

Bac d'élevage d'insectes adapté à un élevage à échelle industrielle

- 5 La présente invention concerne un bac pour l'élevage d'insectes.
Les insectes préférentiellement visés par l'invention sont par exemple les coléoptères, les diptères, les lépidoptères, les isoptères, les orthoptères, les hyménoptères, les blattoptères, les hémiptères, les hétéroptères, les éphéméroptères et les mécoptères, de préférence, les coléoptères, les diptères, les orthoptères, les lépidoptères. Le bac
- 10 objet de l'invention peut, par exemple et de façon non-exhaustive, être adapté à l'élevage de coléoptères appartenant aux familles des Tenebrionidae, Melolonthidae, Dermestidae, Coccinellidae, Cerambycidae, Carabidae, Buprestidae, Cetoniidae, Dryophthoridae, à tous les stades de leurs développements, et à l'élevage de diptères appartenant aux familles des Stratiomyidae, Muscidae, Calliphoridae à leur stade de
- 15 développement larvaire.
- Le bac objet de l'invention est particulièrement adapté à l'élevage des coléoptères suivants : *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Zophobas morio*, *Tenebrio obscurus*, *Tribolium castaneum* et *Rhynchophorus ferrugineus*, à tous les stades de leurs développements, et tout particulièrement à l'élevage du *Tenebrio molitor* (ou
- 20 ténébrion meunier), et à celui des diptères suivants : *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Chrysomya megacephala*, à leur stade de développement larvaire.
- Sauf précision contraire, le terme « insecte » est employé pour désigner tout stade d'évolution de l'œuf ou oothèque à l'insecte adulte.
- La production d'insectes à grande échelle présente de nombreux intérêts, notamment
- 25 dans l'agro-industrie. Certaines espèces d'insectes comestibles sont en effet riches en protéines et peuvent servir notamment à l'alimentation animale, pour les poissons, les crustacés, et certains volatiles. L'élevage d'insectes à grande échelle présente aussi des intérêts dans d'autres domaines industriels. Par exemple, l'exosquelette des insectes est constitué en grande partie de chitine, dont un dérivé connu est le chitosan.
- 30 Les applications de la chitine et/ou du chitosan sont nombreuses : cosmétique (composition cosmétique), médicale et pharmaceutique (composition pharmaceutique, traitement des brûlures, biomatériaux, pansements cornéens, fils chirurgicaux), diététique et alimentaire, technique (agent filtrant, texturant, floculant ou adsorbant notamment pour la filtration et dépollution de l'eau), etc.

- Le document FR3034622 présente un atelier adapté à l'élevage d'insectes à grande échelle, c'est-à-dire à échelle industrielle. Par échelle industrielle, on entend par exemple la production de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de tonnes de larves d'insectes par an. L'élevage y met en œuvre des contenants d'élevage (typiquement
- 5 des bacs) qui sont empilés pour former des unités élémentaires d'élevage. Les unités élémentaires d'élevage sont stockées dans une première zone, et, lorsqu'une opération d'élevage doit être réalisée, les contenants sont amenés vers un poste adapté à la réalisation de l'opération, groupés en unités élémentaires d'élevage ou dégroupés unitairement.
- 10 Les opérations d'élevage concernent de manière non exhaustive le nourrissage, l'apport d'eau, la calibration des insectes, l'ajout d'insectes dans des contenants d'élevage, et de nombreuses et diverses opérations de tri permettant de séparer ou de classer, lors de l'élevage, les insectes selon leur stade d'évolution, ou de séparer les insectes vivants des insectes morts et/ou de leur milieu d'élevage, etc.
- 15 L'élevage d'insectes à grande échelle et de manière grandement automatisée nécessite des contenants d'élevage répondant à des critères fonctionnels multiples notamment de résistance, de capacité à être mus par des moyens automatisés, d'optimisation en matière de volume employé, de compatibilité sanitaire, de possibilité d'apport de nourriture ou d'eau.
- 20 Le document FR3046333 divulgue un bac d'élevage d'insectes, adapté à une utilisation dans un élevage à grande échelle. Le bac proposé dans ce document est empilable sur des nervures garantissant un empilement régulier et fiable tout en permettant une bonne aération des bacs grâce à de larges ouvertures maintenues entre les bacs empilés, et comporte des bords particulièrement adaptés pour leur
- 25 préhension par des moyens automatisés.
- Le document FR3088519 porte sur un atelier d'élevage d'insectes, et plus particulièrement sur la régulation climatique d'au moins une zone d'un tel atelier. Ce document présente l'importance de faire régner dans un élevage d'insectes des conditions environnementales contrôlées et homogènes, favorables à la santé, au bien-
- 30 être, et à une croissance rapide des insectes Ce document présente des systèmes aérauliques optimisés pour réaliser un apport et une extraction d'air optimisés dans l'atelier, notamment dans le contexte complexe d'un élevage verticalisé.
- La présente invention a pour objet de proposer un bac d'élevage d'insectes pour un élevage à grande échelle, notamment verticalisé, qui est optimisé vis-à-vis de

nombreux paramètres importants de l'élevage, notamment les critères climatiques et aérauliques.

