La mesure et le mesurage en biologie - Étude de travaux dirigés et pratiques en Licence

Myriam Régent-Kloeckner, Clément Maisch, Christophe Daussy

▶ **To cite this version:**

Myriam Régent-Kloeckner, Clément Maisch, Christophe Daussy. La mesure et le mesurage en biologie - Étude de travaux dirigés et pratiques en Licence. Maha Abboud; Cécile de Hosson. Rendez-vous en didactique, Recherches, dialogues et plus si affinités.., May 2022, Paris, France. , Actes du colloque " Rendez-vous en didactique : recherches, dialogues et plus si affinités ". hal-03792892

HAL Id: hal-03792892
https://hal.science/hal-03792892

Submitted on 4 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La mesure et le mesurage en Biologie

Étude de travaux dirigés et pratiques en Licence

Résumé : La mesure – incluant l'acte de mesurage – est un point central en sciences. À la fois liée à des questions pratiques, techniques, épistémologique, mathématiques et à la discipline de travail, la mesure est un objet complexe à enseigner. Paradoxalement, elle fait rarement partie des objectifs explicites des enseignements scientifiques, notamment en Biologie en dehors des parcours formant spécifiquement des techniciens. Nous proposons une méthodologie afin d'explorer la question de l'enseignement de la mesure au cours du premier cycle universitaire en tenant compte à la fois des concepts de métrologie principalement enseignés en sciences physiques, et des particularités disciplinaires liées à l'étude du vivant et sa grande variabilité. Cette méthodologie sera mise à l'épreuve à travers l'analyse de supports de travaux dirigés et pratiques. Nous espérons ainsi pouvoir caractériser les aspects de la mesure sur lesquels les étudiants de biologie sont invités à travailler au cours de leur formation de licence.
Mots-clé : Mesure, Métrologie, Biologie, Enseignement supérieur

La mesure en Biologie

La science moderne répond au désir de connaissances objectives qui amène à la détermination d'invariants quantitatifs et mesurables qui pourront permettre de définir des lois, des théories sensées décrire le monde qui nous entoure. Liée au concept de rationalité développé par Bachelard, la mathématisation d'une science « renvoie à l'idée de quantification et de formalisation » (Lange, 2000, p.138) et implique la notion de mesure. En biologie, la question de la diversité du vivant, liée aux différences entre organismes et aux variations au cours du temps et limitant la reproductibilité des expériences, impose des spécificités vis-à-vis de la mesure. Caussidier et Molinatti (2015) les séparent en deux : 1) la prise en compte de la notion de seuil et de la sélection du signal recherché ; 2) l'individualité des objets d'étude et la variabilité biologique interindividuelle. À travers une approche historique, Lange (2000) montre comment les biomathématiques, en particulier les biostatistiques, ont permis de gérer cette question des incertitudes associées à la variabilité du vivant. Ces incertitudes peuvent être interprétées comme les conséquences d'une variabilité analytique (prenant en compte les prélèvements de données et les techniques de mesurage) et/ou une variabilité biologique (intra- et inter- sujet) (Caussidier & Molinatti, 2015). Récemment plusieurs auteurs (Bordessoule, 2014; Coxon et al., 2019) traitent de la question de l'incertitude intrinsèque au travail des biologistes. Ils mettent en avant le besoin de se référer à la métrologie dans leur travaux de recherche. La métrologie est la science de la mesure est c'est « un outils, une technique au service de toutes les sciences d'observation : elle permet de tirer le meilleur parti des observations » (Perdijon, 2012). Trois principaux axes structurent la métrologie : la définition des unités et d'étalons de référence, les outils de mesure, incluant l'instrumentation et les procédures associées permettant de certifier une « bonne » mesure, l'analyse des variations de mesures et leur interprétation en terme d'incertitudes (incluant les formes d'écritures des mesures) (Perdijon, 2012). Or si ces concepts de la métrologie sont utilisés dans de nombreux domaines scientifiques, industriels ou commerciaux, leur prise en compte dans les pratiques de recherche en biologie reste minoritaire, en témoignent un récent éditorial de Nature Methods (« Better Research through Metrology », 2018).

