

Épreuve écrite de Sciences de la Vie et de la Terre

I. L'épreuve : présentation générale et notation

Le sujet proposait de mettre en évidence les différences morphologiques de 2 castes d'abeilles (reine et ouvrière) et de déterminer les facteurs contrôlant le devenir des larves avant de préciser les mécanismes épigénétiques impliqués dans ce polymorphisme.

L'épreuve comprenait deux parties indépendantes. Elle permettait d'évaluer les capacités des candidats à construire une argumentation par une analyse des documents (parfois guidée par une question ciblée sur l'un d'entre eux) et à en proposer une interprétation. Cette démarche pouvait s'appuyer sur des connaissances. La mise en relation des données mobilisées afin de construire une synthèse imposait un schéma bilan dans la première partie. Une analyse phylogénétique devait compléter le raisonnement de la deuxième partie. D'un point de vue forme aucune introduction, ni conclusion générale n'étaient attendues.

La notation a pris en compte l'étude des différents documents - guidés ou non par des questions - en s'appuyant sur l'évaluation des capacités mises en œuvre.

Ces capacités sont regroupées en 5 items :

A. Extraire des informations : hiérarchisation, comparaison au témoin, écarts-types...

Sont évaluées ici, chez les candidats, les capacités d'analyse de documents variés: photographies, graphiques, histogrammes (nombreux), électrographie développées par les candidats. L'analyse attendue doit être synthétique mais rigoureuse, basée sur la comparaison préalable avec les témoins. Une attention au caractère significatif des résultats pouvait être attendue.

B. Identifier un problème, le résoudre (connaissances, argumentation, liens de causalité), proposer une conclusion / hypothèse

Cette capacité correspond à la mobilisation d'un raisonnement permettant aux candidats, à partir des analyses effectuées au point précédent, de proposer une (des) hypothèse(s) explicative(s), une conclusion. Pertinence des interprétations et cohérence du raisonnement proposé, points essentiels de la démarche, sont évalués ici.

C. Réaliser un schéma, un dessin d'interprétation

Un schémas-bilan est explicitement demandé dans le thème 1. On teste ici la capacité des élèves à rassembler des informations et les traduire sous forme graphique. Il s'agit de présenter la mise en relation des différentes données scientifiques à l'aide de connecteurs graphiques qui expriment, de façon logique la cascade d'événements biologiques mobilisés dans le problème étudié. Ce schéma doit d'être clair, de grande taille et impliquer toutes les donnée abordées.

D. Communication : qualité de l'expression (syntaxe, orthographe, précision, concision), soin / présentation

La forme du devoir est le point pris en compte dans cet item : capacité du candidat à présenter des idées en utilisant un vocabulaire précis et en soignant la syntaxe et l'orthographe ; soin apporté à la copie.

E. Relier les documents entre eux, donner un sens global

Est attendue ici la capacité des candidats à articuler entre elles les informations extraites des documents pour faire émerger une cohérence globale. La progression du raisonnement d'un document à l'autre et insertion dans la problématique scientifique plus large sont évaluées ici.

Extrait de la grille de notation

	Rappel du contenu	A	B	C
2.3.A	expérience d'ARN interférent	1	1	0
2.3.B	si Dnmt3 inactivé, plus de reines	1	1	0
2.4	ctrl : expression de Dnmt3 ds les corps allates et moindre expression Dnmt3 après ajout d'ARN interférent	1	1	0
2.5	plusieurs pertes indépendantes	1	2	0
Bilan	rôle épigénétique sur la détermination des castes d'abeilles	0	4	0

Les cases grises indiquent le nombre maximal de points pouvant être obtenus. L'attribution des points fait appel à un curseur.

