

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 24.12.21.

③③ Priorité :

⑦① Demandeur(s) : INNOVAFEED Société par actions
simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑦② Inventeur(s) : GOSSET Elise, SCHULLER Audrey et
OGGERI Bastien.

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

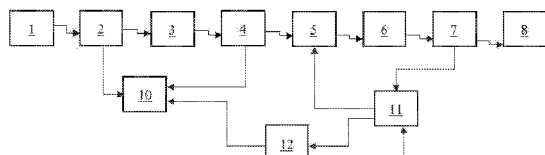
⑦③ Titulaire(s) : INNOVAFEED Société par actions simpli-
fiée.

○ Demande(s) d'extension :

⑦④ Mandataire(s) : IP TRUST.

⑤④ PROCÉDE DE TRAITEMENT INDUSTRIEL DE LARVES D'ARTHROPODES, ET NOTAMMENT DE LARVES
D'INSECTES VIVANTES.

⑤⑦ La présente invention concerne un procédé et une installation de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, comportant une étape de séparation des larves et du frass ; une étape de dévitalisation des larves ;
Caractérisée en ce que
ladite étape de dévitalisation comprend une immersion desdites larves dans de l'eau à une température supérieure à 50°C ; ladite étape de dévitalisation étant suivie par une étape de séparation des larves et de l'eau.
Figure de l'abrégé : figure 1



Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE TRAITEMENT INDUSTRIEL DE LARVES D'ARTHROPODES, ET NOTAMMENT DE LARVES D'INSECTES VIVANTES

Domaine de l'invention

- [0001] La présente invention concerne le domaine de l'élevage industriel de larves d'arthropodes, notamment d'insectes et plus spécifiquement encore de diptères, à des fins de production d'aliments.
- [0002] L'invention se rapporte plus particulièrement au domaine de l'élevage d'insectes, en particulier à la mouche soldat noir.
- [0003] Les insectes ont un certain nombre de caractéristiques qui les rendent bien adaptés à une utilisation dans l'alimentation animale. Les insectes contribuent à une teneur élevée en protéines, tout en étant riches en autres nutriments bénéfiques tels que les graisses, les minéraux et les vitamines. Les niveaux de concentration de protéines dans les farines d'insectes destinées à l'alimentation animale varient entre 55% et 75%. Les insectes sont caractérisés par un taux de conversion alimentaire plus élevé et peuvent donc devenir une source d'alimentation très précieuse pour les animaux d'élevage. Les insectes sont un composant naturel de l'alimentation des animaux tels que les poissons carnivores et la volaille (par exemple, les insectes peuvent fournir jusqu'à 70% des besoins alimentaires de la truite).
- [0004] Par ailleurs, ces produits présentent également un profil nutritionnel bien équilibré pour répondre aux besoins alimentaires de l'homme.
- [0005] Ces considérations ont conduit au développement de la production automatisée en grande série d'aliments issus de l'élevage d'arthropodes, et plus particulièrement d'insectes, dans des sites industriels organisés en espaces complémentaires spécialisés dans la ponte, l'éclosion, l'élevage, la collecte des animaux matures et leur traitement pour extraire les composés d'intérêt.
- [0006] Ces sites industriels doivent être optimisés pour permettre l'industrialisation en grands volumes de larves. Une des étapes critiques concerne le traitement des larves vivantes afin de les valoriser, notamment les larves de la mouche soldat noir *Hermetia Illucens*. Les larves sont valorisées sous forme de farine de protéine et d'huile de qualité. Le milieu d'élevage dans lequel évolue les larves à la fin de leur cycle de croissance, appelé frass, est également valorisé. Le frass est constitué d'un mélange des déjections des larves et des résidus du substrat non consommé, séché et fermenté.
- [0007] Cette étape de traitement intervient après des étapes de production des œufs en conditions industrielles, de collecte des œufs pondus par les insectes femelles et la

concentration de larves en vue de leur élevage car il convient de les regrouper de façon aussi homogène que possible, par lots de larves néonates ayant toutes le même stade de maturité dans un lot donné. Généralement, la ponte s'effectue dans une cage confinant les mouches dans un espace fermé dans laquelle sont disposés des collecteurs présentant des surfaces de ponte, par exemple des plaques rainurées, sur lesquelles les femelles déposent les œufs. Ces collecteurs sont récupérés pour ensuite permettre l'éclosion des œufs donnant lieu à des larves néonates qui sont ensuite injectées sur un milieu nutritif dans des modules d'élevage. Ces larves néonates sont ensuite élevées dans des modules multi-étagés de croissance pour atteindre la maturité avant d'être transformées en éléments nutritifs et aliments, qui est l'étape qui fait l'objet du présent brevet.

[0008] La présente invention concerne un procédé et un système destiné à transformer les larves matures en une pâte riche en éléments nutritifs qui peut ensuite faire l'objet de traitements additionnels pour extraire les composés d'intérêt, notamment les protéines et les substances huileuses. La présente invention porte en particulier sur les premières étapes de ce procédé, à savoir la séparation des larves et du frass et la dévitalisation des larves.

État de la technique

[0009] On connaît dans l'état de la technique différentes solutions pour traiter les insectes et les vers à l'échelle industrielle pour produire des nutriments, qui peuvent ensuite être utilisés dans la préparation de produits alimentaires ou d'aliments pour animaux.

