

Comment varie la masse d'un œuf au cours de l'incubation ?

Un problème trivial?

Recherche sur les sciences intégrées - INRP

Contexte du projet de recherche

 projet de construction d'incubateur électrique pour obtenir des poussins à partir d'œufs fécondés

- une classe de **CM2**, enseignant PP, PEMF , projet déjà mené 2 fois
 - une classe de **CE2**, enseignante CJ, scientifique, nombreux élevages en classe
 - une classe de **CE1/CE2**, enseignant CG, jeune dans le métier, non scientifique
-
- ✓ abordent régulièrement les 3 disciplines scientifiques (biologie, physique et technologie)
 - ✓ Enseignants volontaires et enthousiastes à l'idée de collaborer à notre proposition
 - ✓ Pas de consigne sur objectifs visés (not. ou méth.) mais précision sur le contexte de recherche (sciences intégrées)
 - ✓ Positionnement personne ressource

Corpus de données et méthodologie:

- Séances de classe filmées et retranscrites (35h de vidéos),
- Enseignants interviewés avant, pendant et après le projet,
- Traces écrites, collectives et individuelles, affichages, écrits temporaires au tableau, cahiers de sciences, écrits intermédiaires d'élèves, évaluations, diaporama

Objectif

➔ Analyser la richesse d'exploitation didactique que représente la pesée d'œufs en incubation tout au long du développement de l'embryon

- ❖ Premier obstacle: **système en croissance qui ne prend pas de masse (?)**
- ❖ Deuxième obstacle: **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 cadre didactique posé en classe

.mesurer la masse d'œufs de poules
.interpréter les variations de masse



Quelle pertinence didactique ?

A priori pour le maître

- Mise en évidence de ce qui définit l'oviparité
- Mise en évidence des échanges gazeux, et donc de matière, entre l'œuf et le milieu extérieur.

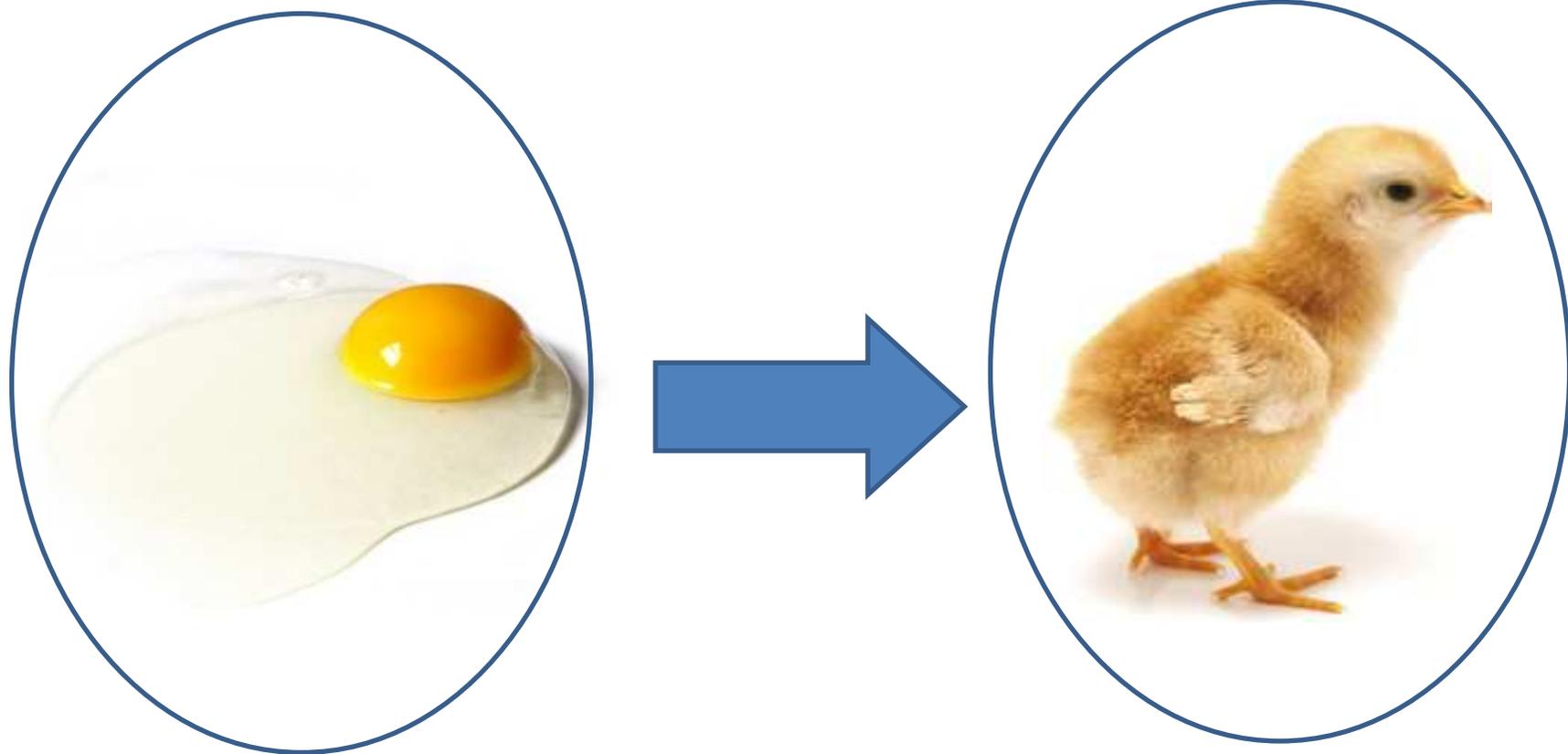
Obstacle inévitable: « la masse de l'œuf augmentera car la taille du poussin augmente s'il se développe correctement » (idem pour mesure de la taille de l'œuf)



