



Abeille d'hiver, qui es-tu? Et réflexion sur l'isolation de nos colonies

Par Pierre Fumeaux

Exposé du 27 septembre 2023 pour la section de
Sion

1. Stratégie d'hivernage

Poïkilothermes et homéothermes



Plusieurs stratégies pour passer au travers de l'hiver

- L'hibernation
- L'hivernation
- La brumation

→ Stratégies variables chez les insectes

Source de l'image: magazine « La Salamandre », Gloire et chute d'une reine, N° 226, 2016

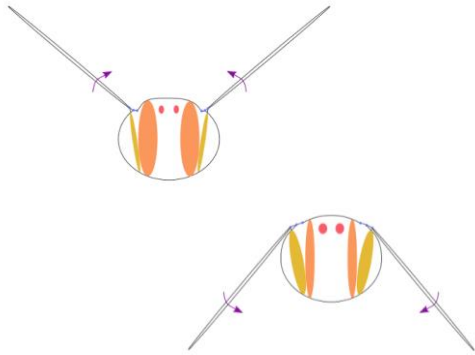
Homme : homéotherme = température constante. – Insectes en général poïkilothermes = température variable et qui s'ajuste selon le milieu

Stratégie d'hivernage chez *Apis mellifera*



Fossile d'abeilles en Europe il y a 50 Ma (Millions années). Puis évolution géologique, il y a 30 Ma l'abeille fuit l'europe pour l'Asie. Passage de 1 rayon unique à plusieurs rayons parallèles. Retour en Europe il y a environ 10 Ma puis apparition de l'espèce *Apis Mellifera* il y a environ 9 à 6 Ma. Divergence entre écotypes de *Apis Mellifera* environ -1,3 à -0,7 Ma. Sur l'image, monorayon *Apis Dorsata*
Source des dates: <https://www.pollinis.org/publications/il-etait-une-fois-lancetre-des-abeilles-apparu-sur-terre-au-temps-des-dinosaures/#:~:text=Le%20plus%20ancien%20fossile%20d,un%20mode%20de%20vie%20social.>

Contraction des muscles antagoniste pour le vol

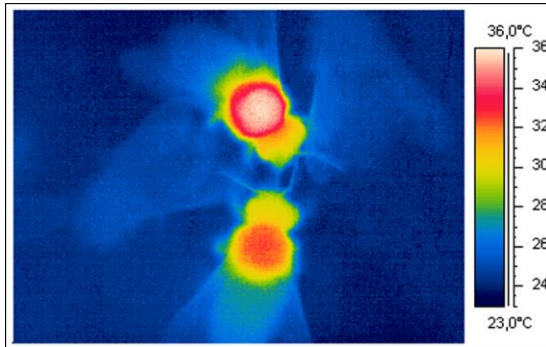


Consommation intensive de miel et O_2

→ production de vapeur d'eau et CO_2

Source de l'image : <https://codexvirtualis.fr/codex/petites-questions-de-physiologie/petites-questions-de-physiologie-animale-2019-ouvrage/le-vol-des-insectes-une-musculature-a-lorigine-des-forces>

Contraction des muscles antagonistes sans « mouvement »
→ production de chaleur



Températures corporelles clé:

- 50°C : mort de l'abeille
- 43°C : maximum thorax ouvrières chauffeuse
- 30°C : température minimale pour permettre le vol
- 10°C : température d'engourdissement
- <6°C : mort dans l'heure qui suit

Source de l'image : *Understanding colony build up and decline, part 13 a, The physics of winter cluster, 2016, updated 2019*
<https://scientificbeekeeping.com/understanding-colony-buildup-and-decline-part-13a/>

La colonie comme « superorganisme »

→ formation de la grappe



Températures extérieures clé:

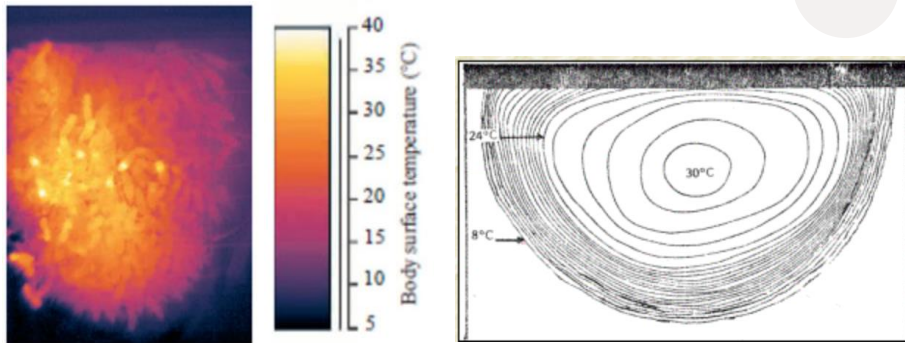
< 19°C : formation de petits groupes
d'abeilles