[0010] On connaît notamment le brevet FR3070001 décrivant un procédé d'entomoculture mettant en œuvre une étape consistant à nourrir des larves d'insecte avec des déchets organiques et une étape dévitalisation des larves d'insecte en vue de les transformer en un produit valorisable, caractérisé en ce que l'étape dévitalisation est réalisée en soumettant les larves à une montée en pression progressive allant jusqu'à une étape d'hygiénisation au cours de laquelle la pression est comprise entre 3 000 bars et 7 000 bars.

[0011] Ce procédé fonctionnant à des pressions très élevées est très coûteux en énergie ainsi qu'en équipements.

[0012] Le brevet européen EP2953487 décrit un autre procédé pour convertir des insectes ou des vers frais en flux nutritifs, comprenant les étapes réduire d'abord la taille des insectes ou des vers pour obtenir une pulpe d'insectes ou de vers, puis à chauffer la pâte à une température de 70-100°C, puis soumettre la pulpe chauffée à une étape de séparation physique, obtenant ainsi une fraction grasse, une fraction protéique aqueuse et une fraction contenant un solide, à condition que le procédé ne comprenne pas de traitement enzymatique de la pulpe, dans lequel la fraction protéique aqueuse et la

fraction contenant le solide est séchée.

- [0013] Cette solution implique une étape de hachage de larves vivantes comme solution d'abattage. Cette solution n'est pas satisfaisante car il est impossible de s'assurer qu'un broyeur ou un hachoir abatte 100% des larves. En effet, il peut arriver qu'une larve passe au travers des mailles ou entre des couteaux. De plus, abattre des larves sans une étape de lavage préalable diminue la qualité du produit final car des particules de frass peuvent rester collées aux larves.
- [0014] La demande de brevet EP3240905A1 décrit un procédé de préparation d'une poudre de coléoptères comportant au moins 67% en poids de protéines et au moins 5% en poids de chitine, comportant les étapes suivantes de dévitalisation des coléoptères, de pressage des coléoptères pour obtenir un gâteau de presse, et de broyage du gâteau de presse. Cette solution est spécifique aux coléoptères.
- [0015] La demande de brevet WO2021167449 décrit un procédé permettant de produire des insectes éviscérés, tels que des larves de mouche soldat noire et des vers de farine, de préférence des insectes vivants pour la séparation des insectes ou des insectes éviscérés traités en au moins une fraction de matières grasses et/ou au moins une fraction de protéines.
- [0016] Cette solution vise à stimuler l'éviscération de l'insecte et la libération du contenu intestinal de l'insecte dans le liquide dans le but de fournir un liquide comprenant le contenu intestinal de l'insecte d'une part, et l'insecte vivant d'autre part.

Inconvénients de l'art antérieur

- [0017] Les solutions de l'art antérieur ne sont pas totalement satisfaisantes. Les solutions prévoyant un hachage des larves vivantes comme étape d'abattage peuvent entraîner des difficultés comme le manque de garantie que 100% des larves soient abattues. De plus, broyer les larves sans étape de lavage préalable peut entraîner une diminution de la qualité du produit final via la présence de résidus de frass. De plus, elles conduisent à un risque sanitaire par contamination et par dégradation des broyats par l'activité enzymatique résiduelle des fractions de larves, altérant certains composés d'intérêt.
- [0018] Un autre inconvénient des solutions de l'art antérieur est le coût énergétique des traitements proposés.

Solution apportée par l'invention

- [0019] L'invention concerne selon son acception la plus générale un procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, et plus spécifiquement de larves de diptères, notamment de larves de mouches soldats noires comportant :
- [0020] • une étape de séparation des larves et du frass, par exemple par tamisage, par granulométrie, ou par séparation aéraulique ;

- une étape de dévitalisation des larves ;
- [0021] caractérisée en ce que :
- [0022] • ladite étape de dévitalisation comprend une immersion desdites larves dans de l'eau à une température supérieure à 50°C ;
- ladite étape de dévitalisation étant suivie par une étape de séparation des larves et de l'eau.
- [0023] Avantageusement, les larves sont préalablement plongées dans une cuve d'eau, appelée cuve de mélange, avant de faire circuler le mélange eau et larves dans un échangeur de chaleur pour échauffer ledit mélange à une température supérieure à 55°C, notamment comprise entre 55°C et 95°C (de préférence entre 55°C et 60°C) pendant une durée comprise entre 2 et 15 minutes.
- [0024] De préférence, l'eau utilisée est purifiée pour enlever les particules de frass résiduelles puis réinjectée en totalité ou en partie dans la cuve de mélange.
- [0025] Selon une variante de réalisation, le procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larve d'insectes, et plus particulièrement de diptères selon l'invention, comporte une étape de broyages des larves après l'immersion dans de l'eau chaude et après séparation des larves et de ladite eau chaude.
- [0026] Selon d'autres variantes de réalisation, le procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon l'invention :
- [0027] • comporte une étape de séparation des larves et du frass réalisée par granulométrie en deux étapes : une première étape pour séparer les larves des particules de frass dont la taille est inférieure à la taille des larves puis une deuxième étape pour séparer les larves des boulettes ou plaques de frass dont la taille est supérieure à la taille des larves ;
- comporte une première étape de séparation des larves et des particules de frass dont la taille est inférieure à la taille des larves réalisée par un premier équipement comportant une toile filtrante à mailles de dimension périodiquement variables ;
 - comprend une deuxième étape de séparation des larves et des boulettes ou plaques de frass dont la taille est supérieure à la taille des larves, constituée par un second traitement par un crible circulaire ;
 - comporte une étape de dévitalisation constituant une dernière étape de séparation des larves et du frass par un traitement additionnel en phase aqueuse.
- [0028] Selon d'autres caractéristiques :
- [0029] • ladite ou lesdites étapes de séparation des larves et du frass comportent la récupération du frass et le transfert vers un équipement de valorisation dudit frass ;
- ladite étape de dévitalisation des larves est assurée par un traitement

