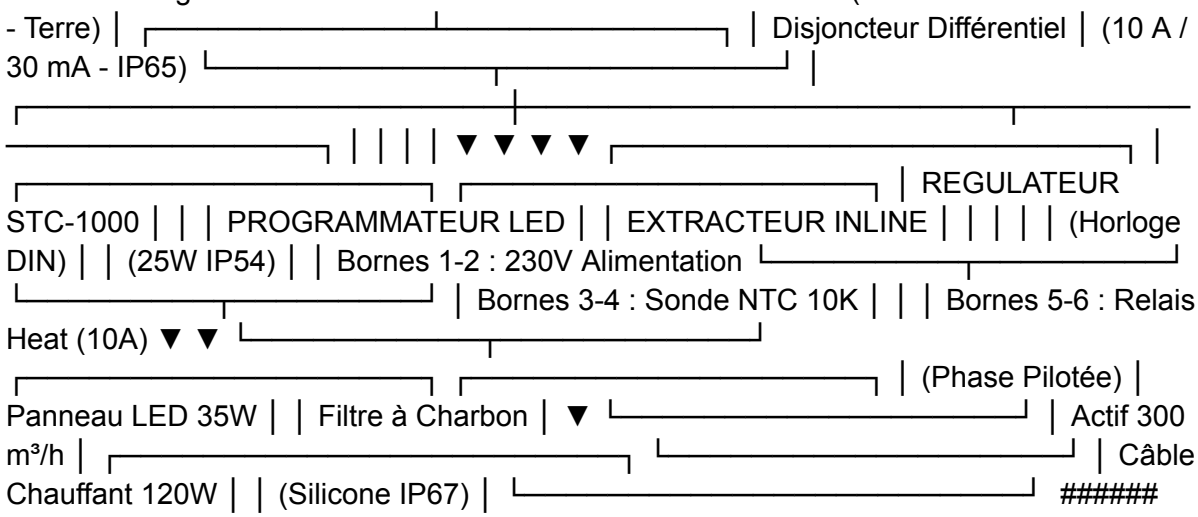
Guide d'Élevage Pas-à-Pas et Résolution de Problèmes — InsectoBox Studio (BSF Smart Breeding) ##### 1. Introduction & Principe d'Élevage en Boucle Fermée L'InsectoBox Studio est une unité modulaire automatisée conçue pour la bioconversion continue en boucle fermée via l'élevage de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*). Ce système exploite scientifiquement les tropismes et comportements instinctifs de l'insecte à chaque stade de son développement ontogénique : accouplement, oviposition, incubation, conversion métabolique et nymphose. L'installation s'articule autour de quatre zones fonctionnelles interconnectées, assurant la transition entre les stades biologiques sans manipulation manuelle intempestive ni rupture du cycle de production : 1. **Zone 1 (Volière de reproduction & ponte)** : Enceinte haute luminosité et régulée en température, dédiée à la parade nuptiale, à l'accouplement des imagos et à la collecte stérile des œufs. 2. **Zone 2 (Nurserie & incubation)** : Compartiment étanche d'incubation maintenant une hygrométrie élevée pour l'éclosion des œufs et le démarrage des jeunes larves (*néonates*). 3. **Zone 3 (Production & bioconversion)** : Unité centrale d'engraissement larvaire équipée d'un système d'auto-récolte par migration pré-pupale et d'un drain de fond pour lixiviats. 4. **Zone 4 (Métamorphose & émergence)** : Caisson obscur de pupaison, relié à la volière par un conduit de retour guidé par phototropisme positif. Pour garantir une cinétique de croissance optimale, l'enceinte globale doit maintenir des paramètres environnementaux stricts : une **température cible de $26\text{ à }30\text{ °C}$** et une **humidité relative ambiante de $60\text{ à }70\%\text{ HR}$** . Ce procédé d'upcycling biothermique permet de transformer les résidus organiques en une biomasse animale à haute valeur protéique et lipidique, titrant jusqu'à **$42\%\text{ de protéines}$** et **$35\%\text{ de matières grasses}$** (riche en acide laurique, acides aminés essentiels et calcium). Le rendement nominal de conversion s'établit à un ratio moyen de **$1\text{ kg}\text{ de larves}$ pour $5\text{ kg}\text{ de biodéchets}$ valorisés** . Point Clé : Dans les climats tempérés ou froids (ex. exploitation en garage, hangar ou local non chauffé durant l'hiver en Belgique ou dans le nord de l'Europe), l'installation exige un niveau d'isolation thermique renforcé (panneaux de polyuréthane ou polystyrène extrudé sur l'ensemble des parois, portes et

plafonds). Cette isolation est indispensable pour maintenir la consigne interne de 27 °C via le câble chauffant de 120 W , limiter le choc thermique périphérique et prévenir la condensation massive d'eau sur les parois chaudes. ##### 2. Guide Pas-à-Pas du Cycle de Reproduction (Les 4 Zones) CYCLE EN BOUCLE FERMÉE +--+ | | v | +------------+ +------------+ +------------+ +------------+ | (Gaine | ZONE 1 | ----> | ZONE 2 | ----> | ZONE 3 | | d'émergence) | Volière | (Tiroir| Nurserie | (Chute|Bioconversion | | (Adultes) | ponte)| (Œufs) | larves)| (Larves) | | +------------+ +------------+ +------------+ +------------+ | | | v (Rampe) | +------------+ | | ZONE 4 | ----+ |Métamorphose| +------------+ ###### 2.1. Étape 1 : Zone 1 — Volière de Reproduction & Ponte (Adultes) * **Durée de cette phase : $5\text{ à }8\text{ jours}$** (pouvant s'étendre de $10\text{ à }14\text{ jours}$ selon la température ambiante). * **Consignes et Aménagements :** * **Structure :** Cage d'accouplement cubique (dimension type $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$) fermée