Cependant, la question de la mesure en biologie ne s'arrête pas aux biostatistiques et à l'application de métrologie. Lange (2000) souligne en fin d'article l'importance de la « question de la possibilité

et de la signification de la mesure ». Cela revient à questionner la pertinence de la mesure mais aussi les aspects pratiques et théoriques de l'acte de mesure, le mesurage, jusqu'à l'adéquation de l'interprétation des mesures vis-à-vis du réseau théorique mobilisé par le questionnement scientifique initial. La question de la pertinence et la signification de la mesure est à la fois intimement liée à la nature des sciences mais aussi à la théorie représentationnelle de la mesure qui distingue différents niveaux de mesures ou échelles de quantifications (*type of scales*) (Houle et al., 2011; Lange, 2000). Constatant que cette théorie de la mesure est peu connue des biologistes, Houle et *al.* (2011) décrivent l'importance d'identifier ces échelles et donnent des exemples d'erreurs d'analyse et d'interprétation de mesures en biologie évolutive associées à cette non-identification.

De son côté, Montévil (2019) associe la spécificité de l'individualité des objets d'étude et la variabilité biologique – et par conséquence les variations de leur traits observables, mesurables – à leur historicité et au contexte dans lequel ils sont[1] au moment de la mesure. Il propose ensuite de représenter les différentes stratégies de mesurage des biologistes en fonction de 3 dimensions (voir figure 1) :

- selon le degré de reproductibilité des données recueillies (variable vs reproductible),
- selon le degré de généralisation possible des interprétations obtenues à partir des données (général vs singulière)
- selon le degré de cohérence ou d'artificialité du contexte de mesure par rapport à l'histoire de l'objet biologique étudié (cohérence avec leur histoire évolutive vs une histoire modifiée (par une expérience, une technique))

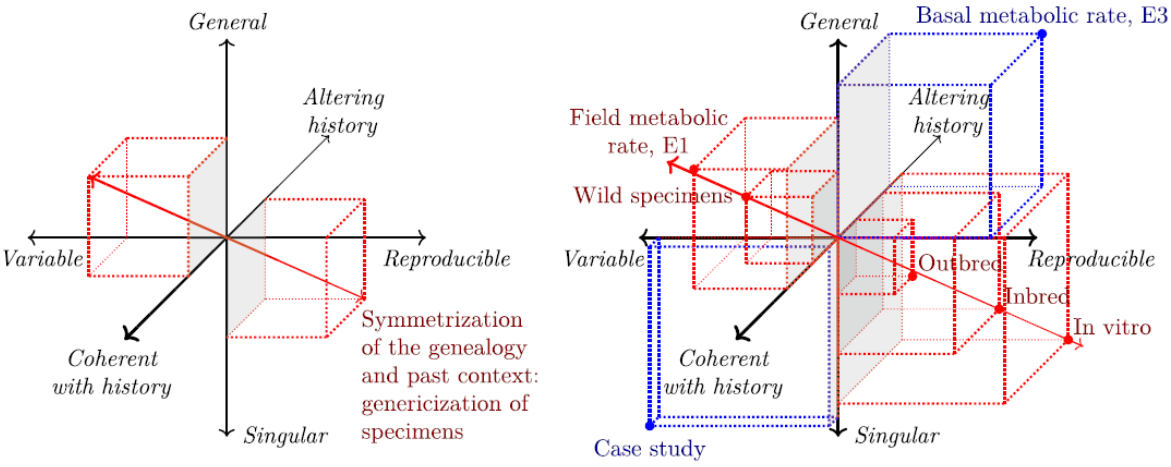

Fig. 1. Différentes stratégies de mesurage en biologie (Montévil, 2019)

