



Agenda&Activités ApiSion 2021



Exposé du soir : Thermorégulation de la grappe hivernale



Sens et non-sens de la thermo-isolation des ruches



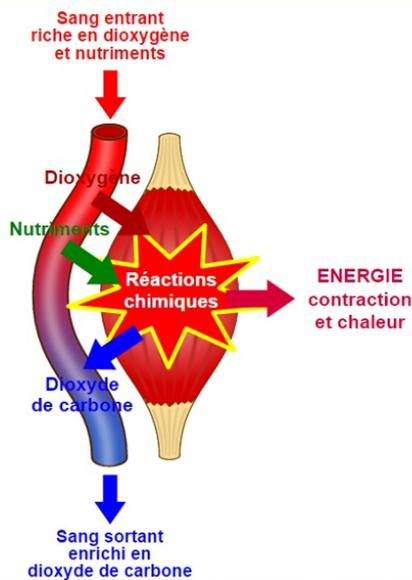
Les différents articles/exposés proposés par les apiculteurs cadres pour la formation des jeunes collègues nous rappellent qu'il faut isoler minutieusement les colonies pour l'hivernage.

Une récente étude allemande (2021) rapporterait qu'il n'y a pas d'avantage, en termes de démarrage de la ponte ni de développement de la colonie au printemps, en relation avec une isolation sophistiquée de la colonie.

Le dogme de l'isolation de la grappe hivernale vacille.

En découvrant la précision de la thermorégulation de la grappe, l'apiculteur curieux sera interpellé et poussé à une réflexion quant à sa pratique apicole.

Production de la chaleur



Régulation de la température corporelle.

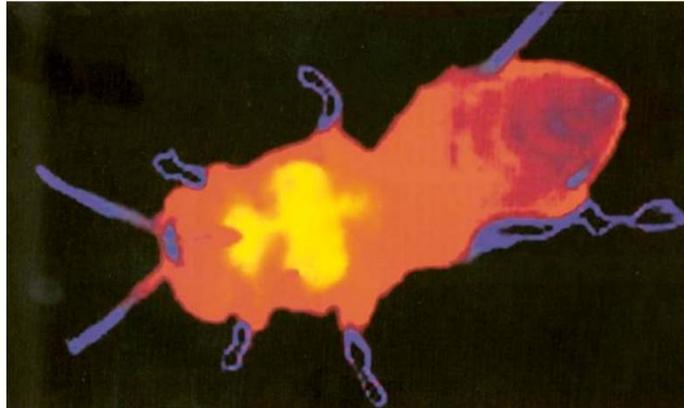
On distingue les animaux à **sang chaud** ou homéothermes qui maintiennent leur température interne indépendamment du milieu extérieur et les animaux à **sang froid** ou poïkilothermes dont la température varie avec celle du milieu extérieur.

Pour les animaux à sang chaud, la production de chaleur se fait par le métabolisme de base (lors du repos) et par l'activité physique (la contraction musculaire produisant de l'énergie mécanique et de la chaleur).

Parmi les homéothermes on trouve des hétérothermes dont la température, habituellement stable, varie dans certaines conditions, par exemple l'hibernation chez la marmotte.

Le grand avantage de la poïkilothermie, c'est l'importante économie d'énergie métabolique qui en résulte. La plupart des organismes poïkilothermes (qui ne peuvent pas contrôler leur température corporelle) sont également ectothermes (c'est-à-dire que leur chaleur corporelle provient de l'extérieur comme chez le lézard qui se réchauffe sur une pierre au soleil). Des stratégies étonnantes permettent aux animaux poïkilothermes d'adapter leur métabolisme pour poursuivre leurs activités : certains poissons changent de profondeur en fonction de la température de l'eau, les crocodiles améliorent leur réchauffement grâce aux échanges thermiques via leur gueule largement ouverte, les animaux du désert tirent profit du sable chaud pendant la journée, les insectes réchauffent leur corps en faisant vibrer les muscles de leurs ailes.

Quiz



Lorsque l'abeille contracte sa musculature alaire de façon isométrique, quelle température peut atteindre son thorax ?

