

Science des données I : module 9



Formulation et interprétation d'un test t de Student

Philippe Grosjean & Guyliann Engels

Université de Mons, Belgique
Laboratoire d'Écologie numérique



<https://wp.sciviews.org>
sdd@sciviews.org

Nous traiterons de deux situations concrètes pour illustrer l'utilisation du test d'hypothèse t de Student en insistant sur trois points :

- 1 **Formulation des hypothèses** à partir de la question biologique posée
- 2 Choix de la **meilleure variante** du test t de Student en fonction du contexte.
- 3 Façon d'**exprimer le résultat** du test en français ou en anglais

Cas 1 : canal du sable de *Holothuria scabra*

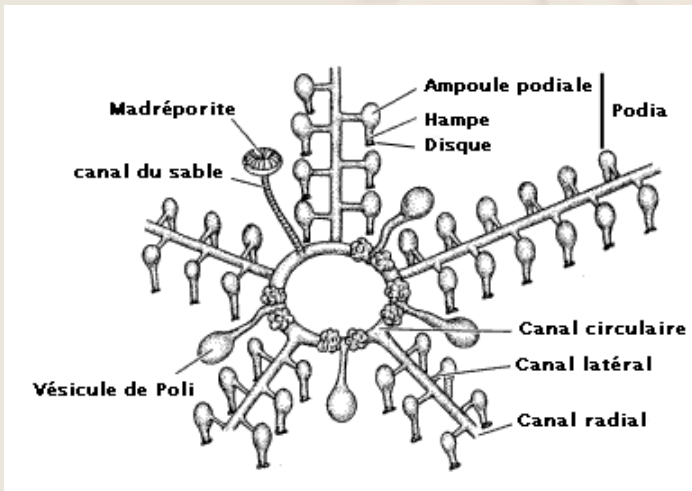
Loïc Calcagno a présenté son mémoire portant sur l'analyse morpho-fonctionnelle du canal du sable atypique de l'holothurie tropicale *Holothuria scabra* Jaeger, 1833 (Echinodermata, Holothuroidea).



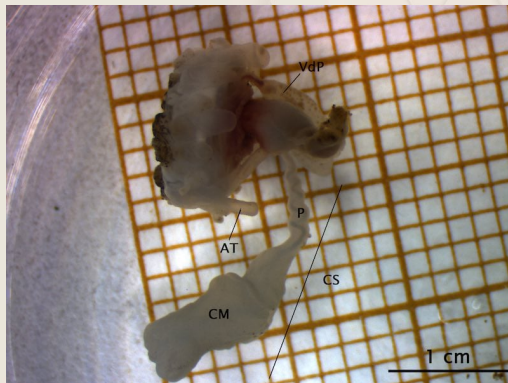
H. scabra, photo de L. Calcagno.

Loïc Calcagno a suivi le cours de Science des données IV : pratique.

Le système ambulacraire des échinodermes a plusieurs fonctions : locomotion des individus, prise de nourriture, échanges gazeux,... (schéma issu de Ruppert & Barnes, 1991)



Chez les *Holothuroidea*, la plaque madréporique est interne. La terminologie « canal du sable » désigne le pédoncule suivi du corps madréporaire.



Les différents organes prélevés chez un juvénile d'*Holothuria scabra* avec la vésicule de poli (VdP), les ampoules tentaculaires (AT) et le canal du sable (CS). Légende : CC – Canal circulaire ; CM – Corps madréporaire ; CS – Canal du sable ; P – Pédoncule. Photo: L. Calcagno.

Question biologique : est-ce que le rapport de taille du corps madréporaire sur le canal du sable reste constant chez *H. scabra* entre le stade juvénile et le stade adulte (“rapport” est une variable calculée et sans unités).

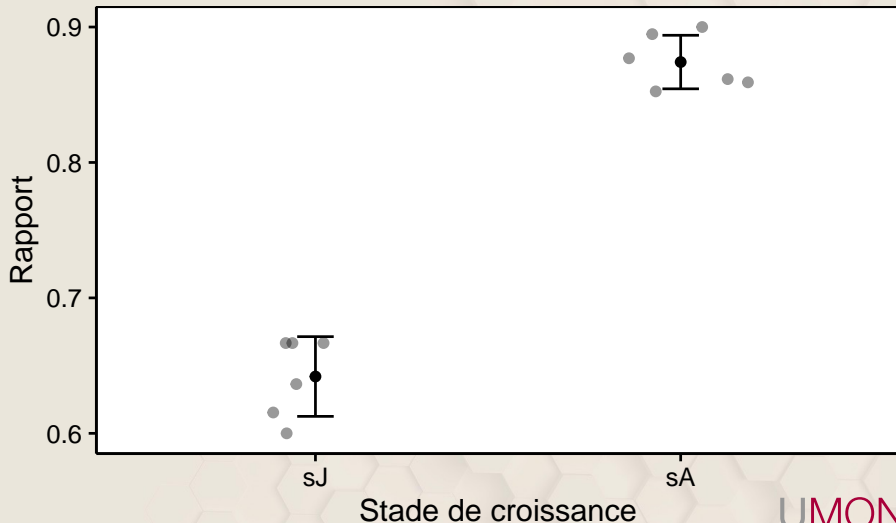
Traduction de la question biologique en hypothèse nulle et hypothèse alternative:

$$H_0 : \overline{\text{rapport}_{\text{juvénile}}} - \overline{\text{rapport}_{\text{adulte}}} = 0$$

$$H_1 : \overline{\text{rapport}_{\text{juvénile}}} - \overline{\text{rapport}_{\text{adulte}}} \neq 0$$

Fixation du seuil alpha à 5% avant l'analyse.