L'enseignement de la mesure en biologie

Alors que des études portant sur la question de l'enseignement de la mesure et du mesurage existent en physique pour différents niveau d'apprentissage (Buffler et al., 2009; Maisch et al., 2008; Munier & Passelaigue, 2012; Séré, 2008), très peu d'études existent en biologie. Une analyse comparative du mesurage en TP à l'université a été mené en 1998 par Fondère, Pernot et Richard-Molard, sur des enseignements de physique, de chimie et de biologie comportant un travail spécifique sur la mesure. Elles découpent les pratiques de mesurage des étudiants selon 4 points :

- ce qui est mesuré : thème et types de données

1 Chaque organisme est lié à la fois à son histoire (de vie et évolutive) et au contexte (environnement) dans lequel il vit.

- la manière de réaliser les mesures : types d'observations (visuelles ou au travers d'un signal) et savoir-faire technique
- la manière de gérer les mesures : erreurs, estimation des incertitudes, dispersion des données
- l'exploitation et l'interprétation des résultats.

Elles observent des spécificités liées aux disciplines et mettent en avant la place différente des lois et modèles vis-à-vis de l'objectif de mesure. Contrairement à la physique ou la chimie, en biologie, les modèles ou théories ne semblent être mobilisés qu'au moment de l'analyse des résultats. Les autrices insistent aussi sur l'importance d'un jugement sur la qualité des mesures en fin du processus qui pourrait être relié à la nécessité du choix à prendre engendré par un acte de mesurage.

Même si cette étude discute des incertitudes dans le mesurage, la question de la métrologie n'est pas amenée. Alors qu'en physique-chimie un travail spécifique autour de la méthode GUM existe dans les programmes de lycée (groupe IREM « Mesure et incertitdes », 2021), aucun document similaire n'existe pour les Sciences de la Vie et de la Terre. Cette absence semble être partagée par de nombreux programmes de formation du supérieur (licences mention Sciences de la vie ou Sciences de la Vie et de la Terre).

Nous proposons ici, une étude exploratoire des tâches proposées aux étudiants en licence de Biologie (mention Sciences de la vie) sur le thème de la mesure et du mesurage.

Problématique

Si la métrologie en tant que telle n'est pas enseignée dans les cours de biologie universitaire (hors parcours spécifiques formant des techniciens), la notion de mesure n'est pas absente de la formation des étudiants, puisqu'ils sont confrontés régulièrement à des analyses de données en travaux dirigés et ils sont amenés faire eux-même des mesures en travaux pratiques tel que cela a pu être décrit par (Fondere et al., 1998). Dans la lignée de leur travail, nous nous demandons si leurs résultats sont toujours d'actualité 20 ans après mais aussi 1) si des questions de métrologie sont introduites, 2) quels sont les types de données ou échelles de quantifications et les stratégies de mesure présentées aux étudiants dans ces enseignements.

A travers une étude exploratoire portant sur une analyse des tâches proposées à des étudiants en licence de biologie (L1, L2), nous souhaitons tester plusieurs pistes de recherche :

- Si les différents points de l'acte de mesurage décrit par Fondère et al. (1998) existent dans les situations étudiées ?
- Quels sont les concepts de métrologie présents et travaillés avec les étudiants ? (acte, représentation, calibrage/chaine, erreurs, instrumentation, unité/grandeur, écriture des valeurs de mesures, interprétation, transformation, comparaison, variabilité, écart-type, statistique…)
- Si les incertitudes sont présentées ou discutées comme les conséquences d'une variabilité analytique et/ou une variabilité biologique (Caussidier & Molinatti, 2015)
- Quelles sont les types de données ou échelles de quantifications (Houle et al., 2011) et les stratégies de mesure (Montévil, 2019) travaillées avec les étudiants ?