L'invention porte ainsi sur un bac d'élevage d'insectes, comportant un fond plein, définissant un plan sensiblement horizontal, et des parois latérales définissant une
5 ceinture périphérique du bac. Le fond et les parois latérales définissent un corps de bac. Le bac comporte des pieds s'étendant verticalement du fond du bac jusqu'à un niveau situé au-dessus de la ceinture du bac. Les pieds du bac sont configurés pour permettre un empilement sur ledit bac d'élevage d'un bac d'élevage d'insectes identique, tout en ménageant un espace entre le fond dudit bac identique et la ceinture
10 du bac. Les pieds du bac comportent pour cela une surface d'appui supérieure configurée pour coopérer avec une surface d'appui inférieure des pieds dudit bac identique. Le corps du bac est dénué d'arêtes vives, de sorte à limiter les perturbations d'un flux d'air laminaire s'écoulant autour du bac.

En outre, les pieds peuvent être dénués d'arêtes vives verticales.

15 L'absence d'arêtes vives permet un écoulement des flux d'air autour du bac, sans créer de perturbations locales susceptibles de gêner cet écoulement et/ou de créer des irrégularités locales dans cet écoulement. L'emploi de pieds qui dépassent de la ceinture du bac permet de maximiser la surface ouverte présente entre les bacs, bien plus que les échancrures généralement réalisées à cette fin en partie haute des parois
20 des bacs d'élevage d'insectes. Cela permet de faciliter l'écoulement de l'air entre les bacs et donc le renouvellement et le maintien à la température souhaitée de l'air à disposition des insectes. Pour une même surface ouverte entre deux bacs empilés, la distance entre les fonds des deux bacs peut être moindre, ce qui permet de maximiser le nombre de bacs pour une hauteur d'empilement donnée (ce qui permet l'élevage de
25 plus d'insectes sur une même hauteur, ou d'abaisser le centre de gravité d'une pile constituée d'un nombre prédéterminé de bacs, ce qui est mécaniquement souhaitable).

Le corps du bac peut avoir une forme générale de parallélépipède rectangle de faible hauteur comparativement à sa longueur et sa largeur et comporte alors des arêtes verticales arrondies. Le fond du bac peut comporter, à chacune de ses extrémités
30 longitudinales, une portion relevée vis-à-vis de l'horizontale.

Des caractéristiques permettant de limiter plus encore les perturbations aérodynamiques d'un flux d'air traversant une colonne de bacs d'élevage sont ainsi proposées.

Les caractéristiques proposées ont également pour conséquence de prédisposer le bac pour être utilisé selon une orientation donnée vis-à-vis du flux d'air. Ainsi, le flux d'air doit avantageusement arriver par un des petits côtés du bac, et idéalement sensiblement perpendiculairement à ces petits côtés. Les arrêtes arrondies et la

5 portion relevée du fond du bac (qui lui confèrent une forme assimilable à celle d'une coque de bateau par ailleurs à fond plat) permettent une réduction du coefficient de traînée du bac (souvent désigné par l'abréviation C_x).

Le bac peut comporter notamment quatre pieds, deux desdits quatre pieds étant situés sur un premier bord long du bac s'étendant dans sa longueur, et deux desdits quatre

10 pieds étant situés sur un deuxième bord long du bac s'étendant dans sa longueur, lesdits quatre pieds étant situés à distance d'un premier bord court du bac s'étendant dans sa largeur et d'un deuxième bord court du bac s'étendant dans sa largeur.

La position des pieds à distance du côté du bac destiné à recevoir le flux d'air (généralement le plus petit côté du bac) permet une meilleure entrée de l'air dans le

15 bac. Cela améliore généralement l'écoulement de l'air au travers d'une pile de bacs. Cette position permet aussi, pour un bac de grandes dimensions, ce qui correspond à un autre aspect de l'invention, d'améliorer la résistance mécanique du bac, tout au long de son cycle de vie.

Le bac peut comporter neuf pieds, à savoir :

20 - les quatre pieds précédemment définis
- deux pieds situés dans un plan médian longitudinal du bac, à distance des bords courts du bac,
- deux pieds situés dans un plan médian transversal du bac, sur les bords longs du bac, et

25 - un pied central, à l'intersection du plan médian longitudinal et du plan médian transversal.

Le bac peut avoir une longueur comprise entre 0,6 m et 3,6 m, et de préférence de 2,4 m, et une largeur comprise entre 0,4 m et 2,0 m, et de préférence de 1,2 m.

Le corps de bac peut avoir une hauteur comprise entre 30mm et 200mm.

30 Il est ainsi proposé une répartition optimale des pieds, en particulier pour un bac de grandes dimensions. Le bac peut en effet avoir les dimensions fondées sur celles d'une palette de dimension standard. Notamment, le bac peut avoir les dimensions d'une palette « Europe » soit 1,20 m sur 0,80 m ou d'un multiple de ces dimensions,

par exemple 2,40 m (soit trois fois 0,80 m) sur 1,20m. Cela en facilite la manutention et rend le bac, et les piles de bacs, compatibles de dispositifs de transport et de stockage des palettes (transpalette, étagères ou « racks » à palettes). Le bac inférieur d'une pile de bac peut ainsi servir de support de manutention, formant une sorte de palette, en l'absence de palette à proprement parler.