thermique à une température sélectionnable entre 55°C et 95°C via un échangeur doubles tubes concentriques dans lequel le mélange larves et eau circule dans le tube intérieur et dans lequel l'eau chaude circule dans le tube concentrique extérieur ;

- ledit échangeur thermique est alimenté en eau chaude par une première source d'eau chaude à une température inférieure à 100°C et/ou par une seconde source d'eau surchauffée à une température supérieure à 100°C ;
- le procédé comporte, après l'étape de dévitalisation, une étape de récupération de l'eau chaude chargée en frass dans laquelle les larves ont été dévitalisées via un tamis égoutteur.

[0030] L'invention concerne aussi une installation de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes et plus spécifiquement de larves de diptères, notamment de larves de mouches soldats noires, comportant un équipement de séparation des larves et des déjections par tamisage, et un équipement de dévitalisation des larves caractérisée en ce que :

- [0031] • ledit équipement de dévitalisation est constitué par un échangeur thermique présentant un circuit primaire avec une entrée pour recevoir un mélange eau et larves provenant d'une cuve de mélange et un circuit secondaire alimenté par un fluide à une température supérieure à 60° voire supérieure à 100°C et de préférence comprise entre 75 et 100°C, pour échauffer ledit mélange ;
- la sortie dudit circuit primaire débouchant dans un équipement de séparation des larves et de l'eau ;
 - l'eau étant ensuite purifiée pour retirer le frass résiduel ;
 - ladite installation comportant un circuit hydraulique pour réinjecter en totalité ou en partie l'eau purifiée dans le circuit d'alimentation de ladite cuve de mélange.

[0032] Avantageusement, ledit équipement de séparation des larves et du frass comporte une toile filtrante à mailles de dimension périodiquement variables.

[0033] Selon une variante, l'installation comporte un tapis de pesage transportant les larves entre ledit équipement de séparation des larves et du frass par tamisage et ladite cuve de mélange.

[0034] Description détaillée d'un exemple non limitatif de réalisation

[0035] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui va suivre de l'invention, description donnée à titre d'exemple uniquement, se référant aux dessins annexés sur lesquels :

[0036] [Fig.1] la [Fig.1] représente le diagramme des traitements objets de l'invention.

Principe général de l'invention

[0037] L'invention est basée sur une étape de dévitalisation douce et rapide préservant

l'intégrité biologique des larves, limitant la maltraitance animale et optimisant le coût énergétique des traitements pour produire des éléments nutritifs d'intérêt de qualité avec peu de pertes. En effet, cette étape de dévitalisation induit un lavage « automatique » des larves qui augmente la qualité de la protéine car la masse sèche venant du frass est drastiquement réduite.

- [0038] Les larves fraîches sont produites dans la zone d'élevage. L'objet de la présente invention concerne la dévitalisation, la zone de dévitalisation est considérée comme étant dans la zone d'élevage dans l'agrément sanitaire. Après la dévitalisation, la suite du process se fait dans la zone de transformation dans laquelle seuls des animaux abattus peuvent entrer et qui doit être physiquement séparée de la zone d'élevage et de dévitalisation.
- [0039] Les larves évoluent et grandissent directement dans leur substrat d'élevage, dans les modules multi-étagés. Au cours de la croissance des larves, le substrat est consommé par les larves et le milieu d'élevage évolue progressivement vers du frass. Lorsque les larves ont atteint leur taille et leur âge optimaux pour leur profil nutritionnel et lorsque le milieu d'élevage est prêt à être tamisé, les modules multi-étagés sont vidés par retournement et le contenu est convoyé vers une zone de triage par des convoyeurs à chaîne. Les larves et leur frass sont donc transférés depuis un retourneur automatique vers une trémie située au-dessus d'un tamis séparateur.
- [0040] La [Fig.1] représente l'architecture fonctionnelle des traitements appliqués au contenu des modules multi-étagés de croissances de larves de mouche soldat noire *Hermetia Illucens*.
- [0041] Un poste d'alimentation (1) assure le transfert du contenu des modules multi-étagés de croissance vers la chaîne de dévitalisation des larves vivantes. Ce contenu est constitué par un mélange de larves vivantes et de frass. Le frass correspond au milieu de culture et contient donc en outre des déjections d'insectes, ainsi que le reste du substrat non consommé par les larves.
- [0042] Ce mélange est déversé sur un tamis (2) assurant la séparation par une maille filtrante vibrante par discrimination en fonction de la granulométrie. Les particules les plus fines, à savoir les particules de frass pulvérulentes, tombent par gravité pour être récupérées par un traitement de valorisation (10) en vue d'une utilisation par exemple comme fertilisant destiné à des exploitations agricoles. Les particules les plus grosses, à savoir les larves et les éventuelles boulettes ou plaques de frass agglomérées, sont transférées sur un tapis peseur (3) permettant de déterminer la masse de larves à traiter.
- [0043] Un crible circulaire (4) assure une deuxième séparation entre les larves vivantes et les boulettes ou plaques de frass agglomérées. Ces boulettes ou plaques de frass agglomérées sont également récupérées par un traitement de valorisation (10).
- [0044] Après cette deuxième étape de séparation granulométrique, il peut arriver qu'il reste

