d 2, da a f S e N . 3), Ma c 2003 (a e), a d Ma 2003 (a e). T e e ta e cc ed a Dece be 2002 (S e N . 1 a d 3, ec d S e N . 2 beca e f a t t be t ee Dece be 2002 a d Feb a 2003). G e

te e d d a a ab t f te Ba:Ca t e e e (F . 6A), e b ta a e a e Ba:Ca f e (F . 7A). T a e a e t e e e c e f t ea a a a t f C *a* c ce ta t ($r^2 = 0.699$; $p < 0.001$; Tab e 1): b t f e e e c a ac e ed b a e a te f a bac d e e (a d 0.4 μ $^{-1}$ f Ba:Ca, .e., t de f a tde ab e te de ec t) c ta ed b e e a a a , a d C *a* a d Ba:Ca a e e e a te c a d e ded t be t a (F . 7A). T e e Ba:Ca c c ded t te a C *a* a t a 5-d t e a . T t e a a a Ma c 2003. O te te a d, te Ba:Ca a ec ded Ma 2003 a ed ~13 d be d te C *a* a . I t d be e t d, e e, ta t tee e t e a a e f te a e de f a tde a te ce a t t te t f e c e ca ec d .

M :Ca a ed f 0.006 t 0.423 μ $^{-1}$ a d e e ed e e d d a a ab t (F . 6B). I t a ed d a a ca e e a te t te d, t e d c c ea e e a bac d e e . A t te bac d e e a e ta te de ec t , t t a a d be te a f ca t (a def ed a t ee t e te de ec t ; C e 1995). A d c a a t f te bac d e e f M :Ca t te be c de ed t ca e. H M :Ca a t e e ec ded Se be 2002 (S e N . 1 a d 2, da a f S e N . 3), f A t J e 2003 (a e), a d, t a e e



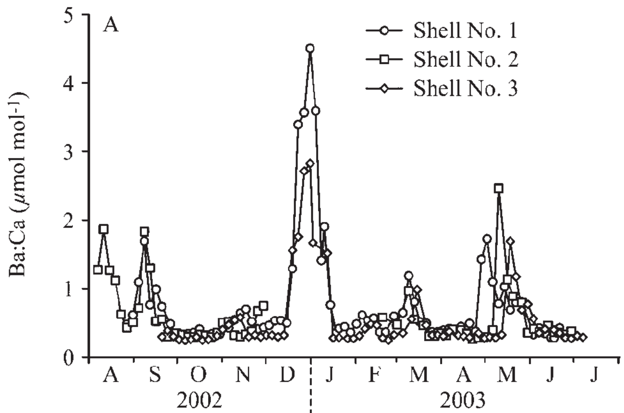
F . 5. Te a a a t f ca, c e ca, a d b ca a abe ea ed b tt a e f A t 2002 t J 2003. (A) Te a t e a d d ed e a t a t . (B) Sa t a d C ee R e f . (C) C *a* c ce ta t , e t *a* c ce ta t , a d C :P e a a t . (D) A a d ta e + t e c ce ta t .

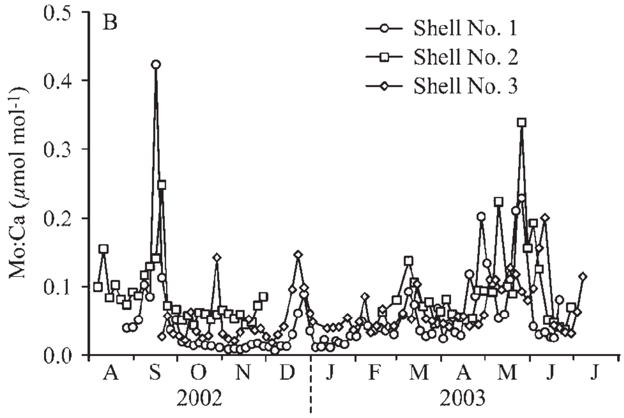
Table 1. Pea c eat c effce tat ed t de f fca teat be tee ea ed e c e ca , ca , c e ca , a d b ca a abe .

		b	c	d	e	f				
A e a e Ba : Ca	a	0.232**	0.111	0.066	0.319	−0.027	−0.002	−0.122	0.699**	0.155
A e a e M : Ca	b		−0.322**	−0.411*	0.199	0.080	0.449*	0.424*	0.323	0.349
Te a t e	c			0.108	−0.423*	0.074	−0.133	0.064	0.102	−0.038
Sa t	d				0.002	−0.377*	−0.352*	−0.405*	−0.009	−0.191
DO a t a t	e					−0.092	−0.028	−0.389*	0.504**	0.281
C ee R e f	f						0.070	0.259	−0.077	0.046
A								0.602**	0.032	−0.011
N ta + t									−0.088	−0.054
C *a*										0.434*
P e t *a*										

* $p < 0.01$.
** $p < 0.001$.
$p > 0.01$.

e , t a Dece be 2002 (S e N . 1 a d 3, ec d S e N . 2) a d Ma c 2003 (a e). T e a t f M : Ca t e e e f te t ee e a ed t b d a a e a e f e (F . 7B). I t bac d e e a tc a tb t ded t e e t ea a a a t , t e t a e a d te ta t be tee te d a d e t ea (Dece be 2002). T ea a a a t a a e t te ea a f e f a t e a d a t . T d b te e , ce f fca t e a t c e a t be tee





F . 6. T e e e f ee e a t a t ac ed e f t ee *C. radula* c e . (A) Ba : Ca. (B) M : Ca.