Méthodologie envisagée :

Nous sommes en train de recueillir au sein du département de biologie de CY Cergy Paris Université, des documents décrivant différents travaux dirigées (L1, toutes sous-disciplines de biologie, environ 30 séances, avec corrigés) et travaux pratiques (L1, L2) (biologie moléculaire, cellulaire, histologie, biochimie, 6 à 10 séances). Ces documents pourront être accompagnés d'entretiens avec des enseignants sous la forme d'entretien exploratoire de manière à obtenir plus d'informations sur leur pratique si cela est nécessaire.

L'analyse de ces documents se fera de manière à dresser des cartographies 3D suivant celles proposées par Montévil (2018), un profil des échelles de quantifications, des concepts de métrologie présents. Nous dresserons aussi le profil des situations de mesure selon les 4 points de Fondère et al. (1998).

Nous espérons ainsi pouvoir situer la place qu'occupe (ou peut occuper) la métrologie et estimer la variété des situations et stratégies de mesurages dans ces enseignements. Ce travail pourrait ainsi mener à un travail interdisciplinaire avec les enseignements de physique et chimie et de statistiques, de manière à décloisonner ces disciplines sur le terrain.

Bibliographie

Better research through metrology. (2018). *Nature Methods*, *15*(6), 395-395. https://doi.org/10.1038/s41592-018-0035-x

Bordessoule, D. (2014). L'incertitude assumée et mesurée en biologie, un indicateur de qualité. *Hématologie*, *20*(1), 50-52. https://doi.org/10.1684/hma.2014.0915

Buffler, A., Lubben, F., & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, *31*(9), 1137-1156. https://doi.org/10.1080/09500690802189807

Caussidier, C., & Molinatti, G. (2015). La mesure en biologie : Son rôle et ses incertitudes. *Projet IREM « l'Interdisciplinarité au Lycée »*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28265.70240

Coxon, C. H., Longstaff, C., & Burns, C. (2019). Applying the science of measurement to biology : Why bother? *PLOS Biology*, *17*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000338

Fondere, F., Pernot, C., & Richard-Molard, C. (1998). Analyse comparative de la gestion du mesurage en TP de DEUG à Orsay (biologie, chimie et physique). *Didaskalia*, *12*. https://doi.org/10.4267/2042/23853

groupe IREM « Mesure et incertitdes ». (2021). *Mesure et incertitudes au lycée*. Eduscol.

Houle, D., Pélabon, C., Wagner, G. P., & Hansen, T. F. (2011). Measurement and meaning in biology. *The Quarterly Review of Biology*, *86*(1), 3-34. https://doi.org/10.1086/658408

Lange, J.-M. (2000). Les relations biologie/mathématiques interrogent l'enseignement des sciences de la vie. *Aster*, *30*. https://doi.org/10.4267/2042/8744

Maisch, C., Ney, M., & Balacheff, N. (2008). Quelle est l'influence du contexte sur les raisonnements d'étudiants sur la mesure en physique ? *Aster*, *47*. https://doi.org/10.4267/2042/28847

Montévil, M. (2019). Measurement in biology is methodized by theory. *Biology & Philosophy*, *34*(3), 35. https://doi.org/10.1007/s10539-019-9687-x

Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, *38*, 106-147. https://doi.org/10.4000/trema.2840

Perdijon, J. (2012). *La mesure : Histoire, science et technique*. Vuibert.

Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Évolution au cours du temps. *Aster*, *47*. https://doi.org/10.4267/2042/28846

La mesure et le mesurage en biologie à l'université

Myriam Régent-Kloeckner[1], Clément Maisch[1], Christophe Daussy[2]

Colloque du LDAR 30 mai – 3 juin 2022, Paris (France)

myriam.regent-kloeckner@cyu.fr clement.maisch@cyu.fr christophe.daussy@univ-paris13.fr

1. Laboratoire de didactique André Revuz 2. Laboratoire de Physique des Lasers

La mesure – incluant l'acte de mesurage – est un point central en sciences. À la fois liée à des questions pratiques, techniques, épistémologique, mathématiques et à la discipline de travail, la mesure est un objet complexe à enseigner. La métrologie (dont la méthode GUM) résonne tout particulièrement au sein de la communauté de la physique et des technologies (Perdijon, 2012).