des particules de frass résiduelles au contact des larves, les larves étant relativement collantes. Les larves vivantes et les particules de frass résiduelles sont ensuite plongées dans une cuve de mélange (5) contenant de l'eau chaude. Le mélange larves vivantes, particules de frass résiduelles et eau est transféré dans un échangeur (6) alimenté par une pompe à membrane pour le porter à une température comprise entre 55°C et 95°C (de préférence entre 55°C et 60°C) afin de dévitaliser les larves. Le mélange larves dévitalisées, particules de frass résiduelles et eau est ensuite déversé sur un tamis-égoutteur (7) séparant les larves dévitalisées qui sont transférées vers un broyeur (8), et les effluents chargés (eau et particules de frass résiduelles) qui sont évacués vers le compartiment sale d'une cuve de décantation (11) visant à séparer les particules de frass résiduelles et l'eau.

[0045] La cuve de décantation est séparée en deux compartiments par une plaque de séparation : le compartiment sale et le compartiment propre. Le frass décante dans le compartiment sale et le contenu du fond du compartiment sale, très chargé en frass, est transféré vers une presse à frass (12) qui permet de séparer les particules de frass et de purifier l'eau. Le frass ainsi récupéré est ensuite transféré vers l'équipement de valorisation (10). L'eau ainsi purifiée dans la presse à frass est envoyée dans la cuve de décantation dans le compartiment propre. L'eau sur le dessus du compartiment sale est suffisamment propre puisque moins chargée en frass, ce dernier ayant décanté. Cette eau du compartiment sale se déverse vers le compartiment propre au-dessus de la plaque de séparation. Une pompe soutire de l'eau depuis le compartiment propre, cette eau propre est alors réinjectée en totalité ou en partie dans la cuve de mélange. Ainsi, les pertes d'eau sont drastiquement limitées et l'eau utilisée est en totalité ou en partie recyclée et réutilisée.

[0046] Les larves dévitalisées et nettoyées provenant du tamis-égoutteur (7) sont transférées dans un broyeur (8) à l'aide d'une pompe à rotor excentré. La pâte ainsi obtenue est ensuite soumise à des traitements additionnels d'hygiénisation et de séparation des composés d'intérêt et en particulier la farine de protéine et l'huile.

[0047] Enjeu du procédé de dévitalisation des larves vivantes et du procédé de transformation

[0048] Ces procédés de dévitalisation et de transformation présentent quatre enjeux principaux.

- [0049] • Extraire le maximum de protéine des larves d'insecte. Ceci implique de maximiser les rendements d'extraction et de valoriser l'ensemble des protéines disponibles. Le rendement d'extraction est défini par le ratio entre la quantité de protéine dans la farine divisée par la quantité de protéine initialement contenue dans les larves.
- Produire une farine de protéine de la meilleure qualité possible. La qualité est

principalement mesurée avec trois critères :

- Le taux de protéine, i.e. la concentration en protéine (typiquement entre 60 et 70%). Ce critère de pureté de la fraction solide de l'extraction nécessite souvent de trouver un compromis avec le rendement d'extraction.
- La digestibilité de la protéine pour les animaux qui vont la consommer. La digestibilité est généralement mesurée in vivo lors de tests R&D en conditions réelles. Des méthodes d'estimation de la digestibilité in vitro existent également. La digestibilité est fortement liée au process de transformation subi par les larves et en particulier le couple temps/température appliqué. Ce couple doit être minimisé pour maximiser la digestibilité (afin d'éviter un effet de « cuisson » des protéines).
- L'appétence de la protéine pour les animaux qui vont la consommer. L'appétence est également mesurée lors de tests in vivo. L'oxydation est un des éléments influençant l'appétence.
- Produire une farine de protéine répondant aux critères bactériologiques réglementaires. Pour un produit innovant comme la protéine ou l'huile d'insecte, la méthode de validation sanitaire est appelée la « Méthode 7 ». Il s'agit de prouver durant 30 lots de production consécutifs que les produits de la ligne de transformation démontrent une absence de *Clostridium Perfringens*, de *Salmonelles* et d'Entérobactéries. L'abattement de ces bactéries est assuré par l'application d'un traitement thermique i.e. d'un couple temps/température. Afin de maximiser l'abattement des bactéries, il faut maximiser ce couple temps/température. Néanmoins, un compromis doit être trouvé entre les contraintes sanitaires et les contraintes de digestibilité.
- Produire des produits compétitifs avec un coût de transformation limité :
 - CAPEX : investissements sur les équipements minimaux ;
 - OPEX : les coûts d'exploitation proviennent principalement des coûts énergétiques liés au procédé de transformation.

[0050] Détails sur la séparation des larves vivantes et des déjections

[0051] Le mélange frass et larves peut être trié par granulométrie sur un tamis-trampoline incliné (2). En effet, le frass est majoritairement constitué d'une poudre humide, de granulométrie de l'ordre du millimètre. Les larves sont assimilables à des cylindres de diamètre entre 3 et 5 mm et de longueur entre 8 et 12 mm. Il est donc pertinent d'utiliser une séparation par granulométrie : un tamis.