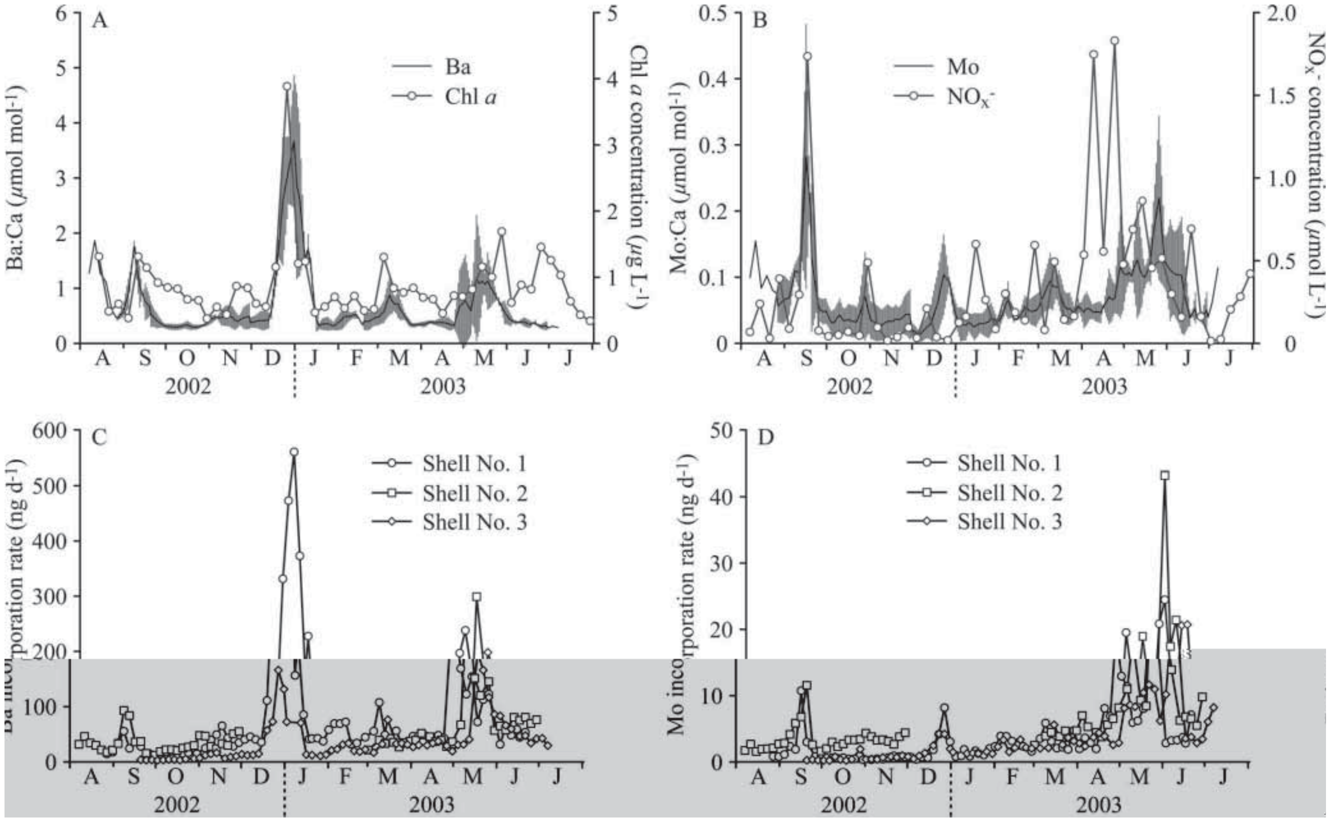
M : Ca a d te e t a abe (Tab e 1). M : Ca ded t be e e te c ce ta t f a c f f t e e e e e a d (F . 7B), a b e a t c f ed b fca t c e a t be tee M : Ca, a d NH_4^+ a d NO_x^- c ce ta t ($r^2 > 0.42$, $p < 0.01$; Tab e 1).

Pe d f M : Ca e e c t Ba : Ca e (F . 6). T d b a fca t e a t be tee a e a e f e f Ba : Ca a d M : Ca (Tab e 1). T e ea e f t c e a t , e e , e d ta t t e a t a t ea . T c e a t a t e acc d t te S a a a c e a t c effce t ($r = 0.455$, $p < 0.001$), c d ca d a ce a c f Ba : Ca a d M : Ca a e .

Te a a a t f da Ba a d M c a t a e e a f a t ee c e (F . 7C,D). T e a f te e f e a a t te a f Ba : Ca a d M : Ca t e e e (.e., a bac d e e c ta d b a d c a). Bac d e e , e e , c ea ed e te fe f te ca , efec t te c e a e te e ec a t a (F . 3D). Ba c a t a a ed f 3.0 t 560.0 d−1, t a a , a ec ded a Dece be 2002 (F . 7C). M c a t a a e de f a t de a e , a f 0.2 t 43.2 d−1 a d eac a a a Ma 2003 (F . 7D).