5

Les pieds du bac peuvent avoir une section transversale oblongue, par exemple une section transversale rectangulaire à coins arrondis ou une section transversale elliptique.

Une forme allongée de la section des pieds permet, avec une orientation adaptée, d'en limiter la surface frontale exposée au flux d'air, tout en garantissant une reprise d'efforts verticaux importants.

10

Par ailleurs, la forme allongée de la section des pieds permet d'avoir une surface d'appui entre bacs empilés qui est suffisante pour tenir la charge (poids des bacs supérieurs). En effet, une pile de bacs conformes à l'invention peut, à titre d'exemple, peser jusqu'à 1,5 tonne.

15

Enfin, l'orientation des pieds permet de maximiser la surface utile dans les bacs.

Chaque pied peut comporter, sur sa surface d'appui supérieure, un plot en saillie de ladite surface d'appui supérieure. Le bac peut comporter, pour chaque pied, un insert rapporté formant la surface d'appui inférieure du pied, ledit insert présentant une concavité de forme correspondante, à un jeu fonctionnel près, à la forme du plot.

20

Ces caractéristiques permettent un empilement fiable des bacs, qui sont ainsi positionnés de manière précise entre eux lors de leur empilement. Elles apportent aux piles de bacs une cohésion adaptés à leur déplacement par des moyens automatisés.

Les inserts permettent également un renforcement mécanique des pieds (qui peuvent être essentiellement creux).

25

La ceinture du bac peut s'étendre sensiblement parallèlement au fond du bac, et chaque pied peut s'étendre au-dessus de la ceinture du bac d'une hauteur comprise entre 20% et 100% de la hauteur du corps de bac, mesurée entre le fond du bac et la ceinture du bac.

Cela garantit une bonne aération des bacs.

30

Le fond du bac peut présenter un motif de renforcement, sous la forme de convexités formées sur le fond du bac ou de nervures de faibles hauteurs formant un motif géométrique hexagonal ou triangulaire sur le fond du bac.

- De tels renforcement permettent l'obtention d'un bac de grandes dimensions suffisamment rigide. Le motif de renforcement peut être adapté selon la destination du bac, et être par exemple différent pour les bacs destinés à l'élevage de larves d'insectes et à leur croissance et pour les bacs destinés à la reproduction et la ponte
- 5 des insectes.
- Le bac peut avoir un volume intérieur divisé en plusieurs zones par au moins une cloison verticale, par exemple en deux à huit zones (12), par exemple en six zones (12).
- Cela permet de renforcer le bac, en flexion et en torsion. Cela permet aussi de réaliser
- 10 l'élevage sur des zones unitaires ayant chacune une surface close dans laquelle le comportement des insectes lors de leur élevage est connu, et a été jugé adapté à l'élevage.
- L'invention porte également sur une pile de bacs. Cette pile comporte plusieurs bacs empilés, et le bac inférieur de la pile forme un support de manutention permettant de
- 15 soulever et de déplacer ladite pile de bacs.
- D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.
- Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :
- la figure 1 représente, selon une vue schématique en trois dimensions, un bac
 - 20 d'élevage d'insectes selon un mode de réalisation de l'invention ;
 - la figure 2 représente, selon une vue de dessus, le bac de la figure 1
 - la figure 3 représente, selon une première vue partielle en coupe, le bac des figures 1 et 2 ;
 - la figure 4 représente, selon une seconde vue partielle en coupe, le bac des figures 1
 - 25 à 3 ;
 - la figure 5 représente, selon une vue schématique en trois dimensions, un exemple d'insert pouvant être employé dans l'invention ;
 - la figure 6 représente, selon une vue de dessus, un bac selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
 - 30 - la figure 7 représente, selon une première vue partielle en coupe, le bac de la figure 6 ;
 - la figure 8 représente, selon une seconde vue partielle en coupe, le bac des figures 6 et 7 ;
 - la figure 9 représente un graphique illustrant la répartition de la température dans les