~20°C

~35°C

>40°C

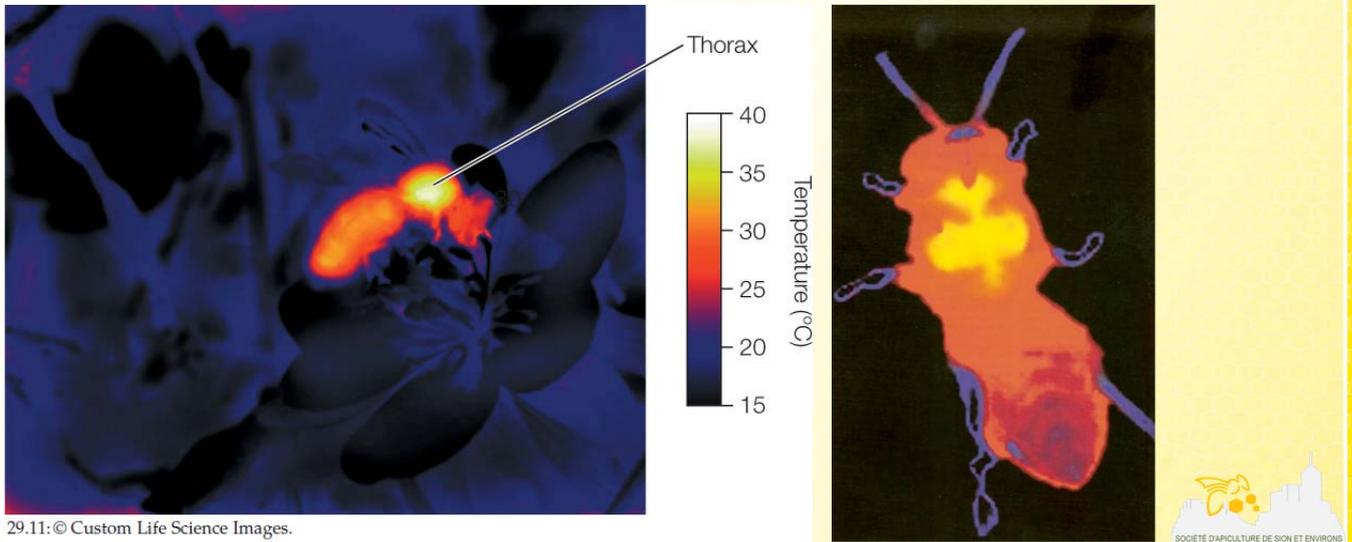


Poïkilothermie



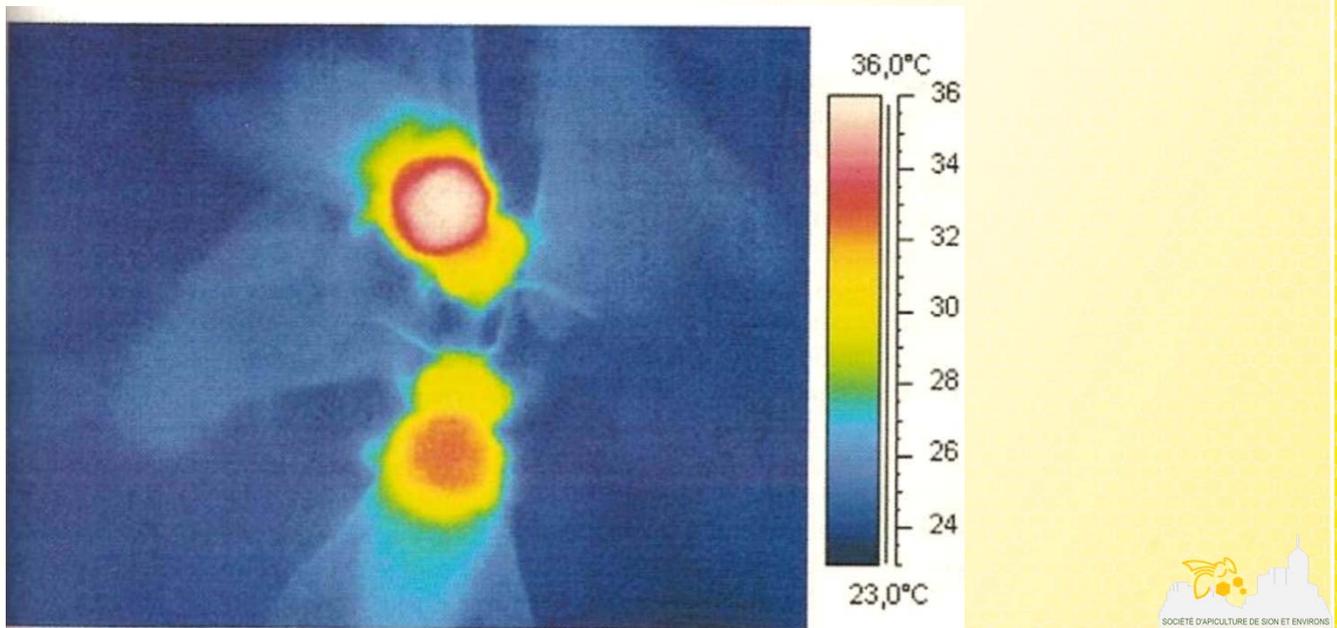
Si l'abeille est un insecte poïkilotherme, il en va tout autrement de la colonie. Lorsqu'il fait frais, tout apiculteur a constaté, en posant sa main sur le couvre-cadres de sa ruche, que celui-ci était tiède, voire carrément chaud. La colonie, véritable superorganisme comparable à un mammifère (les ouvrières constituant l'ensemble des organes de base, digestion, ventilation, stockage des réserves..., les rayons servant de squelette, la reine et les faux-bourçons étant les organes reproducteurs, le nid à couvain constituant l'utérus), produit de la chaleur. Par analogie à la ruche, l'homme réchauffe son logement en brûlant un combustible. Mais il y a une différence fondamentale entre l'abeille et l'homme : celui-ci chauffe son environnement alors que l'abeille chauffe uniquement son «corps» de superorganisme par une thermorégulation à la précision étonnante.

Centrale thermique de l'abeille



Le thorax de l'abeille contient les muscles alaires agonistes/antagonistes, dorso-ventraux et longitudinaux. Si ces muscles se contractent en même temps, il n'en résulte aucun déplacement des ailes (isométrie) mais uniquement la production de chaleur qui peut atteindre, en quelques minutes, une température dépassant 40°C localement. On se rappellera que l'abeille est capable de quitter la ruche par des températures fraîches (10-12°C) mais elle ne peut le faire que si son thorax est à une température d'environ 30°C. Cette température permet aux enzymes de contrôler le processus chimique nécessaire à la contraction rythmée (200 battements/seconde) des muscles alaires.