II. Observations générales

Dans le premier thème, les candidats devaient tout d'abord déterminer les différences morphologiques des deux castes d'abeilles proposées. Cette identification, qui s'appuie sur l'analyse de documents photographiques, mobilise les capacités d'observation des candidats. L'observation n'a pas toujours permis d'identifier toutes les différences de structure des pattes. Bien plus, les échelles n'ont pas toujours été exploitées suffisamment conduisant alors à des interprétations opposées à celles attendues. Ce thème proposait ensuite d'aborder les facteurs qui contrôlent le devenir des larves d'abeille. Les documents ont été dans l'ensemble compris, l'exploitation qui en a été faite est plutôt satisfaisante : l'implication des facteurs taille des logettes d'élevage, type de nourriture et expression du gène ultrabithorax ont été compris. L'analyse gagnerait à être plus systématiquement accompagnée de données quantitatives précises extraites des documents. La qualité du schéma-bilan qui clôt ce thème, incomplet pour de nombreux candidats, reste acceptable.

Le thème 2, qui invitait les candidats à réfléchir au contrôle épigénétique du polymorphisme des castes, a été rarement traité dans sa totalité et a été peine abordé ou pas du tout pour un nombre important de candidats.

Lorsque celui-ci a été traité, l'analyse des documents a été souvent partielle. Une différence de qualité de traitement entre les documents des deux thèmes tend à faire penser que la gestion du temps (à répartir entre les deux thèmes) au cours de l'épreuve a souvent été plutôt maladroite.

Le caractère significatif des différences de certaines données chiffrées (doc. 2.1 et 2.2) a été peu abordé. L'utilisation d'un ARN interférent spécifique pour inactiver un gène afin d'en étudier les conséquences (doc. 2.3) a souvent été mal interprétée. L'information précisant l'effet d'inactivation, présente dans le titre uniquement, n'a souvent pas été utilisée.

L'étude phylogénétique (doc.2.5) n'a que très rarement été abordée.

Le nombre de questions traitées a souvent été l'élément déterminant des différences d'évaluation des candidats. L'expression est satisfaisante ainsi que le soin apporté aux copies. Des candidats capables d'exploiter pleinement tous les documents du sujet afin de réaliser un raisonnement scientifique rigoureux, clair et complet émergent.

III. Résultats obtenus

Une analyse plus fine des notes selon l'axe des compétences donne des résultats confortant le ressenti. Les candidats savent lire un document, l'analyser, y trouver des informations. Le jury a noté un effort de rigueur dans l'analyse, l'utilisation des témoins et la prise en compte des barres d'erreur par les candidats, même si certains d'entre eux s'attachent à voir à tout prix des variations.

Pour ce qui concerne l'aptitude à interpréter, à rapprocher ces informations de leurs connaissances et des modèles appris, la performance est comme les années passées beaucoup moins bonne.

Les copies sont généralement bien présentées. Le jury a relevé des efforts de nombreux candidats pour aérer leur copie et éventuellement souligner les termes importants.

La qualité rédactionnelle est extrêmement variable, et moyennement satisfaisante. De nombreux candidats négligent fortement l'orthographe et sont handicapés par un manque de rigueur rédactionnelle. Les candidats doivent disposer et user d'un vocabulaire adapté et précis acquis lors de leur cursus.

Le jury recommande en outre aux candidats de bien gérer leur temps et leurs efforts. Dans nombre de copies, l'un des thèmes est bien traité, mais avec des analyses et des interprétations exagérément développées. Le reste est alors survolé voire non traité. En étant plus concis dès le début et en maintenant une certaine qualité de réflexion tout au long du devoir, ces candidats auraient pu mieux réussir l'épreuve.

Dans le même ordre d'idée, la rédaction concise ne désavantage pas le candidat. Le maximum des points est acquis dès lors qu'une analyse rigoureuse (ce qui ne veut pas dire forcément exhaustive ou absolument complète) est explicitement associée à une interprétation ou un bilan partiel permettant de faire avancer l'investigation.

Aussi, les rares candidats qui composent leur copie avec introduction, plan structuré, et documents intégrés perdent du temps, tout comme les candidats rédigeant en appliquant de façon répétitive une méthode systématique : protocole, description des résultats, interprétation, conclusion, critique. Pour ce dernier exemple, nous notons que les candidats procédant ainsi ne hiérarchisent ni leurs idées ni les résultats présentés. Ceci aboutit à un défaut de synthèse générale.