- bacs d'un ensemble de bacs empilés à bords droits, ne correspondant pas à la présente invention ;
- la figure 10 représente un graphique illustrant la répartition de la température dans les bacs d'un ensemble de bacs empilés conformes à un mode de réalisation de
- 5 l'invention ;
- la figure 11 représente un graphique illustrant la vitesse de l'air à l'entrée de colonnes de bacs empilés à bords droits, ne correspondant pas à la présente invention ;
 - la figure 12 représente un graphique illustrant la vitesse de l'air à l'entrée de colonnes de bacs empilés conformes à un mode de réalisation de l'invention.
- 10 La figure 1 représente, selon une vue schématique en trois dimensions, un bac d'élevage d'insectes selon un mode de réalisation de l'invention.
- Le bac 1 comporte un fond 2 qui est plein et une face ouverte opposée 3. Le bac 1 est adapté à l'élevage d'insectes rampants ou essentiellement rampants, ou d'insectes volants au stade d'œuf, de larve, ou de nymphe.
- 15 Le fond 2 du bac 1 s'étend selon un plan général d'extension considéré horizontal. En effet, lors de l'élevage des insectes dans le bac, le fond du bac est configuré pour être disposé horizontalement.
- Le bac comporte des parois latérales 4. Avec le fond 2, les parois latérales forment ainsi un corps de bac. Le corps de bac permet la réception des insectes et, le cas
- 20 échéant, du substrat utile à leur élevage. Le substrat d'élevage correspond au matériau utilisé pour créer un milieu de vie pour les insectes, et, optionnellement, comportant des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance.
- Les parois latérales 4 du bac définissent une ceinture du bac 5, formée par un rebord supérieur desdites parois latérales 4. La ceinture du bac 5 s'étend parallèlement au
- 25 fond du bac 2, c'est-à-dire horizontalement. La ceinture du bac 5 s'étend en particulier horizontalement sur tout le pourtour du corps de bac.
- Le bac 1 comporte des pieds 6.
- Les pieds 6 s'étendent dans la direction verticale (perpendiculaire à l'horizontale) du fond 2 du bac, c'est à dire du plan horizontal défini par le fond 2, jusqu'au-delà de la
- 30 ceinture 5 du bac 1.
- Chaque pied 6 comporte une surface d'appui supérieure 7 et une surface d'appui inférieure 8.

Le bac 1 est ainsi configuré pour être empilé sur ou sous un bac identique. Une pile de bac 1 peut ainsi être constituée, dans laquelle, à l'exception du bac le plus bas de pile, la surface d'appui inférieure 8 de chaque pied est en appui sur la surface d'appui supérieure 7 du pied correspondant du bac situé en dessous.

- 5 Comparativement aux bacs connus dans l'art antérieur, le bac 1 objet de l'invention présente la particularité d'être dépourvu d'arêtes vives. Dans l'exemple représenté, le bac a une forme sensiblement parallélépipédique aplatie (sans qu'il soit exclu que les parois latérales 4 puissent conférer au corps de bac une forme légèrement évasée). Le corps de bac présente ainsi des coins arrondis. Les coins du corps de bac et du bac 1
10 correspondent aux arêtes verticales 9 du bac, formées à la jonction de deux parois latérales 4 successives du bac, et aux rebords de coin 10 formés par la ceinture de bac 5 à ce niveau.

De manière générale, les arêtes du bac 1 susceptibles d'être exposées à un flux d'air généré pour traverser une pile de bacs et ainsi renouveler l'air présent dans et autour
15 des bacs, qu'il s'agisse d'arêtes du corps de bac ou des pieds, sont arrondies.

Le bac 1 comporte des cloisons verticales 11 qui divisent le bac en plusieurs zones 12. Les cloisons verticales 11 sont longitudinales et/ou transversales.

Le bac 1 est avantageusement réalisé en matériau plastique. Un matériau de qualité alimentaire est avantageusement utilisé. Le bac 1 peut ainsi notamment être réalisé en
20 polypropylène. Le bac 1 peut être réalisé selon un procédé de moulage par injection.

Les zones 12 sont de préférence de dimensions identiques ou analogues.

La figure 2 représente, selon une vue de dessus, le bac de la figure 1.

Le bac présente de grandes dimensions, comparativement aux bacs d'élevages connus dans l'état de la technique. Le corps de bac ayant une hauteur h faible
25 comparativement à sa longueur L et à sa largeur l, le bac peut également être désigné par le terme « plateau » d'élevage.

Dans l'exemple ici représenté, le bac 1 présente une longueur de 2,40 m et une largeur de 1,20 m.

Chaque zone 12 a ainsi une longueur de 80 cm environ et une largeur de 60 cm
30 environ. Cela correspond aux dimensions de bacs dont la bonne adaptation à l'élevage d'insectes, notamment au stade larvaire, a été validée.

Afin de renforcer le fond 2 du bac, ce qui est nécessaire ou préférable, notamment du fait de ses grandes dimensions, le fond du bac présente un motif de renfort. Le motif de renfort comporte, dans l'exemple représenté, une succession de convexités 13 (vues depuis l'intérieur du bac) qui s'étendent transversalement (dans la direction de la

5 largeur) du bac 1.

Les figures 1 et 2 illustrent également une disposition préférentielle des pieds. En particulier les quatre pieds situés à proximité des coins du bac 1 sont situés sur un bord long du bac (bord s'étendant dans la longueur du bac 1) mais à distance des bords courts du bac (bords s'étendant dans la largeur du bac 1). En particulier, ces

10 quatre pieds peuvent être disposés à une distance de 10 cm à 50 cm du bord court le plus proche, par exemple à environ 20 cm, 30 cm, ou 40 cm de ce bord court. Un pied 6 est également situé au milieu du bac, selon la direction transversale, dans l'alignement respectivement de chaque groupe de deux pieds situés sur les bords longs du bac, à proximité d'un bord court du bac.