Centrale thermique de l'abeille



La thermogenèse à partir des contractions isométriques des muscles agonistes/antagonistes du thorax permet de dissipation de la chaleur jusqu'à la tête de l'abeille. Celle-ci s'en sert pour réchauffer le couvain ouvert. La partie ventrale du thorax permet de réchauffer directement le couvain fermé par conduction.

Combustible



Comme pour l'homme, la production de chaleur par la colonie d'abeille nécessite un combustible. Le 1/5 du miel récolté au cours de la saison apicole par les butineuses sert de source de nourriture qui permet à l'abeille de maintenir ses propres fonctions vitales et celles de toute la colonie. Les 4/5 du miel récolté correspondent à du carburant stocké et destiné à la production de chaleur pour l'abeille elle-même mais surtout pour l'élevage du couvain et pour la survie de la fameuse grappe hivernale. **Le miel est donc plus un combustible qu'un aliment.**

Quiz



A quelle température la grappe hivernale enrôle-t-elle toutes les abeilles de la colonie ?

~+15°C

~+5°C

~-7°C 



Grappe hivernale

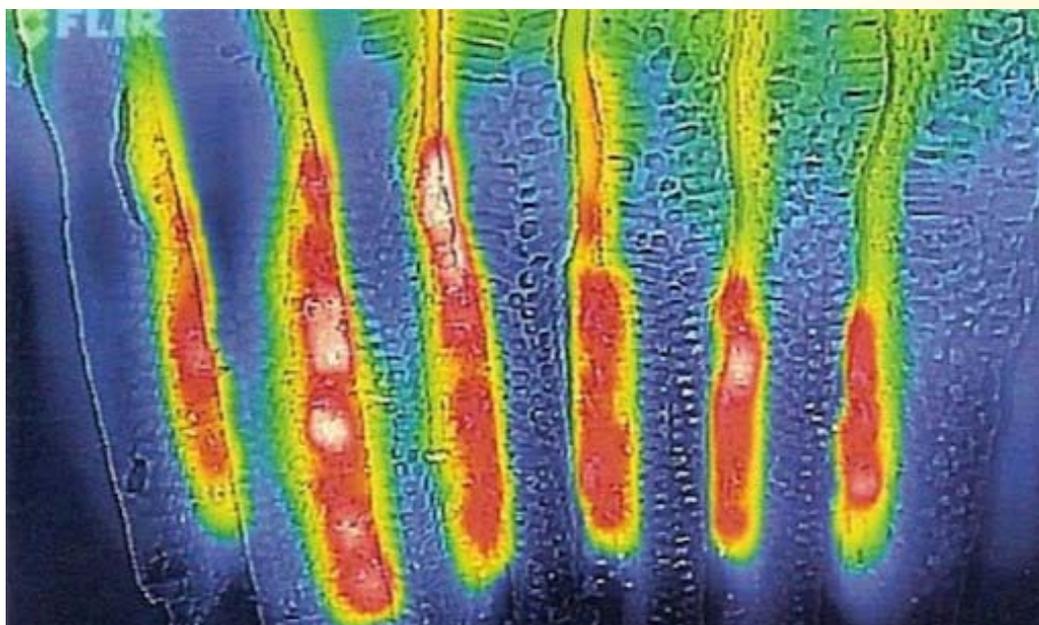


10

A l'inverse des abeilles sauvages et des vespides, qui affrontent l'hiver de façon solitaire en misant sur des reproductrices suralimentées pendant l'automne, l'abeille mellifère compte sur la remarquable organisation de la colonie qui a développé une double stratégie : le stockage du combustible et la formation de la grappe hivernale (hors couvain).

La grappe hivernale se présente sous la forme d'une sphère plus ou moins arrondie, éventuellement un peu aplatie selon sa position dans la ruche, contre une paroi ou le couvre-cadres. Dès que la température extérieure descend en-dessous de 15°C, la grappe commence à se former et sera complète, enrôlant toutes les abeilles de la colonie, à -7°C. Plus la température baisse, plus la grappe se contracte, obéissant au principe du transfert de chaleur par convection qui augmente avec l'augmentation de la surface. Par température très basse, la grappe finit par disparaître profondément entre les ruelles des cadres et devient invisible.

Grappe hivernale



11

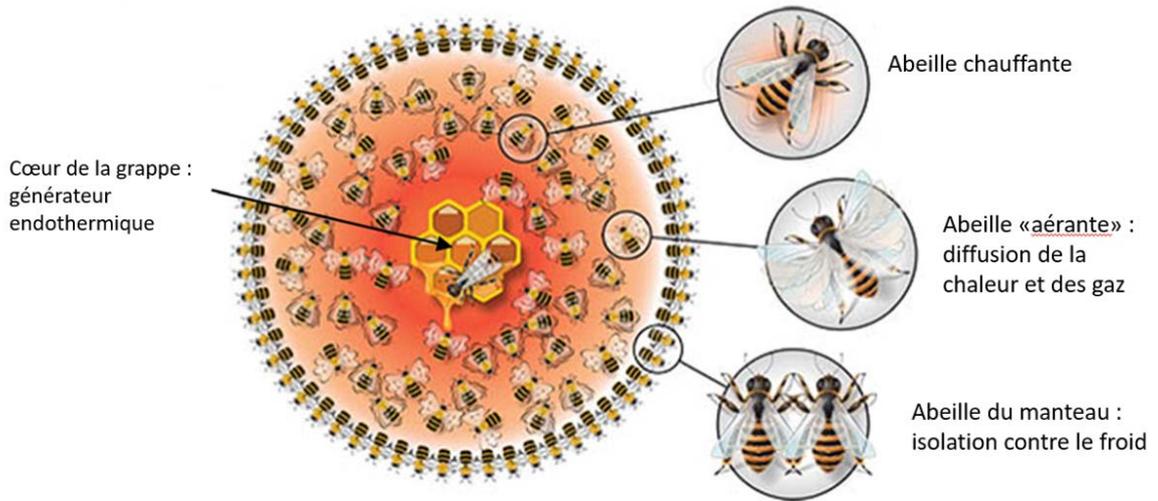
Cette « sphère » est segmentée par les rayons dans lesquels les abeilles ne pénètrent habituellement pas et qui servent de réserve d'air ou d'isolant, voire de dépôt de nourriture au plus proche des abeilles «chauffeuses».

