
Comment varie la masse des œufs au cours de l'incubation ?

Franck James, Bernard Darley

IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux 4

BP 219, 33021 Bordeaux CEDEX

[*franck.james@aquitaine.iufm.fr*](mailto:franck.james@aquitaine.iufm.fr)

[*bernard.darley@aquitaine.iufm.fr*](mailto:bernard.darley@aquitaine.iufm.fr)

RÉSUMÉ. Cette communication présente un exemple de démarche d'investigation mise en œuvre par trois enseignants sur la base d'une transposition didactique des phénomènes métaboliques ayant une incidence sur l'évolution de la masse des œufs au cours de l'incubation. L'analyse montre la richesse didactique des trois situations organisée autour d'une prémisse erronée.

MOTS-CLÉS : transposition didactique, démarche d'investigation, savoir savant

KEYWORDS : didactic transposition, inquiry, scientific knowledge

Introduction

Notre travail cherche à analyser la richesse d'exploitation didactique que représente la pesée d'œufs en incubation tout au long du développement de l'embryon. Au-delà du premier obstacle que va représenter pour les élèves un système en croissance qui ne prend pas de masse, c'est la perte de masse qui va être vraiment génératrice de questionnement et d'investigation : où est passée la masse manquante ? Sous quelle forme une masse a-t-elle pu « sortir » de l'œuf ? Quelle signification métabolique a cette perte de masse ? Le problème n'est pas aussi simple qu'il y paraît et méritait une analyse didactique approfondie.

1. Contexte du projet de recherche, corpus de données et méthodologie

Un projet de construction d'incubateur électrique pour obtenir des poussins à partir d'œufs fécondés a été proposé à 3 maîtres (C, G et P) de l'agglomération bordelaise. Le projet de construction de couveuse a été proposé à ces enseignants sans leur donner d'impératifs dans la nature des objectifs visés, qu'ils soient notionnels ou méthodologiques. La seule contrainte était de mettre en œuvre une démarche d'investigation (DI) (Morge *et al.*, 2007).

La majorité des séances de classe ont été filmées ; le corpus de données est constitué des retranscriptions intégrales de ces enregistrements vidéo. Le problème que nous traiterons ici est celui de l'évolution de la masse de l'œuf au cours du temps.

2. Le cadre didactique et scientifique dans lequel s'inscrit l'évolution de la masse de l'œuf au cours de l'incubation

2.1. Le cadre didactique tel qu'il est posé en classe

La question traditionnellement induite ou posée aux enfants sur le devenir du poids de l'œuf lors d'une incubation est sous tendue par deux objectifs. Le premier est de mettre en évidence un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité, à savoir que l'embryon se développe à partir des seules réserves de l'œuf. Le second est de mettre en évidence, de manière indirecte, des échanges gazeux, et donc de matière, entre l'œuf et le milieu extérieur. La problématique de la DI s'appuie sur la conception des élèves associant augmentation de la masse de l'embryon et augmentation de la masse du système « œuf ». Cette ébauche de questionnement pourrait donc suffire à justifier les pesées puisque, si l'œuf est considéré comme un système clos, la masse de l'œuf au cours de l'incubation ne devrait pas varier.

Sur le plan didactique la pesée des œufs va donc induire un travail sur les différentes stratégies possibles de pesée, sur le relevé et le traitement des données (tableaux, graphiques...), et une réflexion sur les causes de ces variations conduisant à une investigation sur la porosité de la coquille, les transferts et la matérialité des gaz.

2.2. Le cadre scientifique dans lequel s'inscrit ce questionnement

La littérature (Schmidt-Nielsen, 1997, Kutchai *et al.*, 1971) nous apprend que les flux d'O₂ et de CO₂ s'équilibrent en masse mais qu'il y a une sortie importante et continue de vapeur d'eau au cours de l'incubation (15 %), ce qui provoque la diminution régulière de masse de l'œuf. Cette perte d'eau se produira dans les mêmes proportions avec un œuf non fécondé mis en incubation et ne peut alors pas être utilisée comme indicateur du bon développement de l'embryon. Ainsi, même si les métabolismes d'un embryon et d'un œuf non fécondé sont très différents, cette différence ne peut être identifiée en classe puisqu'on ne peut distinguer l'origine de l'eau échangée (eau métabolique ou eau solvant). Ce qui pose un problème tout à fait intéressant en termes de transposition didactique (Chevallard, 1985).

3. Traitement didactique de la question de la variation de masse des œufs.

3.1. Quels objectifs, notionnels ou méthodologiques, ont motivé cette question chez le maître ?

Les trois enseignants abordent cette question et construisent leurs séances avec l'idée que la masse des œufs pourra être mise en relation avec l'aspect des œufs observés par mirage. En effet le mirage montre avec un degré de précision assez grand que le développement de la chambre à air est parallèle à la diminution de la masse. En posant cette question, les trois enseignants abordent un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité.

Cette proposition de peser les œufs a permis de poser dans les trois classes les jalons d'une DI avec :

- 1) formulation d'hypothèses et expression d'une causalité : « Il ne va pas garder le même poids car au début il est tout minuscule, l'embryon, et il va grossir donc l'œuf va peser plus lourd » ou encore lorsque la diminution de la masse aura été mise en évidence : « Oui le blanc diminue, l'embryon grossit, mais comme il digère le blanc il le réduit, il y en a moins, et la masse diminue ».
- 2) test de l'hypothèse par l'expérience (protocole de pesée des œufs),
- 3) analyse et interprétation des résultats des mesures pour infirmer ou confirmer les hypothèses.