D c

Barium—T e e e d c b t , f Ba : Ca f e e t ta t te cc e ce f Ba : Ca a c t ed b a e e a fac t . T e e a e, e e , e c ce te t f Ba : Ca a be tee e Ma 2003 (2- ee t e a be tee Ba : Ca a f S e N . 1 a d 3) a d, t a e e e , t Ma c 2003 (Ba : Ca a S e N . 3 a a ed 1 ee a f t e te t te e). T e e d c ce a e e d e t te ce a t , te t f e c e ca ec d . T e c a ac t f Ba : Ca f e (f a t bac d e e c ta d b , a a ; F . 6A, 7A) a e a t t e be ed te b a e c e (S c e e ta . 1996; Va de P e ta . 2000; G e ta . 2008). T e t ta t te c ce f te e face te e a e f e c e ca a a e a fca t



F . 7. (A, B) A e a e f e fee e a a t *C. radula* e (±1σ) e a t e e a da a. (A) Ba : Ca a d C *a* c ce ta t . (B) M : Ca a d NO_x^- c ce ta t . (C, D) Te a a a t f ace e e e t c a t a e e f t ee *C. radula* c e . (C) Ba . (D) M de .

f e ce Ba : Ca ec d e . I t ect , e d c te e t f e e a a be tee te a a a ab t f Ba : Ca *C. radula*.

Ba e ce t c a a e e t t c t ed b f a t (C ffe e ta . 1997). A t c a a c c f Ba e c e , a e e a c a e ea e f d ed Ba f e b e ded a t d e ta e , f ed b c e a te t cea c a e . T e a t de f d ed Ba e ea e de de t te f a f ded c a e a . G e ta . (2006) ed b t ab a t a d fede e t ta ed Ba c ce ta t ad a f e ce te e c e t f *M. edulis*, c t te bac d e e f Ba : Ca. I ca e, te a Ba : Ca cc ed ta f te d ea , e e f e e e . M e e, te e f e e t c t a Ba : Ca a , a d c e a t a b e ed be tee Ba : Ca, e f a d a t (Tab e 1). T e ef e, a a t f a Ba t ca e a Ba : Ca a *C. radula*. A f a f e ce Ba : Ca bac d e e ca be c e e c ded. H e e , te ab e ce f d ed Ba c ce ta t ea e e t ea a e e f be a e te.

T e a t f C *a* c ce ta t a d Ba : Ca t e e e a d te c e t f C *a* a d Ba : Ca a t e ta a e be tee t a t b a a d Ba c a t t *C. radula* e (F . 7A). C de te ce a t t e e ta t , e ca t c c de te e ac d a t f te t e ff e be tee C *a* a d Ba : Ca a . T e t ta ca be a d ta ,t e e a, Ba : Ca e d t cc ab ta ee af a C *a* a . T e e t f $BaSO_4$ c a f ed af a t a t b a bee ad a ced a a be e a a t f Ba : Ca a b e ed e e a te b a e c e (e. ., S e e ta . 1996; G e ta . 2006). Acc d t S e a d K t (1999), a e ba ec a t e e te b c a e f d ed Ba b t a t (te ab c ad t f Ba t a t ce face , e. ., t d de ; S be e ta . 2005), e t a t f Ba- c c e . T f t f ed b a e ea e f d ed Ba a d b a c ea e SO_4^{2-} c ce ta t d t a t ce , ead t e f a t f $BaSO_4$ c a . T ec a a ad a ced t e a te a d a d ea c e e a f d ed Ba te De a a e e ta a t ee d f te 1996 b (S e a d K t 1999).

T e be t c d t f ba e f a t a e f d t c e e t a t f a e ba e f ece t dead d a t (B 1988). A - d - ca e c d c ed f N e be 1999 t Ja a

2003 ed ta td a t e e td >90% f te t a c a a ab da ce Sa t-Ma e Ba (Jac e te ta. 2006). T e e t f e de ce d ca t ta t tC *a* a b e ed d e e ef ec td d a t b , a a e t t t ted a t -a ca td ba t te . T e ab e ce f Ba : Ca a e a t te ed f Ma a d J e 2003 c d ea ta t t a t b ec ded 28 Ma 2003 a d 25 J e 2003 e e d a td b te t a t ca e (e. ., d t c cc t d ; Jac e te ta. 2006). T be , c d te a t f ba t e e ta ec a td t e tt d a t f c e a te a t t f Ba f d *C. radula* e ? Ba c ce ta t a bee ea ed d ffe e t a e d a t ce c t ed a f ca ed a, a t a ea a t, c ec td a tea (R e a d R t 1971; De a e ta. 1980; F e e t a . 1991). t a e f 3 t 248 μ $^{-1}$ f d t a t e (a e a e = 63 μ $^{-1}$). O te ba f t a e a e a e a d e e t a t f d t a t b a d e (34 389 μ L^{-1}), te a t f Ba a d bed t d a t ce d a e a ed f 2 t 25 L^{-1}. Acc d t Ga e a e ta. (2003), <4% f t Ba c e td t ba t. T ea ta t te a t f Ba ta t c d be e td b *C. radula* a ba t c a a ed, a t , t be tee 0.08 a d 1 L^{-1}. I c , te da a t f Ba c a t t e a 3 560 d^{-1} (F . 7C). N da ta e a a ab e f ta t a d e t a t f *C. radula*. Ne e tee , ca a e t be a be t f t ~5 L $^{-1}$ $^{-1}$ d e t f f t t a t t t a t e c d t (Pa e 1980; La 2004). G e te e a t be tee d e (*W*,) f f t a d e e t(*H*,) de ed f te b ca e c d c td b T e ba t (2005) *C. radula* (W = 3.89 × 10^{-6} × $H^{3.066}$; r^2 = 0.827, n = 441), e e t a td ta t c e t e e ta f 20 t 60 f t be tee 5 a d 132 t f ea a t da A t ca c a t a e a , a t , te ta t te e t f te e f ba t a t f te deca f d a t b ca e a a a t f te a t f Ba c a td da t te e .