< 14°C : les petits groupes se grappent
autour du groupe de la reine

La grappe hivernale s'organise

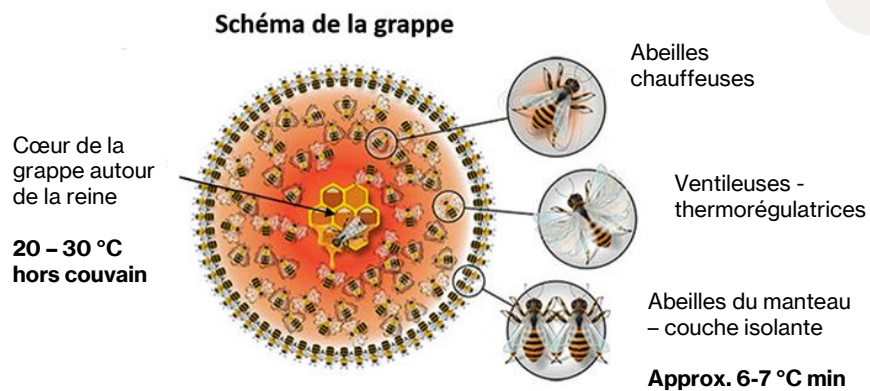
Source des images: Jarimi, H, et al. 2020. A Review on Thermoregulation Techniques in Honey Bees' (Apis Mellifera) Beehive Microclimate and Its Similarities to the Heating and Cooling Management in Buildings. Future Cities and Environment, 6(1): 7,1-8.

Températures au sein de la grappe



Source image gauche: Jarimi, H, et al. 2020. A Review on Thermoregulation Techniques in Honey Bees' (*Apis Mellifera*) Beehive Microclimate and Its Similarities to the Heating and Cooling Management in Buildings. *Future Cities and Environment*, 6(1): 7, 1–8.

Températures au sein de la grappe

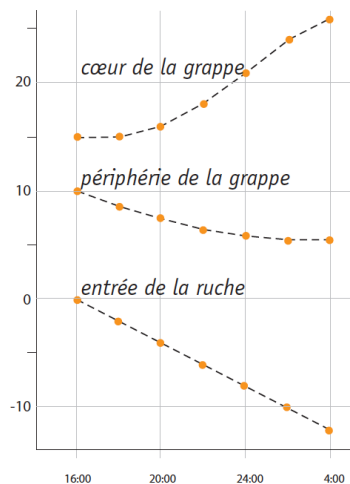


Source image: <https://www.2imanagement.ch/fr/divers/liens/wwwapisavoirch/sens-et-non-sens-de-la-thermo-isolation-des-ruches>,
Claude Préferlé et Serge Imboden

Températures au sein de la grappe

Graphique Farhenholz :

Evolution des températures dans une ruche au cours d'une nuit d'hiver (entre 16 h et 4 h du matin, le lendemain).



Source: Grappe hivernale, l'art de l'économie, Janine Kievits, Abeille et Cie N°131, avril 2009

Gestion de l'humidité au sein de la grappe

« La colonie d'abeilles est peu sensible à l'humidité relative de l'air en période d'hivernage.

Des essais ont démontré que l'humidité relative peut varier de 40% à 65%, sans affecter la performance des ruches.

Cependant une humidité relative de l'ordre de 80% et plus va augmenter la teneur en eau du sirop et risque de causer des **problèmes de dysenterie** chez l'abeille.»

- L'humidité imprègne le bois !
- Bois humide = moins bon isolant, chappe de froid

Citation: Jocelyn Marceau, ing. Agronome, <http://apiculture68.chez-alice.fr/comportement.htm>

La colonie se crée son microclimat

La consommation de 10 kg de miel produit l'équivalent d'un seau d'eau! Penser à la moisissure des cadres

Février-Mars: qu'est-il arrivé à cette colonie?



Images: <https://www.rucher-ecole-du-chablais.fr/news/une-colonie-est-morte-que-faire/>

Consommation des ressources de miel au cours de l'hiver : une quantité très variable

Jusqu'à fin janvier une colonie « normale » consomme 1-2 kg / mois, soit ~ 5 kg en tout.