[0052] La technologie du tamis utilisé pour séparer les larves du frass est un tamis trampoline. La maille du tamis évolue avec un effet trampoline, c'est-à-dire que la

maille s'étend puis se détend, créant un effet de rebondissement de la matière. Ce tamis est particulièrement adapté à des matières colmatantes comme le frass qui est une matière poudreuse à une humidité variable entre 40 et 60%HR.

[0053] Les toiles de criblage sont constituées d'un maillage avec des mailles d'environ 30mm de long et d'une largeur comprise entre 2 et 4mm. L'effet trampoline du tamis produit une légère déformation des mailles évitant que les mailles ne se bouchent ainsi que la formation de croute. Ces toiles sont entraînées dans un caisson par un arbre excentrique et le caisson est fermé par un capotage. Une écluse au fond de la trémie en amont de ce tamis permet de répartir le mélange larves et frass uniformément sur toute la largeur du tamis.

[0054] Les larves restent au-dessus de la maille et parcourent le tamis sur toute sa longueur. Le frass pulvérulent passe au travers de la maille progressivement en parcourant la longueur du tamis. Le frass est collecté sous le tamis et est valorisé à part.

[0055] La largeur, la longueur, l'inclinaison et la taille des mailles du tamis sont choisies pour :

- [0056] • assurer le traitement du débit instantané nominal de matière entrante (larves et frass) ;
- assurer la meilleure séparation possible entre les larves et le frass.

[0057] Sur des équipements comme les tamis, il y a souvent un compromis à faire entre pureté et rendement. Il y a également une fraction à privilégier. En effet, plus la fraction de larves sera pure, plus il y aura de risques d'avoir des larves dans le frass. A l'inverse, si le rendement (quantité de larves) est privilégié, alors il faut éviter que des larves passent dans le frass. Le choix fait est de favoriser le rendement (quantité de larves) et la pureté du frass.

Etape tapis de pesage (3)

[0058] Les larves tamisées sont collectées sur un tapis peseur (3) positionné perpendiculairement au tamis (2). Ainsi les larves qui tombent en bout de tamis sur toute la largeur du tamis (2) sont collectées sur un tapis-peseur (3). Le tapis peseur (3) est équipé de pesons qui permettent de mesurer le débit de larves circulant sur le tapis. Cela permet de superviser la performance de l'élevage : il est alors possible de relier un débit et un temps de tamisage à un lot de modules multi-étagés d'élevage retournés. Ensuite, il est possible de calculer la biomasse produite sur ce lot de modules. En corrélant cette donnée à différentes données de production sur la zone d'élevage, des indicateurs de performance tels que le rendement moyen par module et le taux de conversion des matières nutritives utilisées pour l'élevage de larves sont calculés.

[0059] La mesure du débit est également importante pour la suite du process.

Etape et équipement de purification (4)

- [0060] Au cours de la croissance des larves dans la zone d'élevage, le substrat peut évoluer de différentes façons en fonction de plusieurs paramètres tels que :
- [0061] • les flux aérauliques dans la zone de stockage ;
 • l'humidité et la température ambiantes à proximité des modules ;
 • l'âge des larves au début de leur mise en module ;
 • le nombre de larves dans les modules ;
 • la composition des matières premières constituant le substrat.
- [0062] Même si ces paramètres sont contrôlés aussi finement que possible, il peut arriver que le substrat n'évolue pas systématiquement de la même façon en fonction de ces paramètres. Il se peut que le substrat évolue en créant des plaques ou des grosses boulettes de frass. Ces boulettes sont impossibles à éliminer dans la première étape de séparation (tamisage via le tamis trampoline) car elles ont une taille supérieure ou égale à la taille des larves. Dans le cas des plaques ou croûtes de frass, le constat est similaire : elles ne passent pas à travers les perforations de la maille et se retrouvent dans la fraction larves. C'est pourquoi une seconde étape de purification est prévue pour séparer les larves des éléments non souhaités qui sont de taille supérieure aux larves.
- [0063] Il s'agit d'une seconde séparation granulométrique. On utilise un crible circulaire avec une maille plus importante que la taille des larves. Les larves passent au travers de cette maille et les grosses particules restent au-dessus de la maille et sont éliminées sur le côté du crible circulaire.
- [0064] La séparation entre les larves et les grosses particules est positionnée en aval du premier tamis trampoline qui permet d'éliminer le frass pulvérulent car le débit entrant dans ce second crible est significativement réduit et permet de limiter la taille et le coût de l'équipement. En effet, la quantité de frass pulvérulent est très supérieure à la quantité de frass sous forme de plaques ou de boulettes.
- [0065] Procédé et équipement de dévitalisation des larves (5, 6)
- [0066] Les larves tombent gravitairement du crible circulaire dans une cuve de mélange (5) parallélépipédique. Les larves sont mélangées à de l'eau dans une proportion contrôlée en fonction du débit de larves mesuré sur le tapis peseur. L'eau est utilisée pour plusieurs raisons.
- [0067] En premier lieu, l'eau sert de vecteur de transport pour permettre de manipuler et transférer les larves plus facilement par pompage vers les étapes suivantes du process.
- [0068] L'eau sert aussi de vecteur thermique pour dévitaliser les larves thermiquement et s'assurer ainsi que 100% des larves auront été dévitalisées.
- [0069] L'eau sert également à finir de nettoyer les larves et constitue une troisième étape de purification. En effet, les larves sont relativement humides en surface et des « grains » de frass peuvent se retrouver collés à leurs surfaces. Dans ce cas, l'étape de tamisage

par le tamis trampoline n'est pas efficace car ce frass collé reste solidaire des larves. Dans de l'eau, le frass peut se décoller et passer en phase aqueuse.