IV. Quelques précisions sur les attendus

Il ne s'agit pas de fournir un « corrigé », mais simplement d'indiquer les éléments de base qui pouvaient être attendus à partir de chaque ensemble documentaire fourni.

Partie I	Attendus
Doc.1.1.A	L'analyse des photos d'ovaires disséqués d'abeille reine et ouvrière montre des différences morphologiques importantes. Les ovaires de reine mesurent environ 1,5 mm de long pour 0,8 mm de large et sont constitués de multiples filaments alors que les ovaires d'ouvrière, qui mesurent eux aussi 1,5 mm de long sont très fins, moins de 0,05 mm de large. Ainsi, les abeilles reine ont des ovaires beaucoup plus développés que les abeilles ouvrières. Cette morphologie différente pourrait être mise en relation avec les capacités de reproduction des abeilles reine.
Doc.1.1.B	Ce document permet de nommer précisément les fibres observées précédemment dans les clichés d'ovaire de reine et ouvrière, il s'agit des ovarioles. Les valeurs présentées sur l'histogramme indiquent que les ovaires d'ouvrière contiennent en moyenne 5 ovarioles alors que ceux de reine en contiennent 30 fois plus (environ 150). Cette analyse quantitative permet de confirmer les observations qualitatives précédentes : les ovaires de reine sont bien plus développés que ceux d'ouvrière car constitués d'un nombre très important d'ovarioles.
Doc. 1.1.C Q1	Les électronographies présentées permettent, en trois dimensions, de mettre en évidence des différences morphologiques au niveau des pattes postérieures des abeilles appartenant aux deux castes étudiées. La comparaison des clichés A et B montre que la surface du tibia des ouvrières semble lisse et est dépourvue de soies contrairement au tibia de reine entièrement recouvert de soies. De plus, le cliché A semble montrer que le tibia forme une dépression, la corbeille à pollen (cf. annexe 2). La comparaison des clichés C et D montre bien que la surface du tibia des reines possède davantage de soies que celle des ouvrières (échelle plus petite, une soie tous les 100 microns environ chez les ouvrières contre une soie tous les 30-50 microns environ chez les reines). Par ailleurs, la surface de la cuticule au niveau du tibia des ouvrières est irrégulière, composée de multiples « hexagones » alors que la cuticule du tibia des reines est parfaitement lisse. La forme du tibia des ouvrières en corbeille ainsi qu'une cuticule qui semble « adhérente » permettrait de fixer des grains de pollen au niveau des pattes arrière des ouvrières ce que les reines ne peuvent faire. Ces adaptations morphologiques sont bien en lien avec le rôle pollinisateur des abeilles ouvrières.
Doc. 1.2.A	Durant les trois premiers stades larvaires, on n'observe pas de différence de transcription du gène Hox ultrabithorax. En revanche, aux stades prépupe et pupa, le gène <i>ubx</i> est transcrit environ 3 fois plus chez les ouvrières que chez les reines. Cette différence d'expression génique pourrait être à l'origine de la morphologie différente des pattes arrière d'ouvrières et de reines.