Grappe hivernale



Plus la température baisse, plus la grappe se contracte, Par température très basse, la grappe finit par disparaître profondément entre les ruelles des cadres et devient invisible.

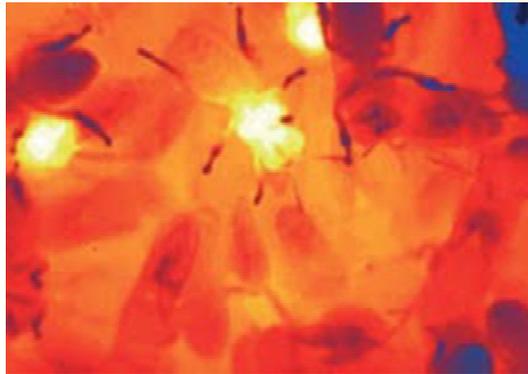
Schéma de la grappe



Les abeilles de la couche extérieure forment un manteau isolant, évitant à celles des couches plus profondes une déperdition de chaleur excessive par convection. La tête tournée vers l'intérieur de la masse, cette couche d'abeilles bien compacte isole grâce aux nombreux poils thoraciques qui s'entremêlent à la manière des fils de laine d'un pull-over. Ce «manteau» protège une couche plus profonde d'abeilles dont les ailes immobiles sont étalées en éventail et qui assurent une certaine respiration du noyau central plus chaud et qui «frissonne» isométriquement comme décrit ci-devant pour produire de la chaleur endothermique. Toutes les abeilles du cœur du réacteur ne sont pas actives simultanément. Seules ~15% d'entre elles sont les ouvrières endothermiques avec un métabolisme très élevé et une consommation de combustible maximale. Les autres abeilles du centre de la grappe participent à la masse critique d'individus nécessaire pour optimiser le rapport volume/surface de la grappe.

Les contractions musculaires des abeilles «chauffeuses» consomment autant d'oxygène qu'une butineuse en vol ! Après 30 minutes de «chauffage», le relais est passé à une autre ouvrière qui augmente drastiquement son métabolisme, à l'image de ce qui se passe lors des relais pris par les cyclistes lors de l'échappée d'un grupetto.

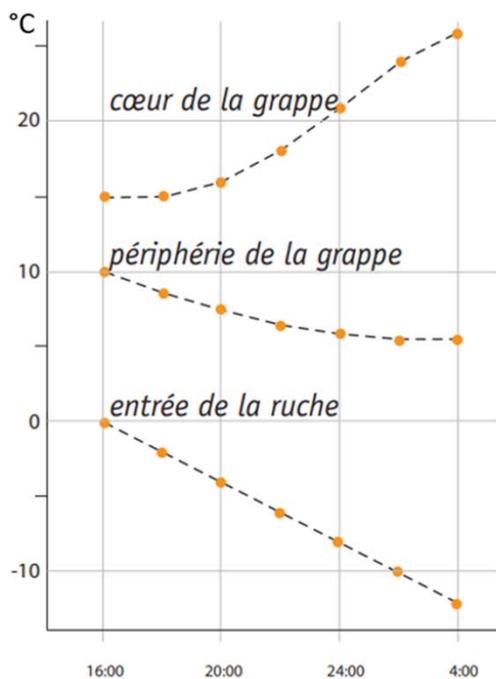
Quiz



Quelle est la proposition exacte ?

- ➔ - Plus la température à l'intérieur de la ruche baisse, plus la température du noyau de la grappe augmente.
- Plus la température à l'intérieur de la ruche baisse, plus la température du manteau externe de la grappe augmente.
- Plus la température à l'intérieur de la ruche baisse, plus la température du manteau externe de la grappe diminue, pouvant descendre jusqu'à +2°C.





Evolution de la température de la grappe hivernale en fonction de la température dans la ruche.