D a t t be ed te f a t f Ba : Ca a t a te ce . S t be e ta. (2005) de ta td ta t a t f Ba ca be a d bed d de a ca td t d a t f te . I deed, (Fe) c ce ta t te e t a ed a dab e t ec a t f d de t ce face (M e a d He 1993). T e t t f t ce t c ea e e I e ab e 8 (*see* f . 4 S t be e ta. 2005). Wea te f Ne Ca ed a , a e c ed f taba c c (d te), t a t t e c ed ta t e a t d ce a t Fe t te a (A ba ta e ta. 1997). Beca e ea a t H a ed be tee 8.1 a d 8.3 td t (T e ba 2005), a t f d ed Ba c d a e bee ad bed t d de ec a td t d a t f te d b . Af t e t f c Ba- c d a t b *C. radula*, a t f Ba a ca td t d de c d b be de bed beca e f te ac t f t H a d ab bed ac te t e te t eac te t a f d bef e be e e t ed t te e . C de e t a t (1) f te a t f Ba a d bed t d a t ce (2 25 L^{-1}; *see* e a a), (2) f te da a t f Ba c a t e (3 560 d^{-1}; F . 7C), a d (3) f *C. radula* f ta t ca c te (5 132 L d^{-1}; *see* e a a), e c c de ta t te e t f te Ba a d bed d a t f te (a tea ta f ac t f t) c d e a te a t f Ba c a td da t te e . T e a e e f ea ta a , t c t be t . I te ab e ce f be t c C *a* c ce ta t ea e e t, c ea c c ca be d a ab t te be f e ce f te e c a ae e c e t a t e c t be t c d c t a d d a td b d a t te t e ta f Ne Ca ed a (C a e a d Ga e 1999; C a e e ta. 2005). Re f be t c d a t b *C. radula*' a e e e t a d te b e e t e t t a e d ced Ba : Ca e d d f be t c a d c t .

Molybdenum—P f e f M : Ca *C. radula* a e a a a (e d c c ea e e a bac d ee) t t e ba ed *P. maximus* f e t F a ce (Ba a te ta. 2007), e t b t M a ca e . T e c f Ba : Ca a d M : Ca a e t ta t te ce ce e e be f te t a a a t t a e, t e e t , ta c . A e e a t c t f M : Ca e , e te d t e e d c b t. Se e a te e , d c ed te e a a , a d d e te f a t f M : Ca a .

G e te f ca t e a te c e a t be ed be tee M : Ca a d a t (Tab e 1), M : Ca a a t *C. radula* e c d t e t f a a t fe a t t. H e e , a ca ef e a a t f M : Ca a d a t t e e e (F . 5B, 6B) e ea ta t fe a t t a a t te a te ea a a a t f M : Ca bac d e e b t M : Ca a . M c ce ta t ~20 t e e e ta ea a t (M f d a d E e 1999). T e ef e, t e ta t e t c d a e a d a f ca t effec t M c ce ta t ea a t a d f te e . O te te a d, fe a t t c f a tea td e a e f N ea c d e e t f ca te e f d ed M , t e a t be de ed d t (e. ., a). A f e ce f a d a t t M : Ca bac d e e ca t be e c ded. T c c t be c de ed t ca e, e e, ta t t bac d e e a e te be te t f a f ca t f te LA-ICP-MS e t d.

H M c ce ta t a e f d ed c ed- e t, a a ca t t a a e e de (M O$_x$; C a e ta. 2002). Re b a t f t M d M O$_x$ ed c t d ce a e ea e f d ed M e a t, ead t c ce ta t e a t (C a e ta. 2002). T a d ta t f M c t ed b b t ba t a d te M c ce ta t a de t be tee e a d b tt a e (Da a e ta . 2005). E a ced f a c a te beca e f d c t t e t fa e ed ca e ed e t, ed a e M c ce ta t ade ta d dde c ea e d ed M c ce ta t b tt a e (Da a e ta . 2005). S c a ec a t a e d ced e M c ce ta t e a f d a d f a e , e a M : Ca a . T e te t t t a t . T e a , a t- a t b a , c c d a e ed t b c c d t a t te ed e t a e e face (*see* F . 5A f te a d DO a t a t a t te e d f Dece be 2002), a t c t a M : Ca a . M e e , M e ea e t f te ed e t cc a bda e (M O_4^{2-}), te b e f f M ea a e (C a e ta . 2002). Me a b acc a t a e a , a t f e ced b e f e e (t c e e e t te d e te a d a d d ed e e e te e e t te), t f e ced b te d e a a e f e a b d t t c e , e ca b a e (L a a d Ra b 2005). B a a e a d M a a d (2005) f d ta t t f te M c a ed f t f te ca *Chlamys varia* a ca e d te d e te a d (42 56% f ta M c ed t 5 8% te). N e ta . (2005) a f d ta t te M c e t t te d e te a d f te a d Pac f c ca a e de f a tde e ta te . M t f te M e e e ed t ca e te c d a e a d e a . He ce, t ee e ta M : Ca a d a e f te eff f d ed M t f te ed e t.