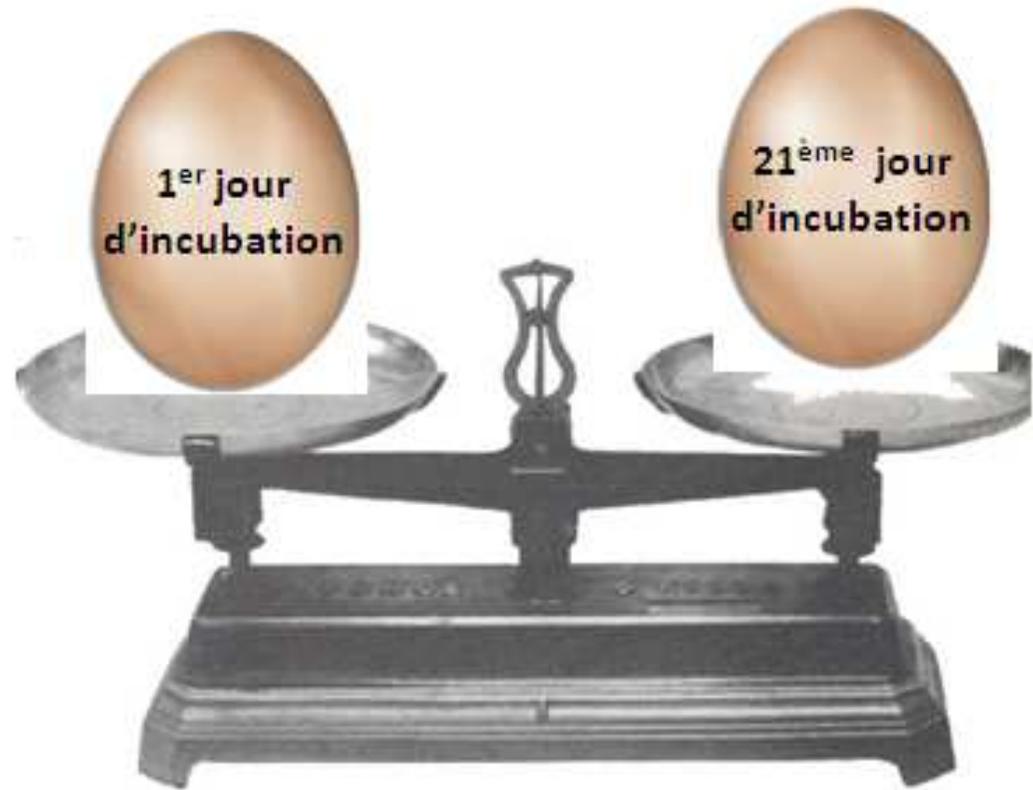
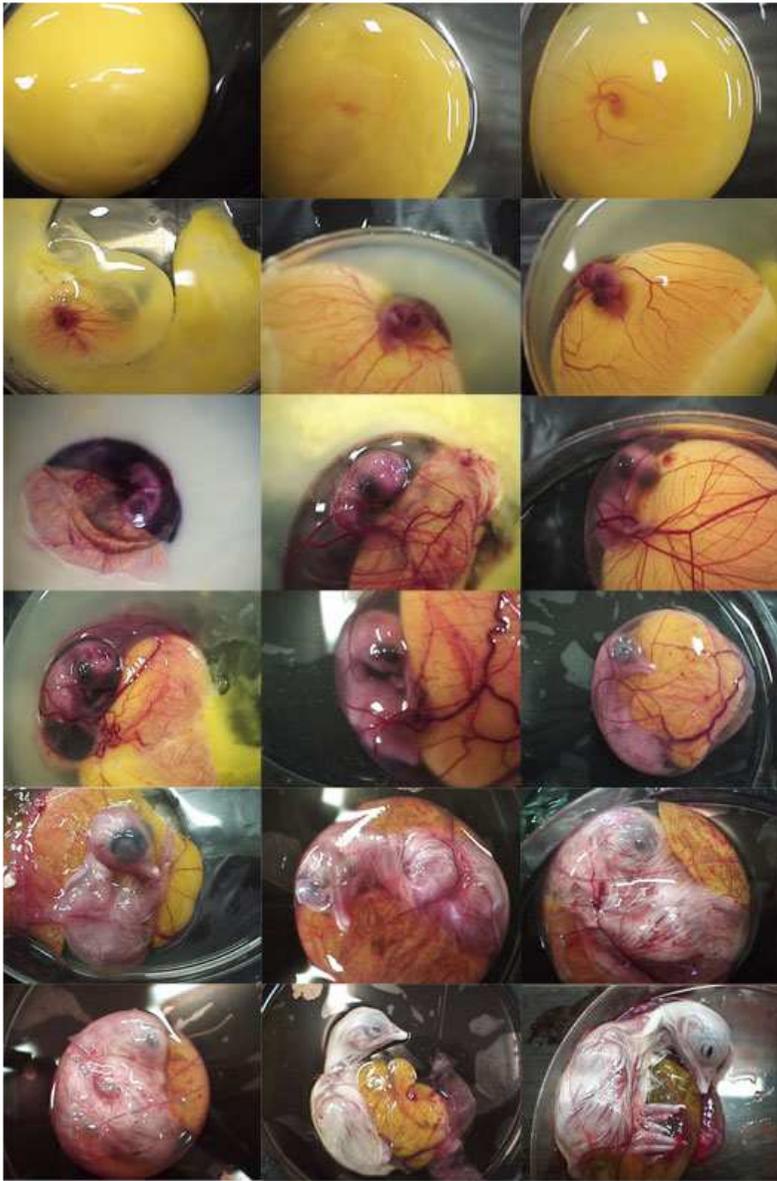
pourrait suffire à justifier les pesées