→ Hors couvain

Dès la reprise de la ponte (2^e quinzaine de janvier), la consommation explose et peut dépasser 4 kg / mois.

→ Température du couvain à maintenir !

De septembre à avril la colonie consomme grosso-modo:
 $5 + 4 + 4 + 4 = 17 \text{ kg !}$

Citation: <https://www.2imanagement.ch/fr/divers/liens/wwwapisavoirch/nourrissement-de-fin-dhiver-quen-penser-> Claude Pféfferlé

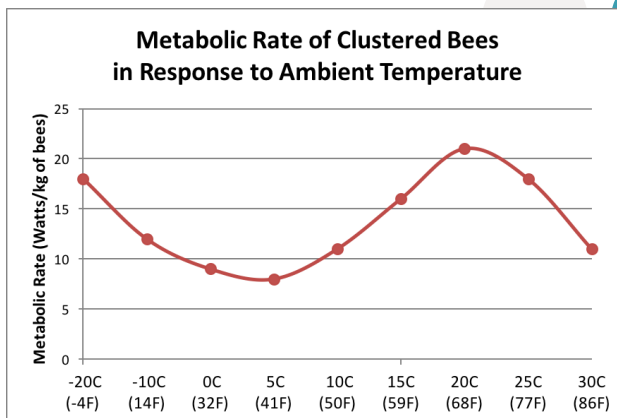
La colonie se crée son microclimat

Jusqu'à fin janvier une colonie « normale » consomme 1-2 kg / mois, soit ~5 kg.

Dès la reprise de la ponte (2^e quinzaine de janvier), la consommation explose et peut dépasser 4 kg / mois.

Consommation des ressources de miel au cours de l'hiver :

Sur une saison d'hiver, on observe une consommation plus faible à 4 – 5°C qu'à 10 ou 15 °C !

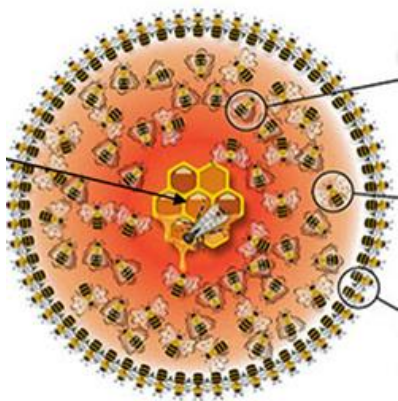


Source de l'image : Understanding colony build up and decline, part 13 a, The physics of winter cluster, 2016, updated 2019
<https://scientificbeekeeping.com/understanding-colony-buildup-and-decline-part-13a/>

La colonie se crée son microclimat

Jusqu'à fin janvier une colonie « normale » consomme 1-2 kg / mois, soit ~5 kg.
Dès la reprise de la ponte (2^e quinzaine de janvier), la consommation explose et peut dépasser 4 kg / mois.

Influence de la taille de la colonie sur la survie de la grappe



Plus il y a d'abeilles, plus la grappe est grande et consomme...

Moins il y a d'abeilles, plus il devient difficile aux abeilles de chauffer et isoler la grappe ... (trop de surface par rapport au volume)

Seuil critique: 17'000 abeilles

Env. 5-6 ruelles occupées

2. Abeilles d'hiver

Où sont les abeilles d'hiver?

Quand apparaissent-elles et pourquoi?



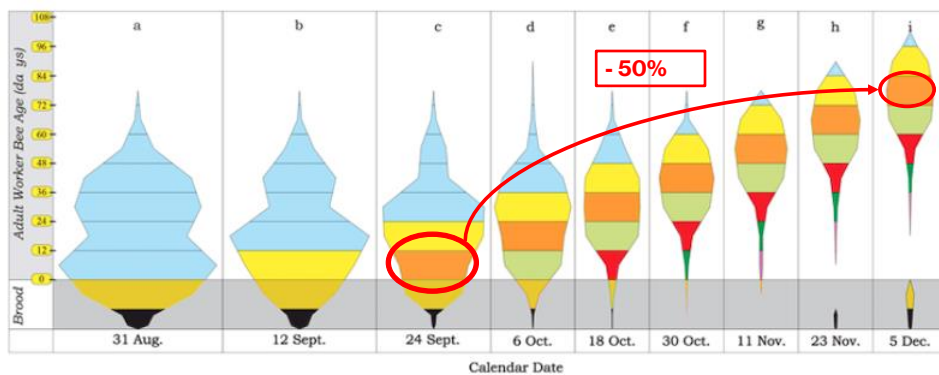
Nous voyons la colonie changer entre août et novembre:

- diminution des forces de travail, du nombre d'abeilles, de la surface de couvain (avec des hauts et des bas), type d'abeilles

→ Abeilles d'hiver = ? Même génétique, mais différent génotype (similarité avec la reine?)