par une moustiquaire synthétique à mailles très fines (résistante aux ultraviolets) pour proscrire toute évasion des imagos. * **Éclairage horticole :** Fixer un panneau LED horticole plein spectre (**$30\text{–}35\text{ W}$** , $4000\text{–}6500\text{ K}$) en partie supérieure, asservi à un programmateur horaire réglé sur une photopériode de **$12\text{ à }14\text{ heures par jour}$** . La stimulation lumineuse directe est le déclencheur indispensable de la parade nuptiale. * **Hydratation :** Installer un abreuvoir sécurisé anti-noyade (coupelle garnie d'une éponge synthétique dense ou de billes d'argile imbibées d'eau propre). Les adultes possédant des pièces buccales atrophiées ne consomment aucune nourriture solide ; la mise à disposition permanente d'eau est leur unique besoin physiologique. * **Protocole de ponte (Oviposition) :** Suspendre des supports de ponte constitués de languettes de **carton ondulé sec** (dont les cavités alvéolaires offrent une profondeur d'oviposition idéale) directement au-dessus d'un bac récepteur contenant un substrat attractif fortement odorant (biodéchets en fermentation humide). Prélever les cartons de ponte tous les **$1\text{ à }2\text{ jours}$** pour préserver la viabilité des pontes. ###### 2.2. Étape 2 : Zone 2 — Nurserie & Incubation (Œufs) * **Durée de cette phase : $3\text{ à }4\text{ jours}$** sous une température maintenue strictement entre **$27\text{ et }30\text{ °C}$** . *

Consignes et Aménagements : * **Transfert sécurisé :** Extraire les alvéoles de carton garnies d'œufs depuis la Zone 1 via le tiroir/glissière de ponte étanche. Ce mécanisme à guillotine permet l'extraction sans ouvrir le volume de la volière, éliminant tout risque de fuite d'adultes. * **Positionnement & Alignement vertical :** Positionner la Zone 2 directement au-dessus du bac de bioconversion (Zone 3) ou la relier par une trémie/goulotte d'éclosion verticale. Suspendre les supports de carton ondulé au-dessus d'un substrat de démarrage très fin, riche et humidifié (moulée pour poussins ou biodéchets finement mixés). * **Règle d'or de l'incubation :** Les supports de carton doivent rester **strictly secs** pour éviter le feutrage mycélien (moisissures) ou l'asphyxie de l'embryon. Le substrat sous-jacent maintient une humidité relative de **$60\text{ à }70\%\text{ HR}$** . À l'éclosion, les jeunes larves néonates chutent immédiatement par gravité à travers la trappe directement dans le substrat de démarrage de la Zone 3. ###### 2.3. Étape 3 : Zone 3 — Production & Bioconversion (Larves) * **Durée de cette phase : $12\text{ à }18\text{ jours}$** à température optimale (extensible à $3\text{–}6\text{ semaines}$ en cas de sous-alimentation ou de baisse thermique). * **Consignes et Aménagements :** * **Paramètres opératoires :** Maintenir le cœur du compost à **27 °C** avec une humidité du substrat comprise entre **$60\text{ et }70\%\text{ HR}$** (matériau grumeleux, souple au toucher, ne libérant aucune goutte d'eau sous pression manuelle). * **Plan de rationnement :** Incorporer environ **$100\text{ g}\text{ de biodéchets broyés par jour}$ pour $1\ 000\text{ larves}$** . Limiter la hauteur de couche entre **$10\text{ et }20\text{ cm}$** afin de prévenir les fermentations anaérobies et la surchauffe métabolique. * **Auto-récolte par migration pré-pupale :** Utiliser la rampe d'auto-récolte inclinée selon un angle de **$30\text{ à }40^\circ$** (valeur nominale **35°**), munie de tasseaux ou de bandes antidérapantes. * **Hygiène de la rampe :** La lèvre supérieure et la surface de la rampe de migration doivent rester **strictement sèches et dégagées de tout résidu de compost** . Cela garantit que les prépupes en migration grimpent proprement sans transporter de boue organique liquide (*slurry*) dans le conduit de collecte. * **Gestion des lixiviats (Drainage de fond) :** La bioconversion générant d'importants fluides métaboliques, le bac de la Zone 3 doit intégrer un plancher perforé en acier inoxydable/plastique couplé à un bac récepteur inférieur et une