- [0070] Sous la cuve de mélange, une pompe à membrane permet de transférer le mélange larves et eau vers l'échangeur de dévitalisation (6). La technologie de pompe choisie permet de maintenir les larves en toute intégrité et de ne pas les endommager dans cette étape de transfert.
- [0071] La pompe à membrane permet de faire circuler les larves jusqu'à l'échangeur de dévitalisation et également à travers l'échangeur de dévitalisation. L'étape de dévitalisation des larves est assurée par traitement thermique à une température sélectionnable entre 55°C et 95°C. L'échangeur choisi est un échangeur doubles tubes concentriques. Le mélange larves et eau circule dans le tube intérieur. De l'eau chaude circule dans le tube concentrique extérieur apportant l'énergie requise pour faire monter la température du mélange larves et eau, sans contact entre l'eau chaude et le mélange larves et eau.
- [0072] La longueur de l'échangeur est déterminée pour assurer la montée en température à débit nominal. L'eau chaude peut provenir de deux réseaux différents :
- [0073] • un réseau d'eau à 60°C ;
• un réseau d'eau surchauffée entre 105 et 120°C.
- [0074] A la sortie de l'échangeur de dévitalisation, le mélange larves et eau est passé dans un tamis égoutteur (7) plan incliné. La séparation est ici très facile car il s'agit de séparer les larves de l'eau chaude dans laquelle les larves ont été dévitalisées. L'eau passe à travers les mailles du tamis plan. L'eau emporte également le frass résiduel qui a été emporté en nettoyant les larves. Les larves dévitalisées restent au-dessus de la maille du tamis plan et sont dirigées vers la prochaine étape du process : le broyage.
- [0075] L'eau chargée en frass séparée des larves dévitalisées est collectée dans le compartiment sale d'une cuve de décantation. Cette cuve, qui permet de séparer l'eau des particules de frass résiduelles, est séparée en deux compartiments par une plaque de séparation : le compartiment sale et le compartiment propre. Le frass décante dans le compartiment sale et le contenu du fond du compartiment sale, très chargé en frass, est transféré vers une presse à frass (12) qui permet de séparer les particules de frass et de purifier l'eau. Le frass ainsi récupéré est ensuite transféré vers l'équipement de valorisation (10). L'eau ainsi purifiée dans la presse à frass est envoyée dans la cuve de décantation dans le compartiment propre. L'eau sur le dessus du compartiment sale est suffisamment propre puisque moins chargée en frass, ce dernier ayant décanté. Cette eau du compartiment sale se déverse vers le compartiment propre au-dessus de la plaque de séparation. Une pompe permet de soutirer de l'eau depuis le compartiment propre de la cuve pour la réinjecter en totalité ou en partie dans la cuve de mélange. Ceci permet de :

- [0076] • limiter la consommation d'eau ;
 - limiter la consommation d'énergie. L'eau est en effet encore chaude quand elle est recyclée, ce qui permet de limiter les besoins énergétiques requis par l'échangeur de dévitalisation.
- [0077] Pour alimenter la presse à frass (12), une pompe permet de transporter l'eau sale depuis le compartiment sale de la cuve de décantation vers la presse d'extraction de frass. Le piquage alimentant la pompe est judicieusement choisi à l'endroit où la concentration en frass est la plus élevée et où l'eau est la plus sale. La pompe alimente la presse à frass qui extrait les particules de frass par pressage de l'eau contre un tamis. Le frass est ensuite transféré vers l'équipement de valorisation du frass (10) et l'eau est purifiée. Le frass est bien essoré avec la presse et sort à une humidité d'environ 40 à 50%. Peu d'eau est donc perdue.
- [0078] Par ailleurs, le bilan matière de l'eau est ajusté. En effet, une faible proportion d'eau est perdue dans la succession de traitement.
- [0079] • L'égouttage des larves via le tamis égoutteur n'est pas parfait : une faible fraction d'eau est évacuée avec les larves et sort donc du circuit.
- Les températures pouvant être élevées, une faible fraction d'eau est évaporée, notamment au niveau du tamis égoutteur où le mélange larves dévitalisées et eau est projeté sur la maille du tamis.
 - Lors de la purification de l'eau dans la presse à frass, selon l'efficacité de la presse, une faible quantité d'eau est également évacuée dans le frass.
 - En supplément de la purification de l'eau par extraction du frass, une déconcentration permet de renouveler l'eau dans laquelle les larves sont dévitalisées pour éviter qu'elle ne sur-concentre dans la cuve de mélange. Une vanne de purge en fond du compartiment propre dans la cuve de décantation est ouverte durant x secondes toutes les y minutes (x et y étant des paramètres réglables). L'appoint d'eau propre du réseau est ensuite automatiquement effectué une fois la vanne de purge fermée. La déconcentration est essentiellement utilisée pour évacuer les particules de frass qui sont complètement diluées dans l'eau et qui sont très difficiles à éliminer par la presse.
- [0080] Le bilan matière est ajusté en maintenant un niveau constant dans la cuve de séparation. Si trop d'eau est perdue, alors le niveau aura tendance à diminuer. Un apport d'eau propre à 55°C dans le compartiment propre de la cuve de séparation est alors déclenché pour compléter. A l'inverse s'il y a trop d'eau dans le circuit, une purge de l'eau dans le compartiment sale est réalisée pour rétablir le bon bilan matière d'eau.