Elevage des abeilles d'hiver

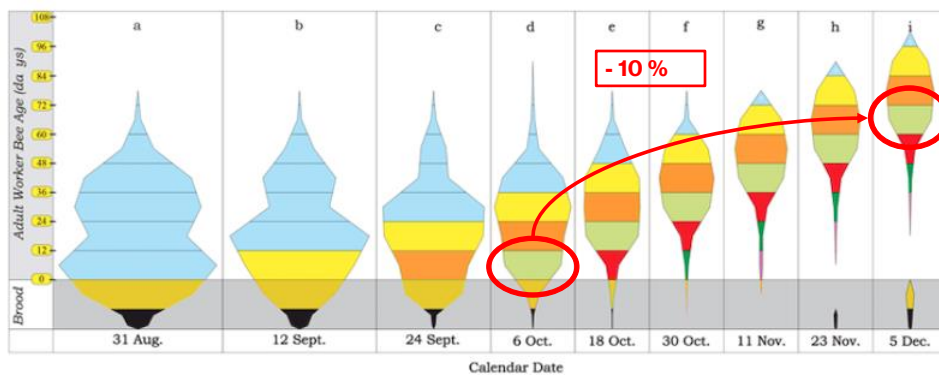
étude des années 70 dans le Manitoba (Canada)



Source de l'image : The apiarist, Diutinus Bees : <https://theapiarist.org/diutinus-bees/>

Elevage des abeilles d'hiver

étude des années 70 dans le Manitoba (Canada)



Source de l'image : The apiarist, Diutinus Bees : <https://theapiarist.org/diutinus-bees/>

Elevage des abeilles d'hiver



Objectif: tenir jusqu'aux premiers apports de pollen abondants. Avoir des colonies vigoureuses pour le redémarrage

Fin mars

La reine reprends sa ponte plus tôt, mais c'est anecdotique.
Ce sont les rentrées de pollen qui conditionnent la ponte de la reine. Hors, les premiers apports importants sont ceux des saules chez nous.

Pourquoi la colonie ne se refait pas sur ses réserves de miel et de pain d'abeille??

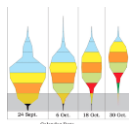
Objectif : redémarrage de printemps

Hypothèses :

- Durée de vie abeille d'hiver 180 jours (6 mois)
- Grappe de 30'000 abeilles fin septembre → reste 20'000 début octobre (à la louche)

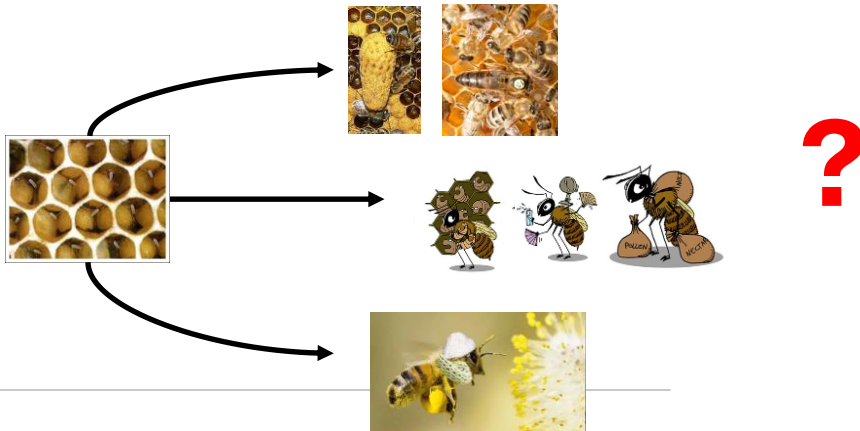
Toutes mortes début mars !

- Environ 5000 abeilles qui naissent en octobre.