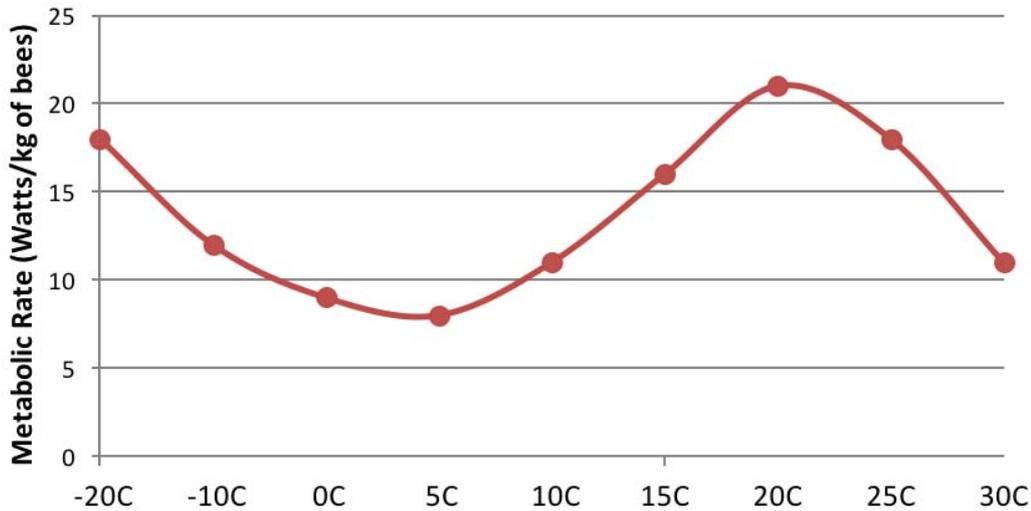
Evolution de la température dans la ruche au cours d'une nuit d'hiver (par ex. entre 16h00 et 04h00 du matin).



Evolution des températures dans une ruche au cours d'une nuit d'hiver (entre 16 h et 4 h du matin, le lendemain). La température à l'entrée de la ruche a baissé constamment. La température des abeilles de la périphérie de la grappe amorce une descente qui se stabilise aux environs de 6-7°C grâce à la production de chaleur du cœur de la grappe. La température du cœur de la grappe atteint aisément >25°C.

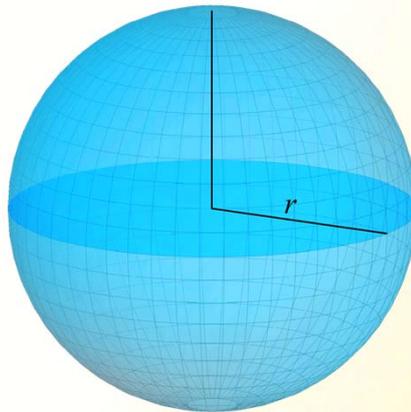
La thermorégulation de la grappe est intéressante : plus la température extérieure s'abaisse, plus la température du noyau endothermique s'élève et celle du manteau périphérique diminue, mais pas en-dessous de ~6°C, limite au-dessous de laquelle une abeille meurt.

Metabolic Rate of Clustered Bees in Response to Ambient Temperature



La consommation d'énergie des colonies pendant l'hiver peut être mesurée en watts/kg d'abeilles. Bien qu'elle varie considérablement d'une colonie à l'autre, elle suit un modèle général : le métabolisme d'une grappe hivernale est le plus bas à environ 5°C et augmente à mesure que la température se réchauffe suffisamment pour que les abeilles deviennent actives, puis diminue à nouveau à mesure que la température ambiante approche de la température de 20°C.

Quiz



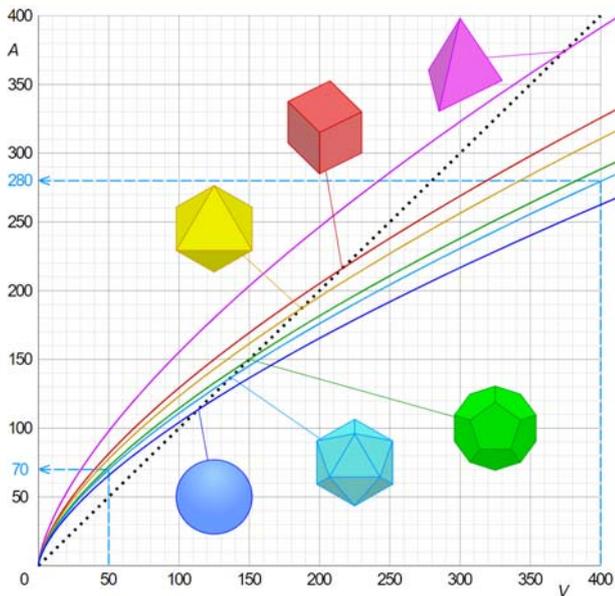
Plus le nombre d'abeilles qui constitue la grappe est important plus...

- 1)- son rapport surface/volume augmente
- 2)- son rapport surface/volume s'approche d'une sphère
- 3)- son rapport surface/volume diminue ←



Le rapport surface-volume correspond à la quantité de surface d'un objet en fonction de chaque unité de volume. Ce rapport diminue avec l'augmentation du volume. La valeur de ce rapport influence les caractéristiques thermiques d'un objet en particulier la déperdition de chaleur.

Un peu de maths...



Chacun des 2 dés a :
Volume = V
Nombre de faces = **6**

Si on accole les 2 dés :
Volume = $2V$
Nombre de faces = **10**



Le plus faible rapport surface-volume (donc le moins de surface par unité de volume) correspond à une sphère. Ce rapport n'est pas constant car la surface d'un solide évolue avec le carré de sa longueur et son volume augmente avec le cube de celle-ci. La surface augmente donc moins vite que le volume.

Une grosse grappe hivernale d'abeilles aura une surface comparativement moins grande qu'une petite grappe et la déperdition de chaleur sera comparativement moindre.



43°C : température maximale du thorax d'une «abeille chauffeuse».

34-37°C : plage de température d'élevage du couvain.