Si œuf = système clos et selon le principe de Lavoisier, alors la masse de l'œuf au cours de l'incubation ne doit pas varier

La matière blanc+jaune ainsi qu'une partie de la coquille deviendra de la « matière poussin » sans apport de matière exogène d'origine maternelle (concept d'oviparité).



Conservation de la masse



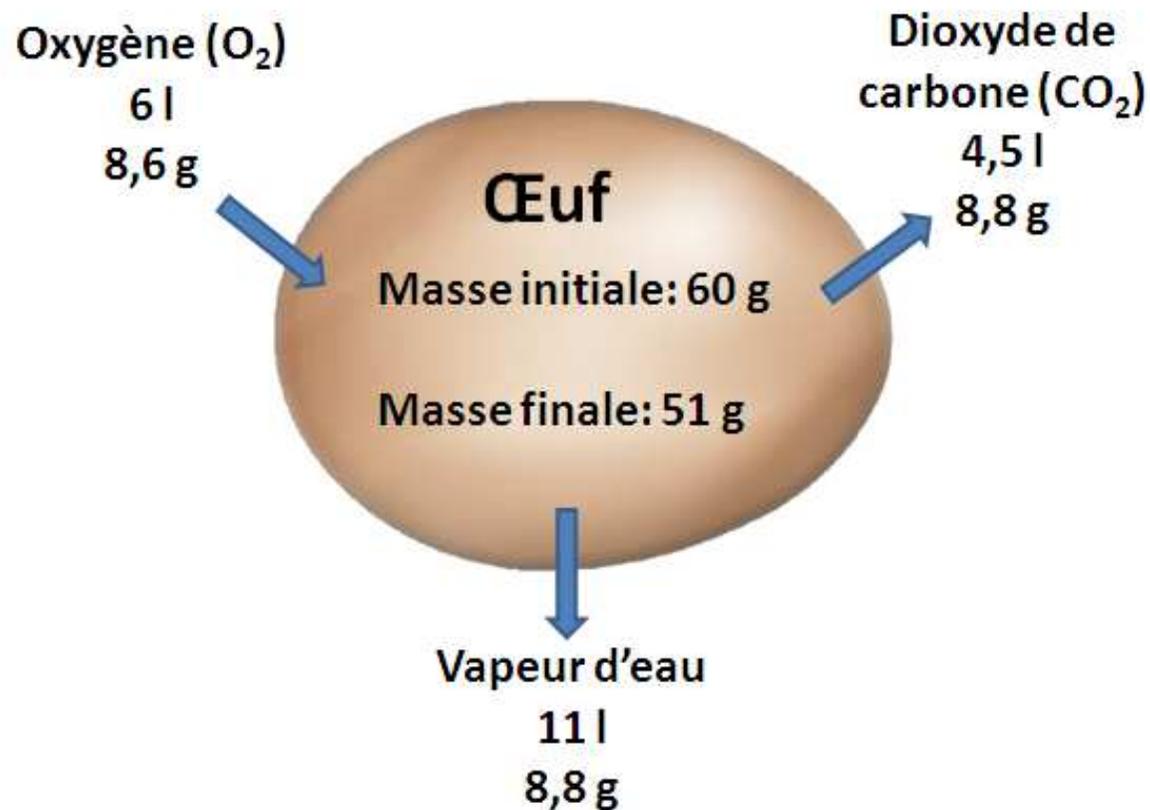
conservation de la masse

=

**donc en aucun cas la masse
ne devrait augmenter**

Or l'œuf n'est pas un système clos, la **coquille est poreuse**, des échanges gazeux, entrants et sortants, sont possibles. Ils sont dus en partie à la respiration cellulaire (entrée d'O₂ et sortie de CO₂) mais aussi à **l'évaporation de l'eau** contenue dans l'œuf.

→ données inconnues des élèves



Le cadre scientifique

Schmidt-Nielsen K. 1997: les flux d'O₂ et de CO₂ s'équilibrent en masse mais sortie importante et continue de vapeur d'eau au cours de l'incubation (15%), donc ↓ régulière de masse de l'œuf.

Mais idem avec un œuf non fécondé mis en incubation :

 **diminution de masse = pas un bon indicateur d'un bon développement de l'embryon**



Pourrait-on explorer plus avant la nature des échanges gazeux en classe?

Difficulté à quantifier la proportion d'eau métabolique dans l'eau évaporée des œufs fécondés et des œufs non fécondés



échanges très difficiles à mettre en évidence avec les moyens disponibles dans une classe

ainsi

Même si les métabolismes d'un embryon et d'un œuf non fécondé sont très différents



cette différence ne peut être aisément identifiée en classe

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

« Comment la masse des œufs varie-t-elle au cours de l'incubation ? »

Objectifs en partie communs:

- mettre en relation pesée/mirage car développement de la chambre à air est un indicateur cohérent de la diminution de la masse
- mettre en évidence un des principes fondamentaux de l'oviparité: l'embryon se nourrit à partir des seules réserves de l'œuf (donc en aucun cas la masse ne devra augmenter)

Sur la **démarche d'investigation** la question permet:

- formulation d'hypothèses avec expression d'une causalité, ex: « 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 »
- test de l'hypothèse par l'expérience (protocole de pesée des œufs),
- analyse /interprétation des résultats des mesures pour infirmer ou confirmer les hypothèses

Et aussi: utilisation de balances différentes selon les classes, pesées +/- nombreuses, mise en graphique des données ...

la diminution de la masse  nouvelles hypothèses

Qu'est-ce qui a pu sortir ?
Comment est-il sorti ?
Qu'est-ce qui l'a remplacé ?

Exemple d'hypothèse: « 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 »

La **sortie de vapeur d'eau** est abordée de manières différentes dans les classes:

-CG: porosité non explorée, l'évaporation est citée mais pas expliquée

-PP: porosité explorée mais pas utilisée pour expliquer la sortie d'eau, échanges gazeux seulement

-CJ: porosité explorée, mise en relation avec respiration/échanges gazeux et allusion à la transpiration de la poule , CO₂ évacué ainsi que H₂O

« 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 »

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

A la fin de leur projet les enseignants des 3 classes ont été questionnés :

1- « En initiant ce projet, étiez-vous a priori convaincu de la diminution de la masse de l'œuf au cours de l'incubation ? »

PP : Oui, car c'est un projet que j'ai déjà mené deux fois.