15 Trois pieds sont également disposés selon une ligne médiane longitudinale du bac, un pied 6 étant situé sur chacun des bords longs du bac, et un pied 6 au milieu du bac dans la direction transversale.

Afin de renforcer plus encore le bac 1, en flexion et en torsion, les pieds 6 qui sont alignés transversalement sont reliés entre eux par des nervures 14 formées sur le fond

20 2 du bac 1. Les nervures 14 ont une faible hauteur, comparativement à la hauteur h du corps de bac, et ne constituent pas un cloisonnement dans les zones 12.

Le bac est ainsi configuré de sorte à présenter des caractéristiques mécaniques, notamment en termes de rigidité et de résistance à la charge, permettant au bac inférieur d'une pile de bac de servir de support de manutention pour le transport d'une

25 pile complète de bacs.

La figure 3 représente le bac des figures 1 et 2, selon une première vue partielle en coupe selon le plan de coupe A-A représenté à la figure 2. Cette vue partielle en coupe montre une extrémité longitudinale du bac 1.

Le bac comporte ainsi, à son extrémité longitudinale (et en l'occurrence à chacune de ses extrémités longitudinales) une portion relevée 15. La portion relevée forme un

30 angle, et/ou une courbure, évolutive ou non, vis-à-vis de l'horizontale matérialisée par le plan général d'extension du fond 2.

- Dans l'exemple ici représenté, la portion relevée 15 s'étend sur environ 50mm dans la direction longitudinale. La portion relevée peut par exemple s'étendre sur 20mm à 150mm, selon divers modes de réalisation de l'invention. La portion relevée comporte ici une portion inclinée se raccordant de manière progressive au fond 2 du bac d'une part, et à la paroi latérale 4 du petit côté du bac d'autre part.
- La portion relevée 15 confère au bac 1, et en particulier au corps de bac, une forme comparable à celle d'une barque ou d'une coque de bateau à fond plat. Cela améliore fortement l'aérodynamisme du bac, en réduisant son coefficient de traînée vis-à-vis d'un flux d'air F dont la direction est représentée par une flèche double sur la figure 1.
- Le bac 1 est ainsi destiné à un usage selon une orientation particulière vis-à-vis du flux d'air majoritaire qui traversera les piles de bacs lors de l'élevage d'insectes.
- Pour ce qui concerne les pieds 6, comme cela est visible notamment aux figures 1 à 4, ils sont également configurés selon l'orientation d'usage du bac 1. Ainsi, les pieds 6 ont une section de forme allongée, oblongue, la plus grande dimension de la section du pied étant orientée selon le flux d'air (c'est-à-dire dans l'exemple représenté, selon la direction longitudinale), de sorte à minimiser la surface frontale de chaque pied vis-à-vis du flux d'air.
- Chaque pied 6 peut ainsi avoir une section elliptique, rectangulaire (avec des coins arrondis), ou toute autre section oblongue, par exemple comportant une partie centrale rectangulaire et deux demi-cercles de part et d'autre de cette section centrale.
- La figure 3 permet également d'apprécier les dimensions des pieds dans l'exemple de bac représenté, comparativement à la hauteur h du corps de bac.
- Dans l'exemple représenté, le corps de bac a une hauteur h de l'ordre de 90mm. Selon divers modes de réalisation, la hauteur h peut par exemple être comprise entre 40mm et 120mm). La surface d'appui supérieure 7 du pied 6 est quant à elle située environ 40mm au-dessus de la ceinture 5 du bac 1. Autrement dit le pied a, dans ce mode de réalisation, une hauteur totale entre sa surface d'appui inférieure 8 et sa surface d'appui supérieure 7, de l'ordre de 130mm (la surface d'appui inférieure du pied étant située dans le même plan, ou sensiblement dans le même plan que le fond 2. Selon divers modes de réalisation, la surface d'appui supérieure du pied peut être située par exemple entre 10mm et 120mm au-dessus de la ceinture du bac.

Lors de l'empilement d'un bac identique sur le bac 1, la surface d'appui inférieure de chaque pied dudit bac identique vient en appui sur la surface d'appui supérieure 7 du pied correspondant dudit bac 1.

- 5 Un espace est ainsi ménagé pour la circulation de l'air entre la ceinture 5 du bac délimitant sa face ouverte 3 et le fond du bac identique. Grâce au positionnement des pieds en retrait du bord court du bac, cet espace est totalement libre pour l'entrée de l'air entre les bacs au niveau dudit bord court.

- 10 Comme cela est visible sur les figures 3 et 4, chaque pied comporte, sur sa surface d'appui supérieure, un plot 16 qui fait saillie de la surface d'appui supérieure 7. Le plot 16 peut avoir, à titre d'exemple, une hauteur de l'ordre de 20mm. Ce plot est conformé pour avoir une correspondance de forme, à un jeu fonctionnel près, avec une concavité formée sur la surface inférieure d'appui 8.