30°C : température du cœur de la grappe. Température du thorax pour qu'une abeille puisse voler.

15°C : la grappe commence à se former.

10°C : en-dessous, l'abeille s'engourdit puis meurt à <6°C.

Quelques repères thermiques



43°C : température efficace pour tuer le frelon asiatique

Facteurs modulant la thermorégulation de la grappe hivernale



Température ambiante

Courant d'air

Nombre d'abeilles

Combustible



20

Plusieurs facteurs modulent la thermorégulation de la grappe hivernale hors couvain :

1- La température extérieure à la ruche est certainement un facteur important car celui-ci va conditionner le comportement de mise en grappe de la colonie à l'intérieur de la ruche. Dès que la température à l'intérieur de la ruche avoisine les 15°, les abeilles se recentrent pour maintenir la reine au chaud et les cadres de rive sont progressivement abandonnés car le comportement de la colonie vise au seul maintien de la température du superorganisme et non de l'habitable tout entier.

2- Le courant d'air est un facteur physique très défavorable pour le maintien local de la température. D'une part, le courant d'air balaye la mince couche d'air chaud formée par rayonnement juste autour du manteau de la grappe, d'autre part, privée de cet isolant, l'humidité de la grappe peut s'évaporer, pour accentuer encore le refroidissement. On se rappelle que les météorologues nous parlent de «température ressentie» si le vent s'ajoute aux prévisions des températures.

3- Le nombre d'abeilles de la grappe est très important car plus ce nombre est élevé plus la production de chaleur sera efficace. La colonie devrait compter plus de 17'000 abeilles pour un hivernage sécurisé.

Le rapport entre le volume et la surface de la grappe n'est pas linéaire. Une grosse grappe a relativement moins de surface qu'une petite grappe. Cette grosse grappe perdra donc proportionnellement moins de chaleur par sa surface que la petite.

4- L'accès au combustible doit être garanti pour que le métabolisme du superorganisme puisse transformer le glucose et le fructose, stockés dans le miel, en énergie (chaleur), gaz carbonique et eau. En cas de manque de combustible, la colonie affamée ne peut plus produire de chaleur et les abeilles finissent par mourir de froid, la tête au fond des alvéoles vides.

La ruche doit aussi pouvoir respirer...



21

Il semble qu'une bonne ventilation, permettant d'éviter la formation d'eau de condensation, soit plus importante qu'une isolation trop poussée qui compromettrait l'évacuation de l'humidité produite par la colonie, au cours du catabolisme des hydrates de carbone contenus dans les stocks de miel. L'isolation par des partitions haute performance a un autre inconvénient : les espaces peu accessibles font le bonheur des teignes, souris et autres intrus de la ruche. Le dogme de l'isolation des colonies durant l'hiver est ainsi remis en cause.

En revanche, l'isolation des colonies **avec couvain** reste très probablement utile, au printemps, car les retours de froid ne sont pas accompagnés par des restaurations de grappes, le précieux couvain étant dès lors la priorité absolue des nourrices.

La colonie est un véritable superorganisme «hétérotherme»



22

La colonie hivernée sera forte, occupant 6 cadres et plus. Les trop petites colonies seront réunies avec d'autres colonies plus fortes pour arriver à la masse critique d'au moins 17'000 abeilles. On se rappelle que la face d'un cadre de corps DB complètement recouvert d'abeilles compte environ 1'400 individus ; on peut arrondir à 2'500 sur ses 2 faces soit 6-7 cadres pour que la colonie passe l'hiver sans inquiétude.

Il est probablement intéressant de **resserrer** la colonie pour que les cadres de nourriture soient le plus près possible de la grappe. Il arrive en effet que celle-ci se retrouve affamée puis morte de froid dans un coin de la ruche, à distance de cadres complets de nourriture présents sur l'autre rive du corps de ruche. Comme l'habitable n'est pas chauffé par la grappe, l'espace entre celle-ci et les cadres de nourriture de rive est un facteur que peut gérer l'apiculteur. Si cet espace non chauffé est trop grand, les ouvrières engourdis des couches superficielles de la grappe ne pourraient atteindre les réserves de nourriture, et si d'aventure elles y parvenaient, elles se refroidiraient, le temps d'ingurgiter le miel operculé et seraient incapables de rejoindre la grappe. Elles pourraient tomber et mourir au fond de la ruche et n'avoir plus aucune utilité pour la survie de la grappe.

Concernant le traitement d'hiver, l'apiculteur adoptera la technique qu'il maîtrise le mieux, mais à la lecture de la complexité de la thermorégulation hivernale de la colonie, il paraît profitable de ne pas ouvrir la ruche (propolisée) ni déplacer les cadres entre lesquels se trouve la grappe.

Quiz



En cas de retour de froid en mars, à quelle température la grappe va-t-elle se reformer ?

- 1) -7°C ?
- 2) $+5^{\circ}\text{C}$?
- 3) $+15^{\circ}\text{C}$?
- 4) Autre ?



Réponse : en présence de couvain, les abeilles ne forment pas de grappe hivernale; le couvain n'est jamais abandonné.