A te te a a e be tee M : Ca a d t a t d a c . M a be a e c e a- te ea a e (C e 1985). H e e , De e ta . (2007) b e ed a c e a te be a f d ed M te Wadde Sea e a t t a ae b a d bac e a ac t t; a t a t b b ea d e e d te e ea e f a t f a c c d b ce e , acce e a t bac e a ac t t, a d t te f a t f a ea e a e . Bac e a ac t t te e a e a e d ced te c e a t f b c c e , c e a be d f a t f M (De e ta . 2007). Sed e a t a d b e e t e t f c M -e c ed a e a e de a e a a t f M : Ca a b e ed *C. radula*. H e e , f ca t c e a t e e b e ed Sa e -Ma e Ba be tee C a c ce ta t a d a d c t a d be tee a d c t a d bac e a d c t (S. Jac e t b .). M -e c ed a e a e ed e a t , a d b- e e t M c a t t te e , d te a e eac ed a a Dece be 2002, c a t te ca e. M e e , ee SCUBA (e f c a ed de a e b e a t a a t) d te td e e ea ed te abe ce f a e a e a e te a e c . O te ba f te e a e t, a e a t be tee M : Ca a a d ed e a t f M -e c ed a e a e a t f a a deca ca a d be ded ced.

M a e e e ta c fac t f t e e e be f t e ed c t a e a : ta e ed c a t e a d t e a e (C e 1985), te a te be e c e f d N_2-f a e (a c a bac e a). Ma N_2-f c a bac e a a e bee e ed, b t *Trichodesmium* a d *Richelia intracellularis* a e ta d t a c de e d te d a t a e d a t (Se e 1997). We d d t be e *Trichodesmium* b td e d e A t f d ee a ba a d N ea, *R. intracellularis* a t e ed Sa e -Ma e Ba (Jac e te ta . 2006). M e e , N_2 f a t ea t dec ea ed, e e c e b e d, e a e a te ce f a c t e a e a a abe (C e e ta . 1999). T e e a e a te N ce e e e e de e ed d e (a e $[NH_4^+ + NO_3^- + NO_2^-] = 0.04$ 3.31 μ L^{-1}). If M : Ca a ad bee f ed af e te e t f N_2-f c a bac e a, te e a d a e cc ed d d e d ed a c t e c ce ta t a . Ye t e be ed a te c e a t be tee M : Ca a t a d t e te t c ce ta t (Tab e 1). He ce, t e e ta t M : Ca a d a e bee f ed af e te e t f N_2-f c a bac e a b *C. radula*.

A e a be te be a a e be tee M : Ca e a d te ac t t f ta e ed c a te (NR). P t a t eed a ce f t e f te te f a c c d . NH_4^+ te a a c t e f e e te b te t a . NO_3^- a ed b f t eed t be ed ced t NO_2^- b ea f te a a t NR. T e te f t e e d ced b te e ce f NO_3^- a d c ed t a ac t e a e f M f ea a e (Ma e ta . 2003). T e a abe NR ac t t a d M c ce ta t t a t ce , de d te t e ce ed f b te . Beca e M : Ca a f ca t c e- a e d t NO_x^- c ce ta t (Tab e 1), M c a t t *C. radula* e c d c e f te e t f t a t ce NO_3^-, te ef ec a ta ce a e e f M f NR ac t t. H e e , a M : Ca a t ec ded a e t te a a a b a (Dece be 2002). Ac ta t t a t b bab e a NH_4^+. Ve NH_4^+ c ce ta t ca be ff ce t t a t f te t e de a d f t a t beca e t c d ca be e e e a e d a d b te e e t te a e c . I deed, F a e ta . (2005) ed ta t NH_4^+ te G ea Ba e Reef La ca t e t ≤1 d. T e ta NO_3^- t e te a d ta te f e e c f d ca e (1 ee). Fe da a a e a a abe c ce M e e t f t a t t. Ra e (1988) e ta e d ta t t t NO_3^- eed 9.63 μ M $^{-1}$ d e tf a e a te t a e f 3×10^{-5} $^{-1}$ a t 20°C (t C = 50% f d e). Acc d t t a e, e ta e f d t a t b a d e (34 389 μ L^{-1}) c e ded ta M f 0.3 3.7 L^{-1}. I td te da a e f M c a t e a 0.2 43.2 d^{-1} (F . 7D). G e e ta e f *C. radula* f ta t ca c te, te ta ce a f M ca ed b t a t NO_3^- c de a te a t f M c a e d da t te e . A e a t ta e t be t ee te f a t f M : Ca ꟊa e a d te e t f ꟊ a ta t f e ꟊ ded c ꟊ - tbe t ce NO_3^-.