La mise en évidence rapide de la perte de masse amène les élèves à explorer de nouvelles hypothèses. Qu'est-ce qui a pu sortir ? Comment cela est-il sorti ? Qu'est-

ce qui l'a remplacé ? Une des hypothèses émises par les élèves est la suivante : « L'embryon a mangé le blanc donc il y a plus de place pour l'air, donc l'air rentre. Et comme l'air ça pèse moins que le blanc, donc l'œuf pèse moins lourd ».

Chez C et P, la mise en évidence de la porosité de la coquille viendra étayer la notion d'échanges gazeux associés à la respiration et renforcera l'idée que la diminution de masse de l'œuf a pour origine ces échanges gazeux. Un élève proposera d'ailleurs : « Notre poussin va respirer. Comme il y a des trous, l'air c'est normal qu'il sorte et qu'il entre. L'oxygène peut entrer et le gaz carbonique peut sortir ».

3.2. La maîtrise de savoirs scientifiques en jeu est-elle un préalable à la mise en œuvre d'une DI ?

La question est, bien entendu, provocatrice mais elle mérite d'être posée. À la fin de leur projet les enseignants des 3 classes ont été questionnés à ce sujet. Leurs réponses et l'analyse des séances de classes montrent une maîtrise scientifique partielle des savoirs relatifs à la question de la perte de masse. Des imprécisions apparaissent comme : la confusion entre matière et énergie (P) ; la méconnaissance du bilan de la respiration cellulaire (G et P) ou du rôle de l'hygrométrie sur la vitesse d'évaporation de l'eau (C), de l'intensité des échanges gazeux (G et C) ; l'oubli du témoin dans la mesure des masses des œufs (G et P)... Ces manques influenceront les choix didactiques des enseignants et conduiront quelquefois à des approximations scientifiques autour de l'explication finale qui sera donnée à cette question. Pour P par exemple, la masse devait diminuer car il considérerait cette baisse comme un indicateur fiable du bon développement embryonnaire. Or un œuf commercial incubé subit une perte de masse similaire.

Cependant, et cela peut paraître paradoxal, malgré ces connaissances approximatives, les élèves ont été placés en situation d'investigation pertinente. On pourrait même aller plus loin en disant que c'est justement leur manque de connaissances qui a permis à ces enseignants de proposer une démarche qui avait sa cohérence interne basée sur la prémisse suivante : la perte de masse est liée aux réactions métaboliques et la porosité de la coquille est responsable de la « fuite » des gaz (CO_2 et H_2O) impliqués dans le métabolisme. Pour P, le témoin (l'ovule non fécondé) est donc sans intérêt puisque, a priori privé de métabolisme, il ne peut être l'objet de ces échanges. La comparaison n'a donc de sens qu'entre les états de développement d'un même œuf.

La parfaite connaissance des mécanismes de déshydratation qui touchent aussi bien les œufs fécondés que non fécondés invalide la prémisse, et donc la pertinence même de cette pesée puisqu'elle aurait abouti à aucune différence notable. Pesée qui, pourtant, est génératrice d'investigation puisqu'elle conduit à la mise en évidence du concept de porosité, généralise le concept de respiration et renforce celui de matérialité des gaz. Autant d'objectifs dont on ne peut nier l'intérêt et pourtant introduits sur la base d'une prémisse fautive.

Il est alors intéressant de s'interroger sur ce qu'aurait pu être une DI basée sur une prémisse exacte : la perte de masse est uniquement liée à la déshydratation de l'œuf puisque les échanges CO₂/O₂ s'équilibrent en masse. Cette prémisse a pour conséquence de ne pas permettre la mise en évidence du métabolisme et donc des échanges respiratoires d'un être en développement. Si l'ovule reste une cellule vivante, son métabolisme n'en est pas moins très différent de celui de l'œuf, ce que révèle l'analyse fine des échanges gazeux. Une même apparence phénoménologique cache en réalité des mécanismes très différents. Alors faut-il sacrifier une investigation extrêmement riche sur l'autel du canon scientifique ? Même si la mesure « objective » des masses semble leur donner tort, ces enseignants qui voyaient dans la perte de masse un indicateur de métabolisme n'étaient finalement pas si loin de la vérité puisque c'est bien l'origine de l'eau qui s'évapore (métabolique ou solvant passif) qui est en jeu.

4. Conclusion

Au regard de tous ces obstacles qui peuvent interdire la compréhension de l'origine du phénomène de diminution de masse des œufs au cours de l'incubation, on peut opposer des arguments qui justifient de questionner malgré tout les élèves sur ce point. En effet, cette question a amené les enfants à s'interroger sur des notions telles que la conservation de la masse (G), le concept d'oviparité (G, C et P), la relation entre croissance et développement (G, C et P), la fonction de nutrition, et en particulier digestion et respiration (C et P) ou encore la matérialité des gaz (C et G). D'un point de vue méthodologique, les élèves ont été invités à mobiliser des compétences liées à la mesure d'une grandeur (masse), au traitement de données graphiques, mais aussi à se familiariser avec les attributs de la démarche d'investigation (formulation d'hypothèses, causalité, élaboration d'un protocole, rigueur des mesures, interprétation des résultats et confrontation aux hypothèses de départ...). Autant de questions heuristiques qu'une prémisse exacte n'aurait pas suscitées. La question de la transposition didactique reste donc bien posée.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier très sincèrement C, G et P pour le harcèlement didactique auquel ils ont été soumis.

5. Bibliographie

- Schmidt-Nielsen, K. (1997). *Animal physiology, adaptation and environment*. Cambridge University Press ; 5th Revised edition.
- Kutchai H. & Steen J. B (1971). Permeability of the shell and shell membranes of hens' eggs during development, *Resp. Physiol.*, 11, p. 265-268.

Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN et CRDP d'Auvergne.

Chevallard, Y. (2005). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.