Banque Agro Veto 2016
Rapport sur les concours A TB

Doc. 1.2.B Q2	<p>Les clichés obtenus par immunofluorescence montre que la protéine Ubx s'exprime chez les ouvrières dans le tibia et le tarse de leur patte arrière alors que chez les reines, elle ne s'exprime pas dans le tibia, elle ne s'exprime que dans les cellules du tarse. La fluorescence bleu au dapi permet de situer les cellules en colorant le noyau de chacune.</p> <p>La protéine ultrabithorax s'exprimant spécifiquement dans le tibia des ouvrières mais pas des reines pourrait être à l'origine de la présence d'une corbeille à pollen de façon spécifique chez les ouvrières. Cette protéine est codée par un gène homéotique, responsable de l'acquisition du plan d'organisation de l'organisme considéré. Ainsi, il paraît tout à fait possible que le patron d'expression de la protéine Ubx provoque des conséquences sur la morphologie des pattes postérieures d'abeille, conduisant à des différences morphologiques entre reine et ouvrière, les premières étant spécialisées dans la reproduction, les deuxièmes étant spécialisées dans la collecte de pollen, de nectar comme sources de nourriture pour la ruche.</p>
Doc. 1.3	<p>Des larves élevées dans des logettes d'ouvrières se développent toutes en ouvrières tandis que des larves élevées dans des logettes de reine donnent naissance à environ 75% d'ouvrières et à 25% de reine. Ainsi, la taille des logettes d'élevage influence le devenir des larves, dans des logettes plus grandes, les larves vont davantage devenir des reines mais ce critère n'est pas suffisant pour obtenir des reines.</p>
Doc. 1.4.A	<p>On nous dit que la gelée royale favorise le développement des larves en reines. Des larves élevées à la gelée royale ont une masse adulte supérieure à celle des larves élevées avec de la gelée royale stockée à haute température durant plusieurs jours. Plus le stockage est long (à partir de 14 jours de stockage), plus les adultes obtenus sont légers. Cette observation est confirmée par les photographiques présentées. Dans le document d, un adulte issu du développement d'une larve élevée à la gelée royale native mesure un peu moins de 2 cm alors qu'un adulte issu du développement d'une larve élevée à la gelée royale stockée durant 30 jours à 40°C mesure moins de 15 mm et semble recroquevillé sur lui-même. Cette différence de taille s'observe dès les stades larvaires L3 et L4. Le document c montre que des larves nourries à la gelée royale mesurent 1 cm de long et 4-5 mm de large alors que les larves nourries à la gelée royale stockée 30 jours à 40°C sont deux fois plus petites (5-7 mm de long pour 2-3 mm de large). Enfin, la taille des ovaires varie fortement suivant le régime alimentaire, les ovaires d'adultes issus du développement de larves nourries à la gelée royale sont composés de 150 ovarioles comme montrés dans le document 1.1.B pour les reines et ce nombre diminue avec la durée de stockage de la gelée royale pour aboutir à peine à 10 ovarioles chez les adultes issus du développement de larves nourries à la gelée royale stockées 30 jours à 40°C, comme chez les ouvrières (doc. 1.1.B). D'après tous ces résultats, il semble que la gelée royale contient des molécules responsables du développement des larves en adulte reine. La sensibilité à la température pourrait aller en faveur de molécules protéiques dont la fonction est perdue à haute température.</p>