Mesure et didactique de la physique

La didactique de la physique questionne la mesure à différents niveaux d'apprentissage :

- au primaire : grandeur et mesure, introduction de représentation probabiliste des données, représentation des enseignants (Munier et Passelaigue, 2012)
- au secondaire et surtout au lycée, sur les incertitudes (Séré , 2008)
- à l'université (Maisch et al., 2008)

Mesure et didactique des mathématiques

La mesure se retrouve dans la théorie de la mesure, mais aussi dans de nombreux sujets d'enseignement, majoritairement à l'école primaire.

Mesure et didactique de la biologie

- La métrologie fait rarement partie des objectifs explicites des enseignements de biologie
- Les principes et méthodes de métrologie semblent peu utilisés par les chercheurs en biologie mais sont-ils transférables ? Nécessitent-ils une adaptation aux particularités disciplinaires liées à l'étude du vivant ? (Coxon et al., 2019 ; Caussidier & Molinatti, 2015 ; Houle et al, 2011 ; Montevil 2019)
- Une seule interdisciplinaire sur le supérieur (Fondère et al, 1998)

Quels sont les concepts et méthodes de métrologie présents et travaillés avec les étudiants en biologie (Licence) ?

Peu de temps de manipulations (TP) : est-ce que la mesure peut être travaillée en TD ?

Corpus de données

Les **supports écrits fournis aux étudiants** inscrits en première année de licence « science de la vie »

- de **travaux dirigés** des enseignements de biologie de L1 (semestre 1 et 2, 43 séances d'1h30)
- de **travaux pratiques** des enseignements de biologie de L1 (semestre 2, 3 séances de 4h)

Biologie animale | *Biologie végétale* | *Biologie cellulaire* | *Biologie moléculaire*
Biodiversité | *Écologie* | *Biochimie*
Génétique | *Bio-modélisation*
Méthodologie

Les **supports corrigés fournis aux enseignants**

La première année de licence « science de la vie » est fortement multidisciplinaire avec notamment :

Biologie (3 UE) | *Physique* | *Chimie* | *Mathématiques* | *Compétence numérique Informatique*

Pour ce poster, seuls 5 séances de travaux dirigés du premier semestre ont été analysés

Méthodologie d'analyse

- Annotation des documents par « tag » (logiciel Tagguette) mais difficulté pour les figures et images
- Classement des annotations indépendamment par les auteurs selon la grille d'analyse puis mise en commun des « tag »
- Distinction des « tag » en tant qu'***information*** ou ***enjeu de savoir*** via l'exploitation des corrigés

Grille d'analyse

Les 5 grandes catégories correspondent aux étapes classiques de métrologie présentées par Perdijon (2012) et utilisés comme étape d'analyse par Fondère, Pernot et Richard-Molard (1998) : recherche des concepts de métrologie en tenant compte des particularités disciplinaires liées à l'étude du vivant et sa grande variabilité.

Gestion de la mesure

Variabilité des mesures *Incertitude sur la mesure* *Chiffres significatifs*

Information *Enjeu de savoir*

Réalisation de la mesure

Protocole expérimental *Nom de technique*

Description d'une technique *Gestes*

Biais, précision *Répétition / Reproductibilité*

Information *Enjeu de savoir*

Types de données et de mesure*

Houle et al., 2011 ; Lange, 2000

Types de données	***exemples***
• *Qualitatives*	*forme, position...*
• *Semi-quantitatives*	*intensité de gris*
• *Quantitatives*	
• *Dénombrement*	*nombre de mouches*
• *Grandeur SI*	*kg, mol, L...*
• *Type inconnu*	*% sans indication*