Etape et équipement de broyage (8)

- [0081] Les larves dévitalisées par traitement thermique et égouttées dans le tamis égoutteur sont ensuite collectées en sortie du tamis égoutteur dans une trémie qui gave une

pompe à rotor excentré. La pompe est une pompe monobloc, en montage horizontal. La pompe pousse les larves dévitalisées entières dans un broyeur dilacérateur. Les larves sont alors broyées en plusieurs morceaux. Après broyage le produit change de consistance et devient une pâte granuleuse.

[0082] La zone de dévitalisation et la zone de transformation sont séparées par un mur pour des contraintes réglementaires. En sortie de broyage, les larves dévitalisées et broyées traversent le mur séparant les deux zones. Les larves passent dans un second broyeur de la même technologie que le broyeur de la zone de dévitalisation.

[0083] La fonction de ce second broyeur est d'assurer une taille de particule maximale. Les larves sont ensuite transférées dans un bac de lancement, c'est-à-dire une petite cuve de 4 m³ agitée qui permet de faire un tampon entre les zones d'élevage, tamisage et dévitalisation et la zone d'hygiénisation et de traitements additionnels.

Revendications

- [Revendication 1] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, comportant :
- une étape de séparation des larves et du frass ;
 - une étape de dévitalisation des larves ;
- Caractérisée en ce que
- ladite étape de dévitalisation comprend une immersion desdites larves dans de l'eau à une température supérieure à 50°C ;
 - ladite étape de dévitalisation étant suivie par une étape de séparation des larves et de l'eau.
- [Revendication 2] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les larves sont préalablement plongées dans une cuve d'eau avant de faire circuler le mélange eau et larves dans un échangeur de chaleur pour échauffer ledit mélange à une température comprise entre 55°C et 95°C et de préférence entre 55°C et 60°C pendant une durée comprise entre 2 et 15 minutes.
- [Revendication 3] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'eau utilisée est purifiée pour enlever les particules de frass résiduelles puis réinjecté en totalité ou en partie dans la cuve de mélange.
- [Revendication 4] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de broyage des larves après l'immersion dans de l'eau chaude et après séparation des larves et de ladite eau chaude.
- [Revendication 5] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de séparation des larves et du frass est réalisée par granulométrie en deux étapes : une première étape pour séparer les larves des particules de frass dont la taille est inférieure à la taille des larves puis une deuxième étape pour séparer les larves des boulettes ou plaques de frass dont la taille est supérieure à la taille des larves.
- [Revendication 6] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment

de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 5 caractérisé en ce que ladite première étape de séparation des larves et des particules de frass dont la taille est inférieure à la taille des larves est réalisée par un premier équipement comportant une toile filtrante à mailles de dimension périodiquement variables.

- [Revendication 7] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 5 caractérisé en ce que ladite deuxième étape de séparation des larves et des boulettes ou plaques de frass est réalisée par un crible circulaire.
- [Revendication 8] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'étape de dévitalisation constitue une dernière étape de séparation des larves et du frass par un traitement additionnel en phase aqueuse.
- [Revendication 9] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 1, 5, 6, 7 ou 8 caractérisé en ce que ladite ou lesdites étapes de séparation des larves et du frass comportent la récupération du frass et le transfert vers un équipement de valorisation dudit frass.
- [Revendication 10] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 2 caractérisé en ce que ladite étape de dévitalisation des larves est assurée par un traitement thermique à une température sélectionnable entre 55°C et 95°C via un échangeur doubles tubes concentriques dans lequel le mélange larves et eau circule dans le tube intérieur et dans lequel l'eau chaude circule dans le tube concentrique extérieur.
- [Revendication 11] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication précédente caractérisé en ce que ledit échangeur thermique est alimenté en eau chaude par une première source d'eau chaude à une température inférieure à 100°C et/ou par une seconde source d'eau surchauffée à une température supérieure à 100°C.
- [Revendication 12] - Procédé de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes, selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte, après l'étape de dévitalisation, une étape de récupération de l'eau chaude chargée en frass dans laquelle les larves ont été dévitalisées via un tamis égoutteur.
- [Revendication 13] – Installation de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes comportant un équipement de

séparation des larves et des déjections par tamisage, et un équipement de dévitalisation des larves

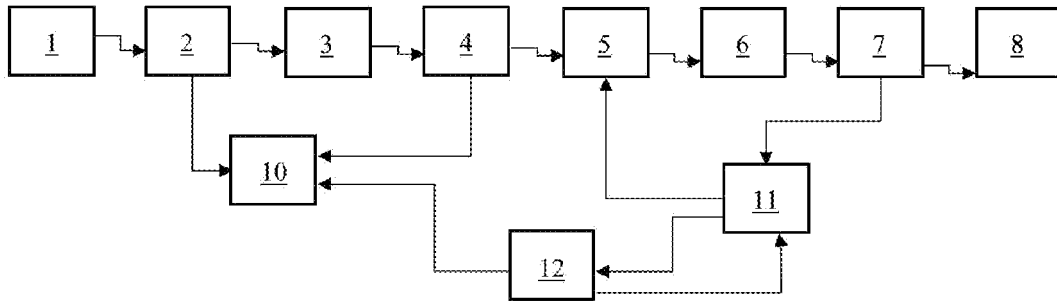
Caractérisée en ce que :