Doc. 1.4.B	<p>L'énoncé confirme l'hypothèse précédente concernant l'importance des protéines constitutives de la gelée royale dans la détermination des castes d'abeille.</p> <p>Les adultes témoin pèse 125 mg, ce qui est comparable à la masse des adultes issues de larves nourries à la gelée royale stockée 30 jours à 40°C, y compris avec celle contenant la protéine A à différentes concentrations. La protéine A de la gelée royale ne permet donc pas un développement important des larves. En revanche, la protéine C ajoutée à des concentrations croissantes permet de retrouver la masse adulte issue de larves nourries à la gelée royale pure, environ 200 mg. Ainsi, la protéine C présente dans la gelée royale aurait un rôle primordial dans l'effet de la gelée royale, il s'agit d'une des protéines actives de cette gelée. De la même façon, on constate que l'ajout de protéine A, même à des concentrations importantes ne permet pas de retrouver la taille des ovaires observée pour des larves nourries à la gelée royale (environ 10 ovarioles contre 150). En revanche, la protéine C ajoutée à des concentrations croissantes permet de former des larves ayant environ 150 ovarioles par ovaire (pour la concentration maximale utilisée de 2%). Les adultes obtenus après nourrissage des larves à la GR30 + protéine C mesurent environ 2 cm alors que les adultes issus de larves nourries à la GR30 + caséine ou GR30 + protéine A sont plus petits, ils ne mesurent qu'un peu plus d'un cm.</p> <p>Ainsi, la gelée royale contient différentes protéines dont certaines sont plus actives que d'autres pour le développement des larves, la protéine C est indispensable à la fonction de la gelée royale, elle permet le développement des larves en reine.</p>
Doc. 1.5.A	<p>Le graphique ne présente pas d'intervalle d'erreur mais on peut considérer que les valeurs sont suffisamment différentes pour être significatives.</p> <p>Ainsi, on observe que le taux d'hormone juvénile chez les larves d'ouvrières varie peu entre les stades larvaires L1 à L5 (léger pic au stade L3) mais montre une augmentation brève à la fin du stade L5. En revanche, le taux d'HJ dans les larves de reine augmente progressivement entre les stades L1 et L4 pour atteindre un taux maximal au milieu du stade L4, malgré une diminution de la quantité d'HJ par la suite, le taux reste supérieur chez les larves de reines que chez les larves d'ouvrières. Enfin, on observe aussi une augmentation brève du taux d'HJ à la fin du stade L5, accumulation supérieure à celle observée chez les larves d'ouvrières.</p> <p>Les différences de développement observées précédemment chez les ouvrières et les reines pourraient être dues à cette hormone juvénile de croissance or on a vu dans le document 1.4.B que la protéine C de la gelée royale déterminait le développement des larves en adulte reine. Ainsi, l'action de la protéine C pourrait passer par la sécrétion d'HJ.</p>
Doc. 1.5.B	<p>La concentration en hormone juvénile est maximale pour les larves L4 traitées à la gelée royale (stade où le taux d'hormone est maximal d'après le document précédent) (environ 4 pmol/ g larve/individu) ainsi que pour les larves traitées à la gelée royale inactivée au froid mais supplémentée en protéine C. En revanche, pour des larves nourries à la gelée royale inactivée au froid, supplémentée à la caséine ou bien encore à la protéine A, le taux d'HJ est bien inférieur et l'on a vu précédemment que ces larves</p>

Banque Agro Veto 2016
Rapport sur les concours A TB

	se développaient en ouvrières. Ainsi, la protéine C est bien une protéine active de la gelée royale et son action passe par la sécrétion accrue d'hormone juvénile de croissance. Comment la protéine C peut-elle activer la sécrétion d'hormone juvénile de croissance ?
Doc. 1.6.A	L'utilisation d'ARN interférents permet d'inactiver certaines voies de signalisation intracellulaire : ou la voie de l'EGF ou la voie de l'insuline dans le cas présent. Les larves nourries à la GR contenant l'ARNi GFP constituent un témoin permettant de montrer l'impact de l'ajout d'un ARNi dans les larves. Les résultats obtenus (masse d'environ 180 mg, environ 140 ovarioles ; adultes d'environ 2 cm) avec ajout d'ARNi GFP et In-R sont similaires aux valeurs obtenues pour des larves nourries à la GR (document 1.4.B) donc l'ajout d'un ARNi n'a pas d'influence sur le développement des larves, les résultats de l'expérience sont interprétables. En revanche, l'ajout d'ARNi EGF conduit à des résultats similaires à ceux obtenus avec de la gelée royale inactivée donc l'inhibition de la traduction du récepteur à l'EGF annule les effets de la gelée royale (100 mg, 10 ovarioles, adulte d'environ 1,2 cm). Ainsi, l'action des protéines actives de la gelée royale, la protéine C en particulier, la royalactine, passe par une voie de signalisation intracellulaire mettant en jeu le récepteur à l'EGF et aboutissant à la synthèse accrue d'HJ. Pour agir, la protéine C doit sans doute modifier l'état du récepteur à l'EGF.
Doc. 1.6.B	Le western blot réalisé sur 3 groupes de larves prouve que quelque soit le type de nourriture utilisé, les larves possèdent toutes le récepteur à l'EGF, dans des proportions identiques (taches de même aspect). En revanche, on observe deux taches comparables pour les tyrosines phosphorylées chez les larves nourries à la GR devenant des reines et chez les larves nourries à la GR inactivée supplémentée en protéine C devenant des reines aussi. Ainsi, ces deux groupes possèdent des tyrosines phosphorylées, peut être sur le récepteur à l'EGF. En revanche, la tache correspondante aux tyrosines phosphorylées est très faible dans les larves nourries à la GR inactivée. Celles-ci deviennent des ouvrières. En comparant les résultats du premier et du troisième puits, on voit que c'est l'ajout de protéine C qui a permis de retrouver des tyrosines phosphorylées. Ainsi, la protéine C, royalactine, permet la phosphorylation de tyrosines, peut être celles du récepteur à l'EGF qui serait ainsi activé. Cette phosphorylation est indispensable au développement des larves en reines.