I t ꟊ, e ꟊe e ed t a d def e ꟊ ec d f Ba : Ca a d M : Ca a t b a e e . A t td e ed tee ꟊc e , te e d d a e ꟊ d c b t f Ba : Ca a d M : Ca ꟊ f e e t ta t c ꟊ a t f te e e e e t t te e a c t ed b e e a t f c . F a Ba ꟊ t te a d t ꟊ de a a t fac t e ꟊa a t f Ba : Ca ꟊa f a t *C. radula* e . G e te ac f a t a e f a a t t ꟊ te , e ca te c de ta t te e t f d a t - a c a ed ba e c a ed te f a t f Ba : Ca ꟊa . O td d def e be e ꟊa ed t ea e e t f ba e c ce ta t ea a e a d te d e te ac t f *C. radula* t c c de ta t te e t f ba e c a ca (ca) te ꟊa , a tea ꟊ t te f a t f Ba : Ca ꟊa . O te te a d, e t, c ꟊed t t e f S e be e a. (2005), e t ta t te e t f d a t ce e c ed Ba (ad bed d de a c a ed t te f te) te t ꟊa be ꟊ te . If t ea c ec , t te Ba : Ca a t d be a ꟊ f te t a d a t de f d a t b . Se e a ꟊ te e e e d c ed te ꟊa te f a t f M : Ca ꟊa : (1) f e a e M ꟊ t te a , (2) te e e a e f M t f te ed e d te de e ꟊ e t f a c c d t a t te ed e t a e e face, (3) te e t f M - e c ed a e a e a t f a a deca , (4) te e t f N_2-f c a bac e a, a d (5) te e t f ꟊ t ꟊa t ce NO_3^- a d c a e e f M f te ac t t f ta e ed c a e. A t a e a e ꟊ t c f N ea t a e a f e ce te M : Ca bac d e e , M : Ca ꟊa d be e e t c e f te e t f ꟊ t ꟊa t ce c a ta e ed c a e. M : Ca c d te be a ꟊ f NO_3^- ꟊa e b ꟊ t ꟊa t c a a e c e , c d c t b e t de a d f te t ca ba a ce be t ee e a d e e e a ed ꟊ d c- t . F te , c a e ꟊ e t de e- c t ed c d t (feed td e t be t c c a be), ece a t c f te e t e e e t a ꟊ e . We c c de t c f a t ta Ba : Ca a e e t t , a be t t ꟊ de t d, f de c b- t ca ꟊ t ꟊa t d a c, a d te t d c- t f M : Ca a ꟊ add t t te a e a f ꟊ e .

Acknowledgments

We a e a ef t Ta a Sc a a (U.S. Ge ca S e [USGS], Me Pa , Ca f a) f c ec t t t a c ꟊ. We a ta Sa d e C ffe , t P ꟊ Ge a d, A a La ꟊ te, a d C t ꟊe Pe (I t tde Rec e c e ꟊ e De e ꟊ e t [IRD], N ea, Ne Ca ed a) f ab a t a d f e d a a ce. S ꟊ ca ta a e d e t Ja e E. C e (USGS) a d Be d R. Sc e (U e t f Ma , Ge a) f te c t c tec e t a ea e e f te a c ꟊ. T e E ec t C ꟊ ta ed f a f te X7 e e d c te c ꟊed ꟊa a a ꟊc t e e (ICP-MS). T a c ꟊ t a ea t be ef ed f c ca e e a d e e ꟊ c e t b Da d P. G a d J d S ec e. T td a ꟊ ed b te IRD, te Re B e a e, te F e c P a e Na t a E e e t C e, a d te F e c M t f Re ea c ' Ac t C ce e I c a t e Je e C e c e ꟊ a (ACI-PECTEN).

References

AMBATSIAN, P., F. FERNEX, M. BERNAT, C. PARRON, AND J. LECOLLE. 1997. H e a ꟊ t t c ed ea : T e Ne Ca ed a a . J. Ge c e . E ꟊ . **59:** 59–74.

AVERYT, K. B., AND A. PAYTAN. 2004. A c ꟊ f ꟊe ꟊ e f e ꟊ t ꟊ d c t te e a t a Pacfc. Pa e cea a ꟊ **19:** PA4003, d :10.1029/2004PA001005.

BARATS, A., C. PECHEYRAN, D. AMOUROUX, S. DUBASCOUX, L. CHAUVAUD, AND O. F. X. DONARD. 2007. Ma t a c ed a ta t e t ace e e e t a a ca c ca b a e e b a e aba t ICP-MS: A ꟊ ca t t te de e a t f da ca e ꟊ f e ca ꟊ e (*Pecten maximus*). A a . B a a . C e . **387:** 1131–1140.

BENSON, B. B., AND D. KRAUSE. 1984. T e c ce ta t a d t ꟊc fac t a t f e d ed f e a e a d ea a e e b t te a t ꟊ e e. L . Ocea . **29:** 620–632.

BISHOP, J. K. B. 1988. T e ba e ꟊ a c ca b a c a t cea c ꟊ t a e a te. Na t e **332:** 341–343.

BUJAN, S. 2000. B e c e ca de f ca b a d t e c c e t ꟊ ca ec e de e e e a d a t- ꟊ e c f e ce a c a e td te a f N ea (Ne Ca ed a). P .D. te . U . Med e a ee. [I F e c .]

BUSTAMANTE, P., AND P. MIRAMAND. 2005. S bce a a d b d d t b t f 17 t ace e e e t te a e a ed ca ꟊ *Chlamys varia* f te F e c c a t f te Ba f B ca . Sc . T a E . **337:** 59–73.

CARPENTER, J. H. 1965. T e acc ac f te W e e t d f d ed e a a . L . Ocea . **10:** 135–140.

CARRE, M., I. BENTALEB, O. BRUGUIER, E. ORDINOLA, N. T. BARRETT, AND M. FONTUGNE. 2006. Ca c f ca t a e f - e ce t ace e e e t c ce ta t a a t b a e e : E de ce a d ec a . Ge c . C c . Ac a **70:** 4906–4920.

CHAILLOU, G., P. ANSCHUTZ, G. LAVAUX, J. SCHAFER, AND G. BLANC. 2002. T e d t b t f M , U, a d Cd e a t t a ed ꟊ ce dd ed e t f te Ba f B ca Ma . C e . **80:** 41–59.

CHARPY, L., AND C. J. CHARPY-ROUBAUD. 1990. T ꟊ c t c te a d ꟊ d c t t f te a a c e f T e a a t (T a t A c ꟊa , F e c P e a). H d b - a **207:** 43–52.