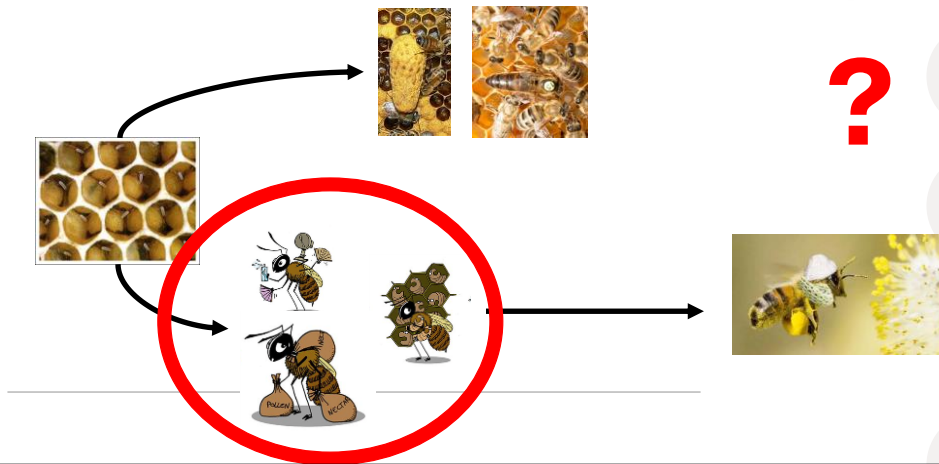
Les survivantes début mars ! Mortes fin mars Il restera 1500 abeilles fin mars → Pas assez!

Qu'est-ce qu'une abeille d'hiver?



S'agit-il d'œufs sélectionnés et nourris différemment à l'image de la reine?

Qu'est-ce qu'une abeille d'hiver?



S'agit-il d'une ouvrière qui vieillit plus lentement?

Polyéthisme d'âge: Les abeilles ne deviennent pas automatiquement butineuses à un âge donné. Heureusement car une fois butineuse leurs jours sont comptés (6 à 10 jours). Elles ne le deviennent que si elles ne sont plus assez nombreuses pour couvrir les besoins de la colonie (régulation par l'oléate d'éthyle, produite dans le jabot des butineuses, transmises par trophallaxie).

Absence de couvain ouvert = stockage de vitellogénine. Hors le cycle de ponte est lié à la disponibilité du pollen, sans lui la reine ne pond plus. Absence = rupture de couvain ouvert

Morphologie de l'abeille d'hiver



Gros besoins en pollen

À gauche, abdomen d'une butineuse et à droite d'une abeille d'hiver. Le corps gras est plus développé chez l'abeille d'hiver, tout comme au niveau de la tête (stockage de nutriment et de **vitellogénine**). Le système digestif de l'abeille est lui aussi différent, adapté au confinement.

Source de l'image : Scientific Beekeeping, Fat Bees, Part 1, Randy Oliver, 2007, <https://scientificbeekeeping.com/fat-bees-part-1/>

Elles ne vivent pas plus longtemps seulement parce qu'elles bossent moins (différemment!), elles sont différentes. On les appelle parfois abeilles grasses!

Hémolymphe et glandes hypophrygiennes (une glycolipoprotéine) riche en vitellogénine → énorme besoin de pollen pour leur développement

La vitellogénine

- C'est une protéine
- Très importante dans la gelée royale et larvaire
- Très importante pour le système immunitaire dans l'abeille
- Vitellogénine et hormone juvénile sont inversement liées : une diminution de vitellogénine induit une augmentation d'hormone juvénile et donc **un vieillissement prématuré**



Source de l'image : Les clés de la colonie, Abeilles et Cie N°147, 2012, Etienne Bruneau

On trouve la vitellogénine partout dans le corps de l'abeille:

Hémolymph: transport, stockage et immunité, résistance oxydative

Corps gras: synthèse, stockage, résistance au stress oxydatif

Glandes hypopharyngiennes: sécrétion, alimentation sociale (trophallaxie), synthèse, métabolisation

Cerveau: stockage, résistance au stress oxydatif, régulation, synthèse

Hormone juvénile: Elevée chez abeilles butineuses → cette hormone module le passage abeille d'intérieure vers butineuse (voir polyéthisme d'âge)- Raccourcis l'espérance de vie. Plus élevée en cas de hautes températures.

Comparaison entre abeilles d'hiver, butineuses et nourrices

4 facteurs clés :

- Quantité d'hormone juvénile
 - Quantité de vitellogénine dans le corps
 - Quantité de protéines totales dans le corps
 - Taille des glandes hypopharyngiennes
-

Hormone juvénile: Elevé chez abeilles butineuses → cette hormone module le passage abeille d'intérieure vers butineuse (voir polyéthisme d'âge)- Raccourcis l'espérance de vie. Plus élevée en cas de hautes températures.