Le miel est avant tout un combustible



24

La nourriture doit être vue comme un combustible plutôt que comme un l'aliment. Une colonie en plaine doit pouvoir compter sur 16 kg de miel, soit 4 cadres de corps complets. En altitude, l'hiver peut être plus long et par sécurité la colonie devrait avoir 20 kg de réserves. Aussi importante que soit la quantité de nourriture, la qualité des réserves est primordiale. Si l'industrie propose un large éventail tant dans la nature des sucres que des compléments apportés, le miel reste de loin un aliment supérieur au sirop. Il est sans doute judicieux de terminer la saison apicole en visant une miellée tardive, sans la hausse, pour « hiverner sur du miel ». Une récolte précoce, autour de la mi-juillet, a deux avantages : d'une part le premier traitement d'été décimera les varroas dont la cinétique est exponentielle, d'autre part la dépose des hausses permet le stockage des apports de nectar directement dans le corps de ruche, au plus près de la future grappe.

Remarque concernant la récolte 2021 : la production de miel a été largement en-dessous des moyennes annuelles. Il ne faut pas oublier que si les hausses étaient vides, les corps de ruche n'étaient pas non plus remplis de miel mais simplement occupés par les ouvrières et le couvain bien étendu. **Résultat des courses : lors des mauvaises années, il faut nourrir d'autant plus, dès la mi-juillet !!!**

De la théorie au concept d'exploitation...

Implantation du rucher à l'abri du vent.

La mise en place du tiroir n'est pas indispensable hors présence du couvain.

Hiverner des colonies populeuses. Si nécessaire réunir les petites colonies.

Resserrer les colonies pour que le combustible soit à portée de la grappe.

Appliquer le traitement d'hiver sans refroidir dangereusement la grappe.

Contrôler les réserves de nourriture en cours d'hivernage.



25

1 - Le vent et les courants d'air sont les principaux ennemis de l'hivernage.

2 - Le tiroir n'est pas indispensable si le vent n'introduit pas un courant d'air dans la ruche. En revanche, le tiroir est probablement indiqué au printemps, lorsque la reine a repris sa ponte et que la température ambiante optimale pour l'élevage du couvain nécessite 32-37°C.

3 - La colonie doit peupler 6-7 cadres (environ 2 kg d'abeilles) pour arriver à la masse critique (rapport surface-volume).

4 - Eviter les espaces inutiles entre les cadres de nourriture et la grappe.

5 - Le traitement d'hiver par sublimation de l'ac. oxalique semble optimal. On appliquera ce traitement par une température extérieure supérieure à 4°C pour permettre une certaine dissociation de la grappe hivernale et une bonne pénétration de l'AO en profondeur de celle-ci. Si cela fait plus de quatre semaines que les abeilles sont restées dans la grappe d'hivernage, un vol de propreté devrait avoir lieu idéalement avant le traitement.

Le dégouttement dans les ruelles entre les cadres est une bonne alternative, ne nécessitant d'ouvrir que le couvre-cadres.

L'application de l'ac. oxalique par spray sur les 2 faces des cadres est peut-être plus problématique en terme de refroidissement de la colonie et modification de la propolisation des cadres.

6 - Il est probablement utile de soupeser les ruches dès mi-janvier pour être certain que la colonie ait assez de nourriture lorsque la ponte va démarrer et que la consommation de carburant va exploser.

Take home message

La grappe hivernale :

- se forme hors couvain
- ne chauffe pas la ruche
- se compose de 3 couches
- doit regrouper > ~17'000 abeilles
- adopte la forme idéale d'une sphère
- nécessite du combustible



26

La colonie d'abeilles est donc bien armée pour lutter contre le froid et n'a guère besoin d'une isolation poussée de la ruche.

- Il lui faut en revanche du fuel en suffisance pour alimenter la chaudière que constituent les abeilles chauffeuses de la couche profonde de la grappe. Sans nourriture en suffisance, l'ensemble décompense rapidement et, en quelques heures, toute la colonie entre en collapsus : c'est la mort assurée.
- Le second besoin est le calme : dérangée par le vent ou des vibrations, une colonie disparaît rapidement car elle n'arrive pas à maintenir l'équilibre du système d'économie énergétique que constitue la grappe.
- Enfin, il lui faut être correctement ventilée : la consommation de ses réserves d'hiver suppose des échanges gazeux représentant quelque 10 m³ d'O₂, autant de CO₂, et la production d'environ un seau d'eau...

Take home message, suite :

Sens et non-sens de la thermo-isolation des ruches : du bon sens !



27

A la question «faut-t-il isoler de façon minutieuse la colonie pour qu'elle passe l'hiver ?», la réponse doit être nuancée.