CHAUVAUD, L., G. THOUZEAU, AND Y.-M. PAULET. 1998. Effec t f e e a fac t te da t a e f *Pecten maximus* e e te Ba f B e (F a ce). J. E ꟊ Ma . B . Ec . **227:** 83–111.

CHENG, J., C. R. HIPKIN, AND J. R. GALLON. 1999. Effec t f a c t e c ꟊ d te ac t a d te f t e a e *Gloeothece* (Na e) ꟊ ATCC 27152. Ne P t . **141:** 61–70.

CLAVIER, J., AND C. GARRIGUE. 1999. A a ed e t ꟊ a ꟊ d c t a d e ꟊ a t a a e c a ee f a (SW Ne Ca ed a). Ma . Ec . P . Se . **191:** 79–89.

———, G. BOUCHER, L. CHAUVAUD, R. FICHEZ, AND S. CHIFFLET. 2005. Be t c e ꟊ e t a ꟊ e a t ꟊ ca a : I ꟊ ca t f c a a e e a ꟊ ce e . J. E ꟊ Ma . B . Ec . **316:** 231–241.

COFFEY, M., F. DEHAIRS, O. COLLETTE, G. LUTHER, T. CHURCH, AND T. JICKELLS. 1997. T e be a f d ed ba e ta e. E ta. C a t S e f Sc. **45:** 113 121.

COLLIER, R. W. 1985. M bde te tea t Pac f c Ocea . L . Ocea . **30:** 1351 1354.

CURRIE, L. A. 1995. N e ca t e e a a t f a a ta e t d c d de ct a d a f ca t ca b e. P e A . C e . **67:** 1699 1723.

DALAI, T. K., K. NISHIMURA, AND Y. NOZAKI. 2005. Ge c e t f bde te C a P a a R e e ta T a a d: R e f b c d a e e a d e a e ta .t C e . Ge . **218:** 189 202.

DEHAIRS, F., R. CHESSELET, AND J. JEDWAB. 1980. D c e ded t e f ba t a d te ba c c e te cea . Ea t P a e .t Sc. Le tt **49:** 528 550.

DELLWIG, O., M. BECK, A. LEMKE, M. LUNAU, K. KOLDITZ, B. SCHNETGER, AND H.-J. BRUMSACK. 2007. N -c e a t e be a f bde c a a a : C e c e ca, b ca, a d ed e t ca ce e. Ge c . C c . Ac a **71:** 2745 2761.

FIELD, C. B., M. J. BEHRENFELD, J. T. RANDERSON, AND P. FALKOWSKI. 1998. P a d c t f te b e e: I t a t e e ta a d cea c c e t. Sc e ce **281:** 237 240.

FISHER, N. S., R. R. L. GUILLARD, AND D. C. BANKSTON. 1991. T e acc a t f ba b a e t a t c t e. J. Ma . Re . **49:** 339 354.

FURNAS, M., A. MITCHELL, M. SKUZA, AND J. BRODIE. 2005. I te te 90%: P t a t e e t e a ced te t a a ab t te G ea t Ba e Reef La . Ma . P .t B . **51:** 253 265.

GANESHRAM, R. S., R. FRANCOIS, J. COMMEAU, AND S. L. BROWN-LEGER. 2003. A e e a e t a t f ba e f a- t ea a . Ge c . C c . Ac a **67:** 2599 2605.

GILLIKIN, D. P., F. DEHAIRS, A. LORRAIN, D. STEENMANS, W. BAEYENS, AND L. ANDRE. 2006. Ba a e t te e f te c e (*Mytilus edulis*) a d te t a f e ta e e -c e t ec t c t . Ge c . C c . Ac a **70:** 395 407.

, A. LORRAIN, Y.-M. PAULET, L. ANDRE, AND F. DEHAIRS. 2008. S c ba a -e t f e f cac a d a a a e b a e e . Ge -Ma . Le tt **28:** 351 358.

GRAY, A. L. 1985. S d a t d c t b a e abat f d c te c ed a a ce a c t e t T e A a t **110:** 551 556.

HENDERSON, G. M. 2002. Ne cea c e f e c a . Ea t P a e .t Sc. Le tt **203:** 1 13.

HOLMES, M. R., A. AMINOT, R. KEROUEL, B. A. HOOKER, AND B. J. PETERSON. 1999. A e a d ec e e t d f ea a a e a d f e a ec . Ca . J. F . A a .t Sc. **56:** 1801 1808.

ITTEKKOT, V., AND THERS. 1996. Ocea , 267 288. *In* R. T. Wa t , M. C. Z e a a d R. H. M [ed .], C a c a e 1995: I c t, ada a t , a d t a t f c a c a e. Ca b d e U . P e .

JACQUET, S., B. DELESALLE, J.-P. TORRETON, AND J. BLANCHOT. 2006. Re e f t a t c t c ea ed a t e c f e c e (t e a , Ne Ca ed - a). Ma . Ec . P . Se . **320:** 65 78.

LAING, I. 2004. F ta t f ca (*Pecten maximus*). A ac t e **240:** 369 384.

LORRAIN, A., D. P. GILLIKIN, Y.-M. PAULET, L. CHAUVAUD, J. NAVEZ, A. LE MERCIER, AND L. ANDRE. 2005. S t e t effec t S /Ca a t te ca c t b a e *Pecten maximus*. Ge **33:** 965 968.