Comparaison entre abeilles d'hiver, butineuses et nourrices

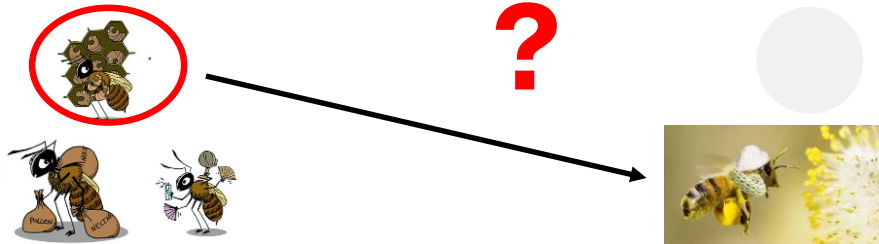
- 4 facteurs clés :
- Quantité d'hormone juvénile (HJ.)
- Quantité de vitellogénine dans le corps (Vit.)
- Quantité de protéines totales dans le corps (Prot.)
- Taille des glandes hypopharyngiennes (Gla.)

	Hormone Juvénile	Vitellogénine	Protéines totales	Glande hypopharyngienne
Abeille hiver	Bas	Très Elevé	Elevé	Développée
Nourrice	Bas	Elevé	Elevé	Développée
Butineuse	Elevé	Bas	Bas	Petite

Les abeilles d'hiver (pauvre en hormone juvénile) → cette HJ module aussi les tâches sociales

À cause de cette vitellogénine, les butineuse peuvent revenir au stade de nourrices, pas au stade d'hiver

Qu'est-ce qu'une abeille d'hiver?



Finalement, une abeille d'hiver est presque une nourrice, qui vieillit très lentement

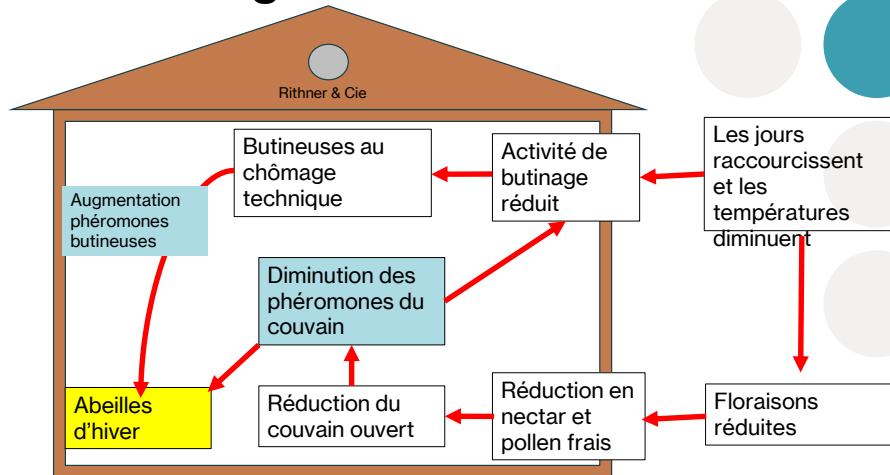
→ Abeille diutinus (du latin « qui dur longtemps »)

S'agit-il d'une ouvrière qui vieillit plus lentement?

Polyéthisme d'âge: Les abeilles ne deviennent pas automatiquement butineuses à un âge donné. Heureusement car une fois butineuse leurs jours sont comptés (6 à 10 jours). Elles ne le deviennent que si elles ne sont plus assez nombreuses pour couvrir les besoins de la colonie (régulation par l'oléate d'éthyle, produite dans le jabot des butineuses, transmises par trophallaxie).

Absence de couvain ouvert = stockage de vitellogénine. Hors le cycle de ponte est lié à la disponibilité du pollen, sans lui la reine de pond plus. Absence = rupture de couvain ouvert

Boucle d'élevage des abeilles d'hiver



Inspiré et traduit du schéma dans: *The apiarist, Diutinus Bees* : <https://theapiarist.org/diutinus-bees/>

Objectif : redémarrage de printemps

Comment agir au rucher?