vanne de purge de fond. Ce système évite le détrempage du compost et le pourrissement anaérobie. ####### 2.4. Étape 4 : Zone 4 — Métamorphose & Émergence (Prépupes & Pupes) * **Durée de cette phase : $7\text{ à }14\text{ jours}$** (dépendante de la température ambiante). * **Consignes et Aménagements :** * **Aménagement du bac de pupaison :** Installer un bac opaque, sombre et peu profond, garni d'une couche d'environ **$5\text{ cm}\text{ de substrat meuble et légèrement humide}$** (fibre de coco, tourbe ou sciure de bois propre exempt de résine). Proscrire l'immersion ou les chocs mécaniques. * **Gaine d'émergence & Phototropisme :** La Zone 4 est maintenue dans l'obscurité totale. Un manchon/gaine d'émergence transparent relie la partie supérieure de la Zone 4 à la partie basse éclairée de la Zone 1 (Volière). Guidées par leur phototropisme positif dès l'achèvement de leur nymphose, les nouvelles mouches imagos s'envolent spontanément à travers cette gaine pour réintégrer la Volière et fermer la boucle biologique. ##### 3. Calendrier et Protocole d'Entretien Régulier | Fréquence | Opérations d'Entretien & Contrôles Techniques | Détails & Instructions d'Intervention | | ------ | ------ | ------ | | **Quotidien** | • Contrôle climatique centralisé

• Collecte des pontes (Zone 1 $\rightarrow$ Zone 2)• Rationnement larvaire (Zone 3)• Inspection du collecteur d'auto-récolte | 1. Relever la température et l'hygrométrie sur le STC-1000 ($27\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, $60\text{–}70\%\text{ HR}$).2. Glisser le tiroir de ponte pour transférer les cartons d'œufs vers la Zone 2.3. Distribuer la ration de biodéchets broyés (100 g/j par $1\ 000\text{ larves}$, épaisseur $<20\text{ cm}$).4. Vérifier le flux de prépupes tombant dans la Zone 4 et contrôler la propreté de la rampe. | | **Hebdomadaire** | • Humidification du lit de pupaison (Zone 4)• Nettoyage de l'abreuvoir imagos (Zone 1)• Purge des lixiviats (Zone 3)• Purge des condensats aérauliques | 1. Pulvériser de l'eau claire sur le lit de coco (5 cm) en Zone 4 pour maintenir une très faible humidité.2. Désinfecter ou remplacer l'éponge d'hydratation en Zone 1 pour bloquer la prolifération bactérienne.3. Ouvrir la vanne de purge inférieure de la Zone 3 pour évacuer les lixiviats accumulés.4. Dévisser le tampon de visite PVC $\varnothing 100\text{ mm}$ en bas de colonne de ventilation pour vidanger l'eau de condensation. | | **Bimensuel / Mensuel** | • Renouvellement des supports d'oviposition• Extraction du frass / compost larvaire• Maintenance aéraulique & filtration | 1. Remplacer les alvéoles de carton ondulé déformées ou imbibées par l'humidité ambiante.2. Soutirer le frass stabilisé (compost d'insectes) en fond de Zone 3 pour rétablir la hauteur utile.3. Inspecter l'extracteur Inline 25 W et mesurer la saturation du filtre à charbon actif (remplacement si odeurs). | ##### 4. Matrice des Consignes Climat, Électricité & Aéraulique par Zone ###### 4.1. Matrice des Consignes Environnementales par Zone | Zone | Stade Biologique | Température Cible | Humidité Relative | Éclairage / Photopériode | Ventilation / Extraction | | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | | **Zone 1** | Adultes (Imagos) | $26\text{–}30\text{ °C}$ | $60\text{–}70\%\text{ HR}$ (ambiant) | LED horticole ($30\text{–}35\text{ W}$), **$12\text{–}14\text{ h/j}$** | Flux de