- 15 La figure 4 est une vue partielle en coupe du bac 1, selon le plan de coupe B-B représenté à la figure 2. La figure 4 illustre de nombreux aspects de la constitution d'un pied. Ainsi, dans l'exemple de mode de réalisation ici représenté, chaque pied 6 est creux. La surface d'appui inférieure 8 est formée par un insert 18 rapporté.

L'insert 18 est configuré pour être entré en force et/ou fixé par bouterollage (ou fixé par tout autre moyen adapté, par exemple soudé ou collé) dans le volume défini par la paroi du pied 6, et être mis en appui sur un siège 19 formé par cette paroi.

- 20 L'insert peut être réalisé en matériau plastique, par exemple en polypropylène, notamment selon un procédé de moulage par injection.

- 25 Un tel insert 18 est représenté en détail à la figure 5, selon une vue en trois dimensions. L'insert 18 comporte ainsi un bord d'appui 20 destiné à venir en appui sur le siège 19 du pied. L'insert 18 comporte également des ailettes 21 qui viennent en appui sur les parois internes du pied 6 (qui est creux) et qui le renforce mécaniquement.

- 30 Les figures 6 à 8 représentent un bac selon un autre mode de réalisation de l'invention. La figure 6 est une vue de dessus, la figure 7 est une vue partielle en coupe selon le plan de coupe CC représenté à la figure 6, la figure 7 est une vue partielle en coupe selon le plan de coupe DD représenté à la figure 6.

Le bac d'élevage d'insectes de la figure 6 présente la même configuration générale que le bac des figures 1 à 4. En particulier, la longueur L et la largeur l du bac 1 peuvent être identiques à celles du bac des figures 1 à 4 (par exemple $L=2,40\text{m}$ et

$l=1,20m$). Les pieds 6 peuvent avoir la même disposition que dans le bac des figures 1 à 4. Ils peuvent avoir la même section transversale. Les plots 16 et concavités 17 des pieds peuvent également être identiques.

Le bac des figures 1 à 4 et le bac des figures 6 à 8 sont ainsi empilables entre eux.

- 5 Si la description faite ci-avant du bac des figures 1 à 4 s'applique ainsi au bac des figures 6 à 8, ce dernier présente néanmoins les caractéristiques distinctives suivantes.

Le bac des figures 6 à 8 présente sur son fond 2 un motif de renfort constitué par des nervures de faible hauteur 22 disposées en hexagones. Le renforcement mécanique, en particulier en matière de rigidité dans toutes les directions, obtenu avec un tel motif, 10 est supérieur au renforcement obtenu avec les concavités du bac des figures 1 à 4. Ce motif est néanmoins plus complexe à fabriquer.

Le bac des figures 6 à 8 est également de plus faible hauteur que le bac des figures 1 à 4. Dans l'exemple ici représenté, le corps de bac a une hauteur h de l'ordre de 60mm. La surface d'appui supérieure 7 du pied 6 est quant à elle située environ 20mm 15 au-dessus de la ceinture 5 du bac 1. Autrement dit le pied a, dans ce mode de réalisation, une hauteur totale entre sa surface d'appui inférieure 8 et sa surface d'appui supérieure 7, de l'ordre de 80mm.

La portion relevée 15 du bac a, dans cet exemple de mode de réalisation, une longueur de l'ordre de 30mm.

- 20 Les caractéristiques distinctives du bac des figures 6 à 8 décrites ci-dessus peuvent être appliquées individuellement ou en combinaison, selon divers modes de réalisation de l'invention.

Tandis que le bac des figures 1 à 3 est particulièrement bien adapté à l'élevage de larves d'insectes et à leur croissance, le bac des figures 6 à 8 est particulièrement bien 25 adapté à la reproduction et la ponte des insectes.

Le bac des figures 1 à 3 peut ainsi, à titre d'exemple, être utilisé pour constituer des piles de 15 à 20 bacs, par exemple de 18 bacs.

Le bac des figures 6 à 8 peut, à titre d'exemple, être utilisé pour constituer des piles de 25 à 40 bacs, par exemple de 32 bacs.

- 30 Ces piles peuvent être déplacées par des moyens automatisés en utilisant le bac inférieur de la pile comme support de manutention (à l'exclusion notamment de l'emploi d'une palette comme support de manutention).

Les figures 9 et 10 illustrent un premier avantage important obtenu grâce à l'aérodynamisme d'un bac d'élevage conforme à l'invention.

- Les figures 9 et 10 représentent, pour des conditions de charge thermique et de ventilation données et identiques entre la figure 9 et la figure 10, la température
- 5 modélisée dans des bacs situés à différents niveaux de plusieurs ensembles de bacs empilés. En particulier, on considère des ensembles de dix-huit bacs empilés, présents dans un élevage d'insectes à grande échelle, avec un dispositif de régulation thermique assurant une circulation d'air dans l'élevage. L'élevage d'insectes considéré correspond en particulier à un élevage du type décrit dans le document
- 10 WO2020104751. La répartition de la température dans les bacs de ces ensembles est représentée. En particulier, on a représenté sur les figures 9 et 10, pour chaque plage de 1 °C située entre 24 °C et 44 °C (en abscisse), le pourcentage de bacs situés dans plage de température (en ordonnée) pour :
- le premier bac (situé au sommet de la pile) référencé P1,
 - 15 - le dixième bac de la pile en partant du haut, référencé P10,
 - le dernier bac de la pile (en bas de la pile), référencé P18.