Les abeilles d'hiver doivent:

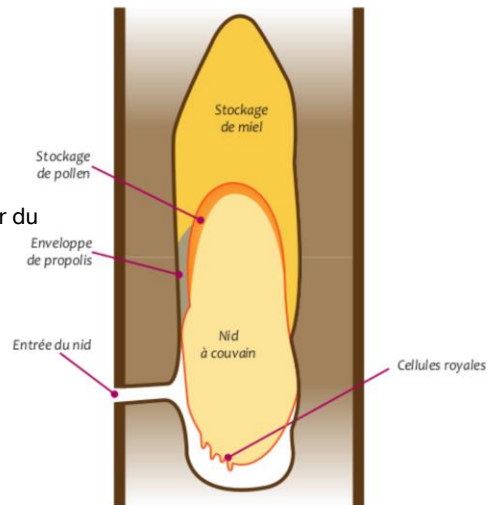
- Vivre longtemps (plus 7 mois que 6!)
- Etre en très bonne santé → varroa, apport de pollen en automne
- Etre en nombre suffisant à l'entrée de l'hiver (fin septembre déjà)
- S'économiser la vitellogénine (pas d'élevage tardif)
- S'économiser tout court (maturation du miel ou sirop) et gestion du microclimat de la grappe (température, gaz, humidité)

3. L'isolation

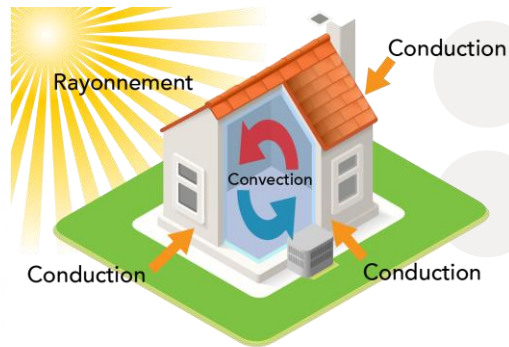
Il était une fois un trou dans arbre

- Parois épaisses
- Isolation du toit virtuellement infinie (hauteur du tronc)
- Forme et volume plus faible
- Petite entrée
- Pas de courants d'air

La Dadant fait-elle tout faux??



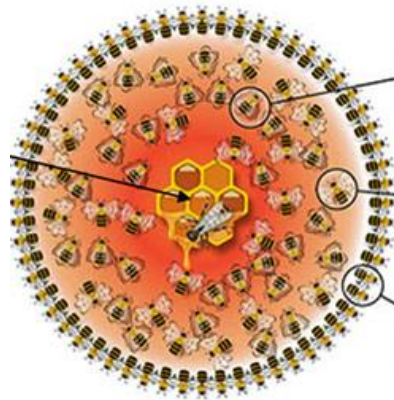
Transferts de chaleur et isolation



L'isolation de la grappe

L'architecture des rayons et la grappe font déjà un sacré boulot d'isolation

La couche externe lutte contre les pertes par convection, la cire n'est pas bonne conductrice de chaleur et l'air piégé est un isolant. Quand au rayonnement ... ?



L'isolation à la canadienne, une bonne chose?

Trou en hauteur

Isobulle recouvert de
plastique contre les pluies
verglaçantes

Ruches isolées du sol

Mises à l'abri des vents
dominants

La neige isole et laisse passer
l'air, pas la glace

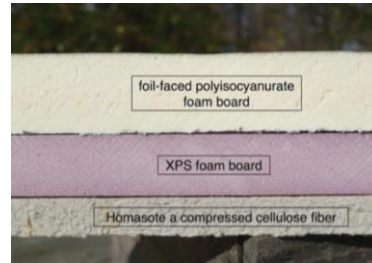


Figure 3 - Ruches emballées pour l'hivernage

L'apiculture c'est s'adapter à sa région ... rester cohérent

Notre tâche au rucher:

- Aider la grappe en lui donnant suffisamment de combustible
- La protéger des chocs et des agressions extérieures
- Lui donner le volume adapté (resserrer)
- Isoler **au moins** le toit (contre le chaud et le froid)
- Protéger des courants d'air et de l'humidité abusive (sol, entrées, exposition)



Un bon isolant respire, et ne se charge pas d'humidité. Il faut donc gérer les ponts de froid. Tous les matériaux n'ont pas le même pouvoir isolant, ni le même prix ...

Que penser des techniques avec isolants à haute performance?

Les isolants ont un coût (est-ce rentable?) , et il faut avoir une expérience suffisante pour les utiliser correctement (ponts de froid, humidité au mauvais endroit ...)