Rapport = variation du rapport du corps madréporaire sur le canal du sable en fonction du stade de croissance de *H. scabra*. (sJ = *H. scabra* juvénile (n=6), sA = *H. scabra* adulte (n=6))



Le choix d'un test de t de Student indépendant bilatéral se justifie ici. Les conditions d'application ont été vérifiées au préalable.

```
t.test(data = stone_canal_6, rapport ~ sp,  
       alternative = "two.sided", conf.level = 0.95, var.equal = TRUE)
```

```
##  
## Two Sample t-test  
##  
## data: rapport by sp  
## t = -16.043, df = 10, p-value = 1.83e-08  
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -0.2644241 -0.1999306  
## sample estimates:  
## mean in group sJ mean in group sA  
## 0.6419580 0.8741354
```

Interprétation biologique : Le rapport de taille du corps madréporaire sur le canal du sable est significativement plus élevé chez l'adulte au seuil α de 5% (test t indépendant bilatéral, $t = -16$, $ddl = 10$, valeur $P = 1.8 \cdot 10^{-8}$).

Cas 2 : régulation acide-base chez *Echinometra mathaei*

Laure Moulin a réalisé sa thèse de doctorat entre l'ULB et l'UMONS sur la résilience d'oursins tropicaux *Echinometra mathaei* à l'acidification des océans.

Dans une de ses publications (Moulin et al, 2014), elle doit déterminer si ses spécimens en expérience ont grandi ou pas. [voir dépôt institutionnel UMONS : <https://di.umons.ac.be/details.aspx?pub=7bf638f3-74e8-49d8-b063-396f378413d7>]

Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 457 (2014) 97–104



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Experimental Marine Biology and Ecology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jembe



Impact of elevated $p\text{CO}_2$ on acid–base regulation of the sea urchin *Echinometra mathaei* and its relation to resistance to ocean acidification: A study in mesocosms



Laure Moulin ^{a,b,*}, Philippe Grosjean ^b, Julien Leblud ^b, Antoine Batigny ^b, Philippe Dubois ^a

^a Laboratoire de Biologie Marine, Université Libre de Bruxelles, CP 160/15, avenue F.D. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles, Belgium

^b Laboratoire d'Ecologie Numérique des Milieux Aquatiques, Institut des Biosciences, Université de Mons, 23, place du Parc, B7000 Mons, Belgium

Question biologique : durant l'expérience, les oursins ont-ils grandi ? Afin de pouvoir préciser les hypothèses, il est noté qu'une croissance *négative* a déjà été observée chez cette espèce dans des conditions défavorables, et ici, les conditions d'acidification sont potentiellement stressantes.

Choix des mesures :

- Pour plus d'efficacité, un design apparié est choisi. Les oursins sont marqués et mesurés au début et à la fin de l'expérience,
- La masse de squelette est déterminée indirectement (mesure de la masse immergée) comme mesure la plus précise possible.

Hypothèses :

$$H_0 : \overline{M_{squel1}} - \overline{M_{squel0}} = 0$$

$$H_1 : \overline{M_{squel1}} - \overline{M_{squel0}} \neq 0 \text{ (test bilatéral)}$$

Taille de l'échantillon : important pour s'assurer de la *puissance* du test.
Utilisation de tous les oursins ($n = 44$, jugé amplement suffisant). [p.s. : on peut aussi jouer sur la durée de l'intervalle entre les deux mesures.]

Vérification des conditions d'application : Test de Normalité de d'homoscédasticité réalisés (Q-Q plot et test de Bartlett).

Extrait du matériel & méthodes de la publication Moulin et al, 2014.

2.4. Data analysis

Normality and homogeneity of variances were checked before all analysis. In order to determine if the variation of salinity, temperature

Fixation de α à 5% *avant* de faire le test.

Présentation des résultats :

Extrait du matériel & méthodes de la publication Moulin et al, 2014 qui présente le résultat du test de Student.

3.2. Physiological parameters

No mortality was observed during the experiment. Growth of sea urchins at the end of the experiment was significant (mean \pm SD = $7.00 \pm 9.09\%$ of initial dry skeletal weight, Paired t test, $t_{42} = 5.19$, $P < 10^{-3}$) (Fig. 2). However, some individuals exhibited a negative growth, explained by loss of spines due to manipulation, although sea urchins appeared to be in good health (active movement of spines and tube feet). These outliers (corresponding to sea urchins that lost

Matériel & méthodes :

Section du matériel & méthodes de la publication Moulin et al, 2014 qui introduit le test de Student. [p.s.: la correction de Welch n'apporte rien en appairé, c'est en fait le même test que le Student classique.]

and pH condition (fixed), repeated fixed factor time). In order to determine if growth of sea urchins was significant between the beginning and the end of the experiment, a paired Student's t-test with Welch correction was performed. The effect of seawater pH on growth of sea urchins was tested using a two-factor ANOVA (cross factors mesocosm (random) and pH condition (fixed)). The analysis of respiration rate was performed by means of a three-factor ANOVA with repeated measures on one factor (random factor respirometer nested in cross factors mesocosm (random) and pH condition (fixed), repeated fixed factor time). All mean multiple comparisons were performed using Tukey tests. All tests were conducted according to Doncaster and Davey (2007) and using the program R. The level of significance α was set at 0.05.