La figure 9 correspond à une modélisation avec des bacs ayant un corps de bacs strictement parallélépipédique droit, ayant des arêtes vives (non arrondies), et qu'on désigne ci-après « bacs à bords droits ».

- 20 La figure 10 correspond à une modélisation avec des bacs conformes à un mode de réalisation de l'invention, à savoir des bacs correspondant au bac de la figure 1.

- Dans l'exemple représenté, La comparaison de la figure 9 et de la figure 10 permet de constater une bien meilleure homogénéité de température grâce aux bacs conformes à la présente invention. En outre, le nombre de bac dépassant une température trop
- 25 élevée, en l'occurrence 34 °C dans l'exemple représenté, est très largement réduit.

Cela favorise l'obtention d'une température optimale pour l'élevage d'une proportion plus élevée, voire pour la quasi-totalité, des insectes de l'élevage, comparativement à un élevage dans lequel des bacs à bords droits seraient utilisés.

- Dans les conditions illustrées aux figures 9 et 10, on constate que les ensembles de
- 30 bacs empilés sont en moyenne plus chauds lorsque les bacs qui les forment ont des bords droits. Or, l'évacuation de la chaleur produite par les insectes est un enjeu majeur d'un élevage d'insectes à grande échelle. Dans l'exemple représenté les écarts de température moyenne dans les ensembles de bacs empilés, selon la position de

ces ensembles dans l'élevage, est comprise entre 0,35°C et 0,9°C entre des bacs à bords droits et des bacs conformes à la présente invention.

- Pour obtenir la même température moyenne dans des bacs à bords droits que dans les bacs conformes à l'invention selon le mode de réalisation illustré à la figure 1, on
- 5 estime qu'un débit de ventilation supérieur d'environ 10% serait nécessaire. Cela a un impact énergétique considérable dans un élevage à grande échelle.

Le flux d'air s'écoulant entre les bacs d'un ensemble de bacs empilés se révèle en outre très différent selon que les bacs sont à bords droits ou optimisés selon la présente invention.

- 10 Comme cela est illustré aux figures 11 et 12, l'optimisation de la forme des bacs permet une meilleure pénétration du flux d'air entre les bacs, et donc une augmentation du flux traversant les ensembles de bacs empilés, ce qui favorise leur refroidissement et plus généralement le renouvellement de l'air dans les bacs.

- Les figures 11 et 12 représentent ainsi chacune la vitesse de l'air modélisée à l'entrée
- 15 de trois ensembles de bacs empilés, respectivement référencés E1, E2 et E3.

Une gaine d'induction d'air est située face aux dits ensembles de bacs, entre le premier ensemble E1 et le deuxième ensemble E2. L'induction d'air est identique sur la figure 11 et sur la figure 12.

- Sur les figures 11 et 12, les zones de plus grande vitesse de l'air correspondent aux
- 20 zones les plus foncées, tandis que les zones les plus claires correspondent aux zones où l'air circule le moins vite.

Les zones où l'air circule à la plus grande vitesse sont naturellement situées en face de la gaine d'induction d'air.

- La comparaison de la figure 11 et de la figure 12 permet de constater que les zones où
- 25 l'air s'écoule à une vitesse significative s'étendent plus dans la largeur du premier ensemble E1 et du deuxième ensemble E2 avec des bacs conformes à l'invention (figure 12) qu'avec des bacs à bords droits (figure 11). Notamment, on constate que dans l'exemple représenté, un flux d'air est correctement établi sur l'ensemble de la largeur des bacs du deuxième ensemble E2 avec des bacs conformes à l'invention,
- 30 alors que ce n'est pas le cas avec des bacs à bords droits. Enfin, concernant le troisième ensemble E3, tandis que la circulation de l'air se fait à très faible vitesse avec des bacs à bords droits, des bacs conformes à la présente invention permettent une circulation d'air nettement améliorée, le flux d'air s'écoulant à une vitesse significative.

La Demanderesse a en enfin constaté que les bacs à bords droits provoquent des zones « mortes » à l'entrée entre les bacs, c'est-à-dire des zones dans lesquels l'air ne s'écoule pas, ou quasiment pas. Ces zones sont réduites voire éliminées grâce à l'emploi de bacs conformes à l'invention.

- 5 Le bac d'élevage d'insectes ainsi proposé dans l'invention présente de nombreux avantages comparativement aux bacs connus dans l'art antérieur. En premier lieu, le bac est optimisé pour gêner le moins possible le flux d'air dans une pile de plusieurs bacs, selon au moins une direction. Cette conformation aérodynamique du bac permet un bon maintien des paramètres environnementaux souhaités dans chaque bac
- 10 (température, taux de CO₂, etc.). A l'échelle d'une usine d'élevage, cela permet également un gain énergétique (et donc également économique) considérable dans les systèmes aérauliques employés. Un flux d'air moins puissant peut être employé, ce qui perturbe moins la croissance des insectes, et/ou une plus grande quantité de piles de bacs peut être traversée par un flux d'air d'une puissance donnée.
- 15 Dans certains modes de réalisation, des bacs de grandes dimensions sont particulièrement bien adaptés à un élevage utilisant des moyens automatisés pour le déplacement des bacs et un stockage verticalisé dans des structures de stockage de grandes dimensions.