Partie II	Attendus
Doc.2.1.A	Pour les 9 dinucléotides considérés sur le gène dynactine p62, 3 présentent des valeurs statistiquement différentes de méthylation : le 4, le 5 et le 8 pour lesquelles plus la durée de nourrissage à la gelée royale est longue, moins le taux de méthylation est important. Or on sait par le thème précédent que la gelée royale permet de faire évoluer les larves vers la caste des reines. Ainsi, la gelée royale diminuerait le taux de

	méthylation de certains gènes, ce qui modifierait leur patron d'expression, via des modifications épigénétiques.
Doc.2.1.B	Les modifications épigénétiques passent par la méthylation de cytosines sur des dinucléotides CG par exemple. Ces méthylations sont réalisées par des enzymes particulières, les méthyltransférases. D'après l'histogramme, on constate que plus le nombre de jours de nourrissage à la gelée royale est important, moins l'enzyme méthyltransférase Dnmt3 est active, son activité est divisée par deux entre 3 jours et 5 jours de nourrissage à la GR. Ainsi, la baisse de méthylation constatée précédemment sur le gène de la dynactine p62 s'expliquerait pas la baisse de l'activité de l'enzyme Dnmt3.
Doc.2.2.A	Pour les 9 dinucléotides considérés sur le gène dynactine p62, 6 présentent des valeurs statistiquement différentes de méthylation (tous sauf le 5 et le 6). Dans des logettes de reine, le taux de méthylation est moins élevé (3 fois moins pour des taux faibles ; 10% fois moins pour des taux de méthylations élevés). On a vu dans le thème précédent que la taille des logettes d'élevage influait sur le devenir des larves. Cette influence semble passer par des modifications épigénétiques, de méthylation des cytosines sur des îlots CG. On peut penser que cette action passe par la baisse de l'activité des méthyltransférases.
Doc.2.2.B	Comme après le nourrissage à la GR, on constate que l'élevage en logette de reine diminue par deux environ l'activité d'une méthyltransférase, la Dnmt3. Etant moins active, il y a moins de méthylation des cytosines chez les reines. Cette baisse d'activité peut être due juste à une inactivation des protéines mais aussi à une moindre expression du gène codant ces protéines.
Doc.2.2.C	Chez des larves de 6 jours élevées dans des logettes de reine, le taux d'expression du gène <i>Dnmt3</i> est diminué d'un quart environ. Ainsi, moins d'enzyme méthyltransférase seront produites (car moins d'ARNm correspondant) et en plus, celles produites sont moins actives. Tout cela implique une moindre méthylation des gènes chez les larves devenant des reines.
Doc.2.3.A	La PCR quantitative permet d'estimer le nombre d'ARNm correspondant au gène étudié. L'ajout d'un ARN interférent de Dnmt3 diminue par plus de 70% le taux d'expression du gène Dnmt3. L'ARNsi ajouté est bien spécifique du gène <i>Dnmt3</i> . Ainsi, on peut utiliser cet ARNsi pour comprendre le rôle de Dnmt 3 sur le développement des castes d'abeille
Doc.2.3.B	Sur une population, dans des conditions d'élevage identique, on obtient environ 80% d'abeilles ouvrière et 20% d'abeilles reine. Après ajout d'un ARN interférent spécifique du gène <i>Dnmt3</i> , la tendance est inversée, on obtient 75% de reines et 25% d'ouvrières. Ainsi, l'inactivation du gène <i>Dnmt3</i> favorise le développement des larves en reines. <i>Dnmt3</i> code pour une enzyme, une méthyltransférase qui peut méthyler les cytosines sur des îlots CG. Si le gène est inactivé, il y aura moins de méthylation des gènes. Or on a constaté dans les documents précédents que les reines présentent