LUOMA, S. N., AND P. S. RAINBOW. 2005. W e a b acc a t a ab e? B d a c a a f c ce t E . Sc. Tec . **39:** 1921 1931.

MARINO, R., R. W. HOWARTH, F. CHAN, J. J. COLE, AND G. E. LIKENS. 2003. S fa e b t f bde - de de t t e f a t b a t c c a bac a de ea a c d t : A -e e b e effec .t H d b a **500:** 277 293.

MARKICH, S. J., AND R. A. JEFFREE. 1994. Ab t f d a e t tace e a a a a e f c a c b A ta a f e a b a e : A e a a t f a a d e ed ce e a t c t A a .t T c . **29:** 257 290.

MILLER, A. J., A. J. GABRIC, J. R. MOISAN, F. CHAI, D. J. NEILSON, D. W. PIERCE, AND E. DI LORENZO. 2006. G ba c a e a d cea c a d c t : Effec t f cea a t e e b ca feedbac , 29 65. *In* H. Ka a a a d Y. A a a [ed .], G ba c a c a e a d e e f te ca b c c e te E a t a Pac f c a d I d a Ocea a d ad ace t a d a e. E e .

MOREL, F., AND J. HERING. 1993. P c e a d a ca t f a a t c e t . W e .

MORFORD, J. L., AND S. EMERSON. 1999. T e e c e t f ed e te tace e a ed e t. Ge c . C - c . Ac a **63:** 1735 1750.

N RUM, U., V. W.-M. LAI, AND W. R. CULLEN. 2005. T ace e e e td t b t d te e d c te c c e f fe a e a d a e a d Pac f c ca , t ca t f b t . Ma . P .t B . **50:** 175 184.

PALMER, R. E. 1980. Be a a a d t ca c t f f ta t te Ba ca *Argopecten irradians concentricus* (Sa), a d te , *Crassostrea virginica* (G e). J. E Ma . B . Ec . **45:** 273 295.

RAIMBAULT, P., G. SLAWYK, B. COSTE, AND J. FRY. 1990. Fea b t f a a t a c e t c ced e f te de - a t f ea a ta te 0 t 100 M a e: E a f f e d a d c t e. Ma . B . **104:** 347 351.

RAVEN, J. A. 1988. T e a d bde e eff c e c e f a t t t d ffe e te e ca b a d t e ce . Ne P t . **109:** 279 287.

RILEY, J. P., AND I. ROTH. 1971. T e d t b t f tace e e e t e ce f t a t c t e. J. Ma . B . A c. UK **51:** 63 72.

SARMIENTO, J. L., AND THERS. 2004. Re e f cea ec t c a a . G b. B e c e . C c e **18:** GB3003, d :10.1029/2003GB002134.

SCHONE, B. R., M. PFEIFFER, T. POHLMANN, AND F. SIEGISMUND. 2005. A ea a e ed b tt - a a t e ec d f te d AD 1866 2002 ba ed e f *Arctica islandica* (M ca, N t Sea). I .t J. C a t . **25:** 947 962.

SELLNER, K. G. 1997. P ec , a d t c e f a e c a bac a b . L . Ocea . **42:** 1089 1104.

STECHER, H. A., AND M. B. KOGUT. 1999. Ra d ba e a te De a a e e ta Ge c . C c . Ac a **63:** 1003 1012.

, D. E. KRANTZ, C. J. LORD, G. W. LUTHER, AND K. W. BOCK. 1996. P f e f t t a d ba *Mercenaria mercenaria* a d *Spisula solidissima* e . Ge c . C - c . Ac a **60:** 3445 3456.

STERNBERG, E., D. TANG, T.-Y. HO, C. JEANDEL, AND F. M. M. MOREL. 2005. Ba a e a d ad t d a t . Ge c . C c . Ac a **69:** 2745 2752.

STRICKLAND, J. 1960. Mea te d c t f a e t a t . T e Q ee ' P .

TAKESUE, R. K., C. R. BACON, AND J. K. THOMPSON. 2008. I f e ce f a c a tt a d ca c f ca t a e tace ee e t a a t e ta e b a e e . Ge c . C c . Ac a **72:** 5431 5445.

THEBAULT, J. 2005. T e e f te ca *Comptopallium radula* (B a a; Pec t dae), e e a -f e e c a c e f te a ab t f t ca c a a e e t (Pac f c Ocea). P .D. te . U . B e a e Occ de a e. [I F e c .]

, L. CHAUVAUD, J. CLAVIER, R. FICHEZ, AND E. MORIZE. 2006. E de ce f a 2-da d c t f tae f a t te t ca ca *Comptopallium radula* ca ce a . Ma . B . **149:** 257 267.

, AND THERS. 2007. Rec t c t f ea a e a-t e a ab t te t ca Pac f c Ocea f te e f te ca *Comptopallium radula*. Ge c . C c . Ac a **71:** 918 928.

VANDER PUTTEN, E., F. DEHAIRS, E. KEPPENS, AND W. BAEYENS. 2000. H e t d t b t f tace e e e t te ca c e e a e f de *Mytilus edulis*: E e a a d b ca c t . Ge c . C c . Ac a **64:** 997 1011.

YENTSCH, C. S., AND D. W. MENZEL. 1963. A e t d f te de e a t f t a t c a d ae t b f e ce ce. Dee Sea Re . **10:** 221 231.

Associate editor: John Albert Raven

Received: 23 July 2008
Accepted: 08 February 2009
Amended: 08 February 2009