Types de mesure	***exemples***
• *Directe*	*issue d'un instrument*
• *Indirecte*	*issue d'un calcul*

Exploitation de la mesure

Propagation des chiffres significatifs

Traitements statistiques

Notation …. ± …. , barre d'écarts-types

Traitement des données pour obtenir des données secondaires utiles

Utilisation d'un modèle

Comparaison qualitative

Modélisation / Schématisation

Information *Enjeu de savoir*

Interprétation de la mesure

Généralisation *Retour sur un modèle / hypothèse* *Retour sur le protocole*

Retour sur la réalisation des gestes techniques

Résultats provisoires

- La mesure et les données expérimentales sont fortement présentes dans les TD.
- Les modèles sont mobilisés pour l'exploitation et l'interprétation mais pas sur les premières étapes de la mesure, ce qui avait été remarqué par Fondère et al, 1998.
- Les questions et mises en activités portent essentiellement sur l'exploitation et l'interprétation ce qui n'est pas étonnant pour des travaux dirigés.

Une diversité importante de types de données

Réalisation de la mesure

- *Des protocoles expérimentaux et des techniques*
- *Biais, précision, répétition sont quasiment absentes*

Gestion de la mesure

- *Rares éléments sur les variations*
- *Absence d'incertitude*

Interprétation de la mesure

- *Retour hypothèses sans remise en cause de modèle ou Retour sur le protocole*
- *Rien sur les gestes, biais techniques*

Questions en suspens

- Quelles limites au transfert de la métrologie, notamment la méthode GUM, à la biologie ?
- Quelles sont les représentations sur les démarches expérimentales ?
- Est-il nécessaire d'être biologiste pour identifier l'interprétation sur les modèles ?
- Les différences de pratiques vis-à-vis de mesures d'objet communs entre chimie, physique et biologie sont-elles connues des enseignants ? expliquées aux étudiants ?
- Entre information de mise en contexte et enjeux de savoir, y-a-t-il des incohérences et des non-dits ?
- Quelle importance du contrat didactique sur les différents étapes de la mesure ?

Avenir

- Consolidation de la grille et analyse du reste du corpus et des corrigés
- Quelle progressivité sur la licence (du L1 au L3) ? extension du corpus
- Entretien avec les enseignants-chercheurs sur les enjeux de la métrologie en biologie ?
- Quelles pratiques (partagées ?) en physique et chimie en licence « sciences de la vie » ?

Bibliographie

Caussidier, C., & Molinatti, G. (2015). La mesure en biologie : Son rôle et ses incertitudes. Projet IREM « l'Interdisciplinarité au Lycée ».

Coxon, C. H., Longstaff, C., & Burns, C. (2019). Applying the science of measurement to biology : Why bother? PLOS Biology, 17(6)

Fondere, F., Pernot, C., & Richard-Molard, C. (1998). Analyse comparative de la gestion du mesurage en TP de DEUG à Orsay (biologie, chimie et physique). Didaskalia, 12.

Houle, D., Pélabon, C., Wagner, G. P., & Hansen, T. F. (2011). Measurement and meaning in biology. The Quarterly Review of Biology, 86(1)

Lange, J.-M. (2000). Les relations biologie/mathématiques interrogent l'enseignement des sciences de la vie. Aster, 30.

Maisch, C., Ney, M., & Balacheff, N. (2008). Quelle est l'influence du contexte sur les raisonnements d'étudiants sur la mesure en physique ? Aster, 47.

Montévil, M. (2019). Measurement in biology is methodized by theory. Biology & Philosophy, 34(3), 35

Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. Tréma, 38, 106-147.

Perdijon, J. (2012). La mesure : Histoire, science et technique. Vuibert.

Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Évolution au cours du temps. Aster, 47.