Banque Agro Veto 2016
Rapport sur les concours A TB

	<p>des taux de méthylation moindre que les ouvrières. Ainsi, lors du développement des larves, les gènes codant les méthyltransférases (par exemple <i>Dnmt3</i>) doivent être inactivé impliquant une moindre méthylation des gènes, donc des changements épigénétiques.</p>
Doc.2.4	<p>On peut suivre le taux d'expression du gène <i>Dnmt3</i> par hybridation in situ dans laquelle on ajoute une sonde spécifique de l'ARNm de <i>Dnmt3</i>. Plus la coloration est intense, plus la concentration en ARNm <i>Dnmt3</i> est importante. 3 stades larvaires sont étudiés, les plus précoces. Au stade L1, on n'observe pas de différence entre le contrôle et la lame histologique issue d'une larve ayant subi l'injection de <i>Dnmt3</i>-siRNA. En revanche, plus le temps après l'injection d'ARN interférent passe, donc plus le stade larvaire évolue, L2 puis L3, plus on observe de différence d'intensité entre le contrôle et la larve injectée. La coloration bleue est de moins en moins importante dans la larve injectée donc il y a moins d'ARNm de <i>Dnmt3</i>. Ainsi, l'expérience a bien fonctionné, l'ajout du RNAi diminue la quantité d'ARN m cible dans les cellules. La quantité d'ARNm est minimale à 50 heures ce qui correspond au stade L3, y compris dans les corps allates. Or dans le document 1.5.A, on a montré que le taux d'hormone de croissance passait un seuil critique à ce stade : ou la concentration en hormone juvénile de croissance continue à croître et la larve évolue en reine ou la concentration en HJ rediminue, sans passer un certain seuil et la larve évolue en ouvrière. Ainsi, in vivo, la diminution de l'expression du gène <i>Dnmt3</i> pourrait influencer le fonctionnement des corps allates. Le gène codant l'hormone juvénile de croissance serait moins méthylé donc davantage exprimé, permettant l'accumulation d'hormone de croissance, conduisant au développement des larves en reine.</p>
Doc.2.5	<p>La méthylation de l'ADN chez les insectes est déterminée par plusieurs pertes de gènes et certaines persistences. DNMT3 et 1 étant présents dans l'outgroup (groupe externe) <i>Daphnia pulex</i>, cela suggère que la méthylation de l'ADN est un caractère ancestral chez les insectes. Ensuite, au cours de l'évolution diversifiante des insectes, il y a eu indépendamment des pertes au sein de lignées spécifiques. Perte de <i>Dnmt3</i> chez les Phthiraptères et chez les Coléoptères, Diptères et Lépidoptères. Perte de <i>Dnmt1</i> chez les Diptères.</p>
Bilan	<p>Des enzymes méthyltransférases méthylent l'ADN, spécifiquement des cytosines au niveau de dinucléotides CG, par exemple, DNMT3. Cette enzyme est codée par le gène <i>Dnmt3</i>. Au sein des larves se différenciant en reine, au cours des premiers stades larvaires, le gène <i>Dnmt3</i> est sans doute inactivé, conduisant à une moindre méthylation de l'ADN des larves considérées. Le gène de la dynactine p62 est hypométhylé comme d'autres, peut-être le gène codant l'hormone juvénile de croissance. Cette modification épigénétique, moindre méthylation, active la transcription de ces gènes. L'activation du gène codant la HJ conduit à son expression accrue permettant le développement des larves en reines.</p>