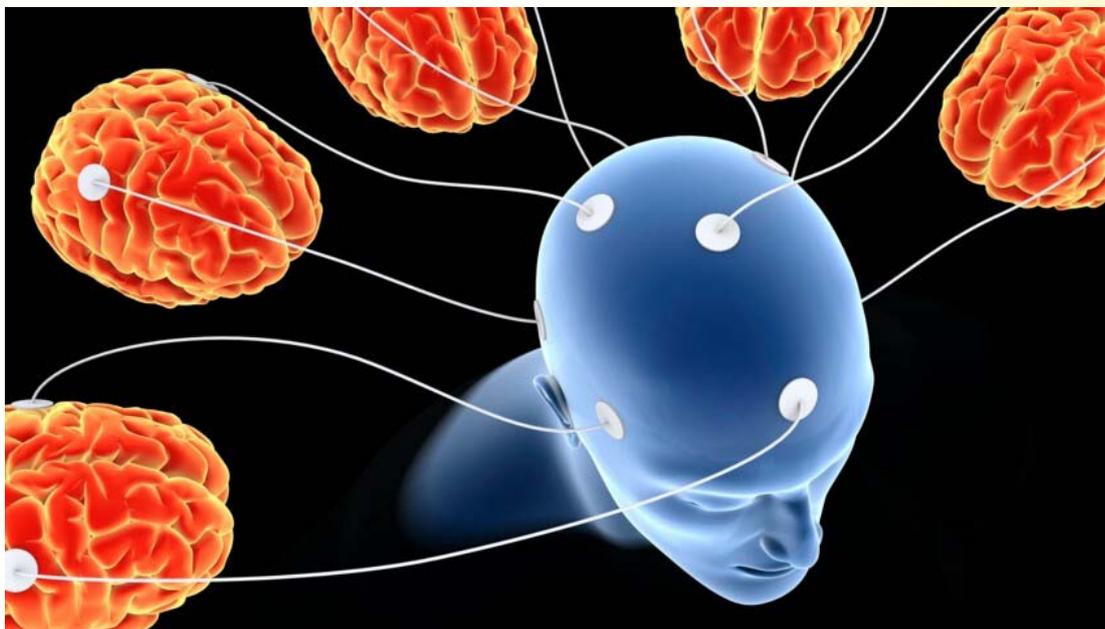
Une ruche en **bon état**, à l'abri du **vent**, hébergeant une colonie **forte** disposant d'assez de **réserves** de miel ne nécessite probablement pas d'isolation particulière.

On peut même se poser la question «est-ce qu'une isolation très poussée de la colonie induit un démarrage trop précoce de la reprise de la ponte par rapport à la phénologie et que cette isolation serait contreproductive ???»...

Par contre, si les 4 conditions ci-dessus ne sont pas optimales, une isolation minutieuse apporte clairement un bénéfice pour l'hivernage.

En revanche, dès que la ponte a démarré fin janvier, la colonie doit maintenir une température élevée dans la ruche pour élever son couvain et une isolation performante contre le froid est très certainement utile et permet d'économiser du carburant.

Questions - réponses





Merci pour
votre attention



www.apiSion.ch
www.abeille.ch
www.miel.ch



Back up



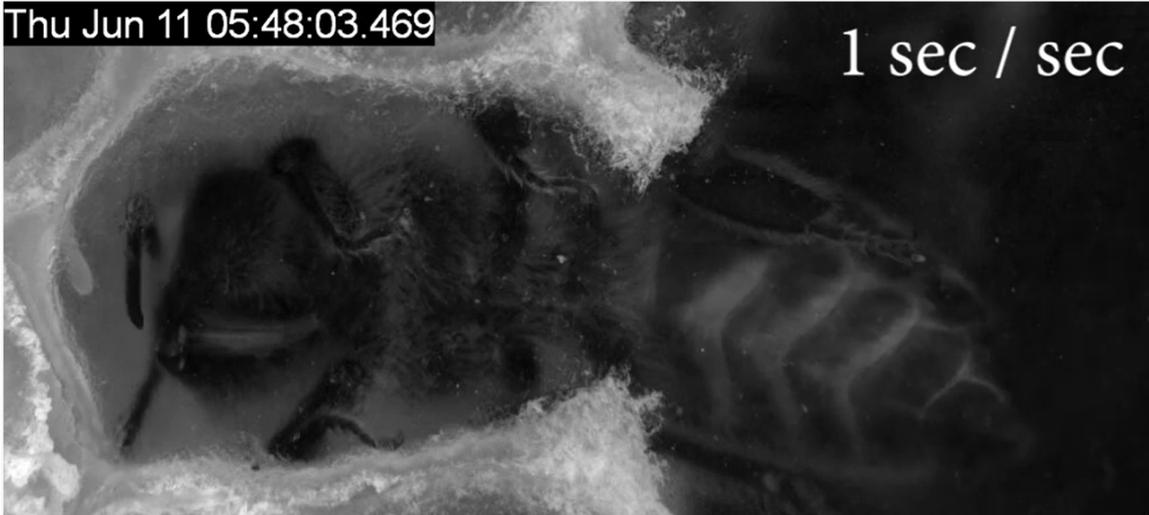
Une colonie doit pouvoir respirer. Une ruche doit pouvoir être ventilée...

Back up

Thermo-régulation du couvain

Thu Jun 11 05:48:03.469

1 sec / sec



33

Tant qu'il y a du couvain dans une colonie, les abeilles mellifères maintiennent la température de la zone de couvain environnante entre 33 et 36 ° C. Pour éviter des anomalies dans le couvain ou chez les adultes émergents lorsque cette fourchette de température est dépassée, les abeilles mellifères s'appuient sur divers comportements pour réguler cette température. Le processus de chauffage de la zone de couvain comprend le regroupement des abeilles, la génération de chaleur métabolique et l'incubation directe (dans laquelle les travailleurs réchauffent leur thorax par des contractions musculaires).

<https://www.2imanagement.ch/fr/divers/liens/wwwapisa-voirch/comportements-des-abeilles-au-sein-de-la-ruche-informations-issues-dune-analyse-video-a-long-terme>

<https://www.youtube.com/watch?v=435QnJ8kW38>

Back up



Réduire les grilles d'entrée : moins de courant d'air, pas d'intrus.

Back up



Réduire les grilles d'entrée : moins de courant d'air, pas d'intrus.

Back up



Laisser le rucher en paix.

Back up



Jeter un coup d'œil de temps en temps : attention à la chute des arbre/branches, aux déprédations par le gibier et autre bipède.