renouvellement d'air propre modéré | | **Zone 2** | Œufs / Néonates | $27\text{–}30\text{ °C}$ | $60\text{–}70\%\text{ HR}$ (substrat) / Cartons **secs** | Pénombre / Obscurité | Extractions régulée (maintien hygrométrique) | | **Zone 3** | Larves / Bioconversion | 27 °C | $60\text{–}70\%\text{ HR}$ (substrat humide) | Obscurité totale | **Extraction prioritaire maximale** (évacuation eau/ammoniac) | | **Zone 4** | Prépupes / Pupes | $25\text{–}27\text{ °C}$ | Substrat 5 cm **légèrement humide** | Obscurité totale | Faible balayage / Air sec de renouvellement | ###### 4.2. Bilan Électrique Quantitatif (230 V AC) Le dimensionnement électrique est calculé pour une installation isolée opérant dans un local peu chauffé (ex. garage en hiver dans un climat tempéré/froid). | Équipement / Poste | Puissance Nominale (P_{nom}) | Régime / Cycle d'Utilisation | Puissance Moyenne (P_{moy}) | Consommation Journalière | | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | | **Câble chauffant silicone IP67** | 120 W | Thermostaté ($\sim 50\%$ du temps) | 60 W | $1,44\text{ kWh/jour}$ | | **Éclairage LED Horticole (Zone 1)** | 35 W | Programmé ($12\text{ h à }14\text{ h/jour}$) | 18 W | $0,44\text{ kWh/jour}$ | | **Extracteur de gaine Inline** | 25 W | Permanent (24 h/24) | 25 W | $0,60\text{ kWh/jour}$ | | **Automatisme (STC-1000 & Timer)** | 5 W | Permanent (24 h/24) | 5 W | $0,12\text{ kWh/jour}$ | | **TOTAL GÉNÉRAL** | **215 W (Crête)** | — | **108 W (Moyenne)** | **$\approx 2,60\text{ kWh/jour}$** | * **Intensité maximale consommée (Crête) :** $I_{\text{max}} = \frac{215\text{ W}}{230\text{ V}} \approx \mathbf{0,93\text{ A}}$ * **Coût d'exploitation estimé** (base $0,30\text{ €/kWh}$) : environ **$0,78\text{ €/jour}$** ($\approx 23,50\text{ €/mois}$). ###### 4.3. Schéma Électrique & Pinout du Régulateur STC-1000 

Pinout Explicite du Contrôleur STC-1000 : * **Bornes 1 & 2 :** Alimentation système 230 V AC (Borne 1 = Phase L , Borne 2 = Neutre N). * **Bornes 3 & 4 :** Raccordement de la sonde de température étanche NTC 10K (positionnée au cœur de la cabine, entre Zone 2 et Zone 3). * **Bornes 5 & 6 :** Contact sec du relais de chauffage (*Heat Relay*). * La Phase directe (L) est pontée sur la **Borne 5** . * La Phase pilotée ressort par la **Borne 6** et alimente le conducteur chaud du câble chauffant 120 W . * Le Neutre (N) et la Terre (PE) sont raccordés directement au câble chauffant. * **Consigne de régulation :** Valeur cible fixée à 27 °C avec un différentiel de $\pm 1\text{ °C}$ (enclenchement à 26 °C , coupure à 28 °C). ###### 4.4. Spécifications du Réseau Aéraulique PVC & Extraction Le réseau fonctionne sous **dépression continue (pression négative)** pour confiner strictement les composés odorants au sein de la gaine technique. ###### Matériel & Raccords PVC Rigide ($\varnothing 100\text{ mm}$) : * **Colonne collectrice principale :** Tube PVC rigide gris sanitaire $\varnothing 100\text{ mm}$ (longueur $2\text{