CJ : Non, j'aurais dit que la masse serait stable car je pensais les échanges gazeux en équilibre.

CG : Non, et en plus je ne m'étais jamais posé la question.

2- « Si non, comment l'avez-vous appris ? »

CJ : Par mes lectures documentaires pour préparer le projet ce qui a provoqué l'intérêt d'aborder cette question non évoquée dans les I.O. en ces termes.

CG : Par mes discussions avec des spécialistes en sciences.

3-« A présent, comment expliquez-vous la diminution de la masse de l'œuf durant l'incubation? »

PP : La masse des œufs devrait rester invariante car il y a consommation de vitellus/albumen par le poussin; or le poussin consomme de l'énergie pour vivre et se développer, du coup les réserves sont transformées en calories et donc la masse de l'œuf diminue: les organes qui commencent à fonctionner transforment la nourriture en énergie.

CJ : Par le fait qu'il y a des échanges gazeux, de la transpiration, de la perte d'eau, de l'œuf vers l'extérieur.

CG : La masse devrait rester la même car tout est transformé, il y a transformation des matières. Mais il y a diminution de la masse car de l'humidité s'évapore de l'œuf car la coquille est poreuse.

- ❑ confusion entre matière et énergie
- ❑ méconnaissance du bilan de la respiration cellulaire
- ❑ méconnaissance du rôle de l'hygrométrie sur la vitesse d'évaporation de l'eau
- ❑ méconnaissance de l'intensité des échanges gazeux
- ❑ méconnaissance de la nécessité du témoin (œuf commercial ou infertile) dans la mesure des masses des œufs



- Influence des choix didactiques
- Approximations sur l'explication finale à cette question (*la masse devait diminuer car elle était un indicateur fiable du bon développement de l'embryon*)

mais

Paradoxe apparent: les élèves ont été placés dans des situations d'investigation pertinentes malgré la maîtrise partielle des connaissances en jeu

le **manque** de connaissances a permis



démarche avec cohérence interne basée sur la **prémisse (fausse)** suivante : la perte de masse est liée aux réactions métaboliques et la porosité de la coquille est responsable de la « fuite » des gaz impliqués dans le métabolisme : CO_2 et H_2O .

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.

Or la parfaite connaissance des mécanismes de déshydratation casse cette cohérence et **ne justifie plus les pesées**

Mais pesée génératrice d'investigation: mise en évidence du concept de porosité, généralise le concept de respiration et renforce celui de matérialité des gaz

Le tout étant introduit sur la base d'une prémisse fausse !!!

Quelle serait la DI sur la base d'une prémisse exacte?

(perte de masse est uniquement liée à la déshydratation de l'œuf puisque les échanges CO_2/O_2 s'équilibrent en masse. Quel que soit l'état de l'œuf, la porosité de la coquille est responsable de cette « fuite » d'eau)



Œuf fécondé = structure inerte, pas de mise en évidence possible d'un métabolisme à travers les échanges respiratoires



pas besoin de pesée

Faut-il sacrifier une investigation extrêmement riche sur l'autel du canon scientifique ?

Ovule/œuf fécondé: même apparence phénoménologique or métabolismes très différents

Pour les œufs fécondés, pesées finalement justifiées car il ya bien des phénomènes métaboliques qui vont conduire à des pertes de masse par perte d'eau:

perte de masse=indicateur métabolique

CONCLUSION

Malgré de nombreux obstacles qui interdisent la compréhension de la perte de masse, conservation de la masse, invisibilité des gaz...) il peut être intéressant de questionner les élèves sur ce point car:

☐ cette question amènera les enfants à s'interroger sur des **notions** telles que:

- la conservation de la masse (CG),
- le concept d'oviparité (CG, CJ et PP),
- la relation entre croissance et développement (CG, CJ et PP),
- la fonction de nutrition, et en particulier digestion et respiration (CJ et PP),
- la matérialité des gaz (CJ et CG).

☐ et d'un point de vue **méthodologique**, les élèves mobiliseront des compétences liées:

- à la mesure d'une grandeur (masse),
- au traitement de données graphiques,
- 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...).