Revendications

1. Bac d'élevage d'insectes, comportant
 - un fond (2) plein, définissant un plan sensiblement horizontal,
 - des parois latérales (4) définissant une ceinture (5) périphérique du bac,
- 5 le fond (2) et les parois latérales (4) définissant un corps de bac, et
 - des pieds (6) s'étendant verticalement du fond (2) du bac jusqu'à un niveau situé au-dessus de la ceinture (5) du bac,
 - lesdits pieds (6) étant configurés pour permettre un empilement sur ledit bac d'élevage d'un bac d'élevage d'insectes identique, tout en ménageant un espace entre le fond
- 10 (2) dudit bac identique et la ceinture (5) du bac, lesdits pieds (6) comportant une surface d'appui supérieure (7) configurée pour coopérer avec une surface d'appui inférieure (8) des pieds (6) dudit bac identique ;
caractérisé en ce que le corps du bac est dénué d'arêtes vives, de sorte à limiter les perturbations d'un flux d'air laminaire s'écoulant autour du bac.
- 15 2. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 1 dans lequel les pieds (6) sont dénués d'arêtes vives verticales.
3. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le corps du bac a une forme générale de parallélépipède rectangle de faible hauteur (h) comparativement à sa longueur (L) et sa largeur (l) et comporte des arêtes
- 20 verticales arrondies.
4. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 3, dans lequel le fond (2) du bac comporte, à chacune de ses extrémités longitudinales, une portion relevée (15) vis-à-vis de l'horizontale.
5. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 3 ou la revendication 4, ledit
- 25 bac comportant quatre pieds (6), deux desdits quatre pieds (6) étant situés sur un premier bord long du bac s'étendant dans sa longueur (L), et deux desdits quatre pieds (6) étant situés sur un deuxième bord long du bac s'étendant dans sa longueur (L), lesdits quatre pieds (6) étant situés à distance d'un premier bord court du bac s'étendant dans sa largeur et d'un deuxième bord court du bac s'étendant dans sa
- 30 largeur.
6. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 5, comportant neuf pieds (6), à savoir :
 - les quatre pieds (6) définis à la revendication 5,

- deux pieds (6) situés dans un plan médian longitudinal du bac, à distance des bords courts du bac,
 - deux pieds (6) situés dans un plan médian transversal du bac, sur les bords longs du bac, et
- 5 - un pied central, à l'intersection du plan médian longitudinal et du plan médian transversal.
7. Bac d'élevage d'insectes selon l'une des revendications 3 à 6, ledit bac ayant une longueur comprise entre 0,6 m et 3,6 m, et de préférence de 2,4 m, et une largeur comprise entre 0,4 m et 2,0 m, et de préférence de 1,2 m.
- 10 8. Bac d'élevage d'insectes selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le corps de bac a une hauteur comprise entre 30mm et 200mm.
9. Bac d'élevage d'insectes selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les pieds (6) ont une section transversale oblongue, par exemple une section transversale rectangulaire à coins arrondis ou une section
- 15 transversale elliptique.
10. Bac d'élevage d'insectes selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque pied (6) comporte, sur sa surface d'appui supérieure (7), un plot (16) en saillie de ladite surface d'appui supérieure (7).
11. Bac d'élevage d'insectes selon la revendication 11, comportant, pour chaque
- 20 pied (6), un insert (18) rapporté formant la surface d'appui inférieure (8) du pied, ledit insert (18) présentant une concavité de forme correspondante, à un jeu fonctionnel près, à la forme du plot (16).
12. Bac d'élevage d'insectes selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la ceinture (5) du bac s'étend sensiblement parallèlement au fond (2) du bac, et
- 25 chaque pied (6) s'étend au-dessus de la ceinture (5) du bac d'une hauteur comprise entre 20% et 100% de la hauteur du corps de bac, mesurée entre le fond (2) du bac et la ceinture (5) du bac.
13. Bac d'élevage d'insectes selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le fond (2) du bac présente un motif de renforcement, sous la forme de
- 30 convexités (13) formées sur le fond (2) du bac ou de nervures de faibles hauteurs (22) formant un motif géométrique hexagonal ou triangulaire sur le fond (2) du bac.
14. Bac d'élevage d'insectes selon l'une quelconque des revendications précédentes, ledit bac ayant un volume intérieur divisé en plusieurs zones par au

moins une cloison verticale, par exemple en deux à huit zones (12), par exemple en six zones (12).

15. Pile de bacs constituée de plusieurs bacs d'élevage d'insectes selon l'une quelconque des revendications précédentes empilés, dont le bac inférieur forme un
- 5 support de manutention permettant de soulever et de déplacer ladite pile de bacs.