m}$). * **Piquages par Zone :** 3 Tés PVC à $87,5^\circ\text{ }\varnothing 100\text{ mm}$ (F/F) positionnés au droit des piquages des bacs. * **Traversées de parois :** 4 Passages de cloison à brides $\varnothing 50\text{ mm}$ (ou $\varnothing 100\text{ mm}$ pour la Zone 3) fixés sur les bacs. * **Réductions concentriques :** 4 Réductions PVC $\varnothing 100 / 50\text{ mm}$ pour adapter le diamètre des piquages secondaires vers le collecteur principal. * **Équilibrage des débits :** Registres/clapets de réglage à papillon $\varnothing 50\text{ mm}$ installés sur chaque conduit. Réglage : **ouverture maximale (100%) sur la Zone 3** pour extraire en priorité la vapeur d'eau et l'ammoniac métabolique ; ouverture modérée ($20\text{–}30\%$) sur la Zone 1. * **Purge de condensation :** 1 Tampon de visite PVC à vissage $\varnothing 100\text{ mm}$ monté au point bas de la colonne verticale collectrice pour évacuer l'eau de condensation accumulée. * **Groupe d'extraction & filtration :** Extracteur de gaine Inline 25 W (débit utile $150\text{ à }200\text{ m}^3/\text{h}$), couplé en refoulement à un filtre à charbon actif industriel (débit nominal minimum $300\text{ m}^3/\text{h}$ pour éviter toute perte de charge ou saturation prématurée). ##### 5. Tableau de Diagnostic des Problèmes & Solutions (Troubleshooting) | Problème Constaté | Symptômes & Indice Visualisé | Causes Biologiques / Techniques | Actions Correctives Immédiates | | ------ | ------ | ------ | ------ | | **Gestion des Odeurs & Fermentation** | Émanation forte d'ammoniac (NH_3) ou d'odeur d'acides gras volatils autour de la Zone 3. | Substrat de bioconversion détrempé ($>70\%\text{ eau}$) provoquant une anoxie du milieu ; effondrement du rapport C/N ; surdosage de nourriture ; débit d'extraction insuffisant. | 1. Incorporer immédiatement de la matière sèche carbonée (sciure propre, son de blé, fibre de coco) pour restaurer le rapport C/N , éponger l'excès d'eau libres et stopper la fermentation anaérobie.2. Suspendre le rationnement pendant $24\text{ à }48\text{ h}$ (max 100 g/j pour $1\ 000\text{ larves}$).3. Ouvrir à 100% le registre papillon de la Zone 3 et remplacer la cartouche de charbon actif si la saturation persiste. | | **Fuites de Larves & Évasions** | Larves grimpant massivement le long des parois verticales de la Zone 3 ou franchissant les bords. | Saturation en eau du substrat entraînant l'asphyxie larvaire (manque d'oxygène) ; formation de condensation sur les parois froides ; usure de la barrière périphérique. | 1. Assécher le substrat en brassant du matériau absorbant sec.2. Inspecter et nettoyer le rebord périphérique incurvé vers l'intérieur (caniveau anti-fuite).3. Augmenter le débit de l'extracteur d'air pour abaisser l'hygrométrie ambiante et supprimer le film d'eau condensée sur les parois. | | **Surchauffe du Substrat** | Température du compost larvaire $>35\text{ °C}$; larves agitées cherchant à fuir le fond du bac. | Chaleur métabolique excessive générée par une densité larvaire extrême ou un apport massif de glucides fermentescibles. | 1. Étaler immédiatement le compost pour limiter la hauteur de couche à $10\text{–}20\text{ cm}$ .2. Diviser la population larvaire par deux ou stopper l'apport de biodéchets pendant $24\text{ à }48\text{ h}$ .3. Accroître le débit d'extraction d'air pour dissiper la chaleur convective accumulée. | | **Faible Taux d'Éclosion & Échec de Ponte** | Les œufs dessèchent, moisissent, ou les femelles refusent de pondre dans la Zone 1. | Support de ponte en carton mouillé par capillarité ; manque de stimulation lumineuse horticole ; abreuvoir à sec ; température $<26\text{ °C}$. | 1. Remplacer les languettes de carton et s'assurer qu'elles restent **strictement sèches** au-dessus de l'attractif.2. Recaler le minuteur LED horticole ($30\text{–}35\text{ W}$, $12\text{–}14\text{ h/j}$) et remonter la consigne du STC-1000 à $27\text{–}30\text{ °C}$ .3. Réim biberonner l'éponge de l'abreuvoir pour rétablir l'hydratation des imagos. |