La partition haute performance limite les pertes par contact, convection et rayonnement grâce à l'isobulle. (source, Jean Riondet, voir slide suivant)

Que penser des techniques avec isolants à haute performance?

La conduite de ruches basses consommation à l'aide de partitions chaudes et de plusieurs couches d'isolant permet de démarrer fort au printemps (effet cocotte minute). Le gain hivernal en revanche me semble minime. Cette technique est à réaliser par des apiculteurs avertis seulement...



Ruche en fin d'hiver configurée avec 3 PNH et 2 chambres, le couvain est enfermé sous une double isolation (écharpe + bonnet).

Faut-il craindre l'humidité?

Selon cette étude¹, le taux de survie le plus élevé du couvain est obtenu à 95% d'humidité. Sous ce pourcentage, 40% des larves qui éclosent sont porteuses d'anomalies. De plus un taux d'humidité élevé serait néfaste pour varroa.

Mais en hiver, hors couvain, de l'eau froide qui goutte sur la grappe serait néfaste voire mortelle. Sans parler des cadres moisiss...

Source 1 : Kraus B., Velthuis H., tinget S, Temperature profiles of the brood nest of *Apis Ceranae* and *Apis Mellifera* colonies and their relation to varroosis, *Journal of Apicultural Research* Vol 37, 1998

Take home message:

1. Une colonie passe bien l'hiver si:

- La grappe est formée de **suffisamment** d'abeilles d'hiver début octobre.
 - La grappe est formée d'abeilles d'hiver saines:
 - On prépare l'hiver **fin juillet**: traitement varroa adaptés, réalisés tôt selon concept SSA, avec du temps entre les traitements d'été pour se reconstituer). Puis, contrôle de la colonie en août septembre, présence de la reine et des réserves.
 - Ménager le capital vie des abeilles d'hiver: Le nourrissage est terminé fin septembre et pas d'élevage tardif
-

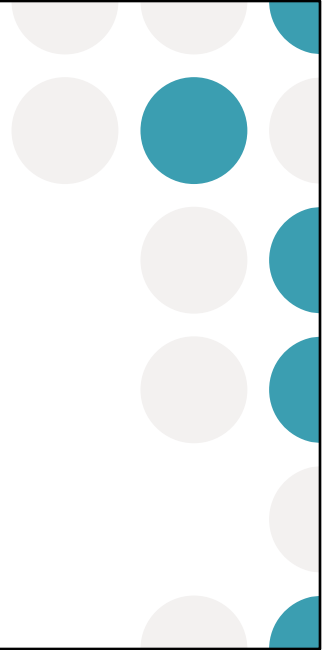
Take home message:

2. La grappe est naturellement un bijou de régulation climatique. **On peut lui apporter plus de confort** à moindre frais pour limiter la consommation de miel en:

- Limitant les courants d'air froids et humides
- Isolant au minimum le toit, voir les côtés par des partitions chaudes et/ou réfléchissantes (la neige n'est pas un problème)
- Adaptant le volume à la colonie en resserrant les partitions en automne
- Limitant les chocs et dérangements

3. Les techniques d'isolation pointues sont à entreprendre de manière réfléchie, et permettront de booster le développement printanier. Elles n'affecteraient que peu la consommation hivernale.

Merci pour votre attention !



Annexe 1: Influence de la taille de la colonie sur la survie de la grappe:

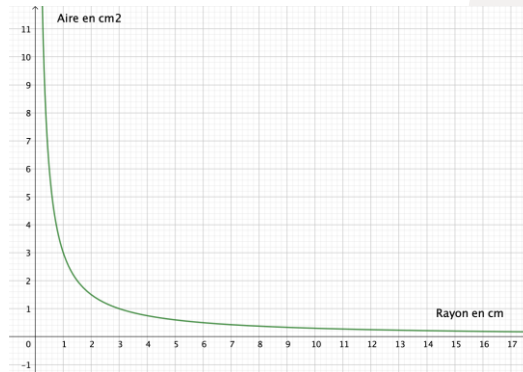
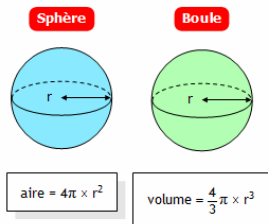
Rapport Aire:Volume



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

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

Annexe 1.2 : Influence de la taille de la colonie sur la survie de la grappe:



Annexe 2 : échanges et effets des 4 facteurs de régulation