- ledit équipement de dévitalisation est constitué par un échangeur thermique présentant un circuit primaire avec une entrée pour recevoir un mélange eau et larves provenant d'une cuve de mélange et un circuit secondaire alimenté par un fluide à une température supérieure à 60°C pour échauffer ledit mélange ;
- la sortie dudit circuit primaire débouchant dans un équipement de séparation des larves et de l'eau ;
- l'eau étant ensuite purifiée pour retirer le frass résiduel ;
- ladite installation comportant un circuit hydraulique pour réinjecter en totalité ou en partie l'eau purifiée dans le circuit d'alimentation de ladite cuve de mélange.

[Revendication 14] – Installation de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes selon la revendication 13 caractérisée en ce que ledit équipement de séparation des larves et du frass comporte une toile filtrante à mailles de dimension périodiquement variables.

[Revendication 15] – Installation de traitement industriel de larves d'arthropodes, et notamment de larves d'insectes vivantes selon la revendication 13 caractérisée en ce qu'elle comporte un tapis de pesage transportant les larves entre ledit équipement de séparation des larves et du frass par tamisage et ladite cuve de mélange.

[Fig. 1]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE PARTIEL

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 904669

FR 2114495

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 7 429 398 B1 (SIPE WILLIAM ANDREW [US]) 30 septembre 2008 (2008-09-30) * colonne 5, ligne 60 - colonne 7, ligne 48; revendications *	1, 2	A23K10/20 A23J1/02 A23L3/22
X	WO 2016/108036 A1 (YNSECT [FR]) 7 juillet 2016 (2016-07-07)	1-4, 10-12	
Y	* page 6, ligne 3 - page 7, alinéa 3; exemple 1 *	5-11	
Y	DE 10 2020 005146 A1 (HERMETIA BARUTH GMBH [DE]) 25 février 2021 (2021-02-25) * page 11, alinéa [0107] - alinéa [0111]; revendications *	5-8	
Y	US 8 025 027 B1 (MORALES-RAMOS JUAN A [US] ET AL) 27 septembre 2011 (2011-09-27) * colonne 2, ligne 55 - colonne 4, alinéa 34; figure 2 *	5-9	
Y	GB 2 548 386 A (ALKYMAR AS [NO]) 20 septembre 2017 (2017-09-20) * page 23, ligne 4 - ligne 19 * * page 3, ligne 15 *	10, 11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) A23J A01K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 août 2022		Smeets, Dieter	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B

Numéro de la demande

FA 904669
FR 2114495

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-12

Procédé de traitement de larves d'arthropodes comportant i) une étape de séparation de larves et du frass, ii) une étape de dévitalisation par immersion dans de l'eau à une température supérieure à 50°C, iii) suivie par une étape de séparation des larves et de l'eau.

2. revendications: 13-15

Installation de traitement industriel de larves d'arthropodes comportant i) un équipement de séparation des larves et des déjections par tamisage, ii) un équipement de dévitalisation et iii) un circuit hydraulique pour réinjecter de l'eau purifiée

La première invention a été recherchée.

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2114495 FA 904669**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-08-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7429398	B1	30-09-2008	AUCUN	
WO 2016108036	A1	07-07-2016	AU 2015373266 A1	03-08-2017
			BR 112017014343 A2	02-01-2018
			CA 2970720 A1	07-07-2016
			CL 2017001751 A1	23-03-2018
			CN 107257632 A	17-10-2017
			DK 3240436 T3	10-08-2020
			EA 201700336 A1	30-11-2017
			EC SP17043318 A	29-09-2017
			EP 3240436 A1	08-11-2017
			ES 2806145 T3	16-02-2021
			HK 1246097 A1	07-09-2018
			HU E050257 T2	30-11-2020
			JP 6976852 B2	08-12-2021
			JP 2018500043 A	11-01-2018
			KR 20170103842 A	13-09-2017
			MA 41067 A	08-11-2017
			PE 20171076 A1	03-08-2017
			PL 3240436 T3	28-12-2020
			SG 11201705395S A	30-08-2017
			US 2017354178 A1	14-12-2017
			WO 2016108036 A1	07-07-2016
DE 102020005146	A1	25-02-2021	AUCUN	
US 8025027	B1	27-09-2011	AUCUN	
GB 2548386	A	20-09-2017	BR 112018068357 A2	15-01-2019
			CL 2018002613 A1	28-12-2018
			CN 109328102 A	12-02-2019
			DK 3429735 T3	18-10-2021
			EC SP18069342 A	30-09-2018
			EP 3429735 A2	23-01-2019
			ES 2894371 T3	14-02-2022
			GB 2548386 A	20-09-2017
			LT 3429735 T	27-12-2021
			MA 43867 A	26-05-2021
			PL 3429735 T3	07-02-2022
			PT 3429735 T	26-10-2021
			RU 2018132417 A	17-04-2020
			US 2019381468 A1	19-12-2019
			WO 2017158188 A2	21-09-2017
			ZA 201806107 B	31-07-2019