



APPROCHE SIMPLIFIÉE DE LA MOUCHE SOLDAT NOIR (SIMBA)

UNITÉ DE CROISSANCE

PROCÉDURE OPÉRATIONNELLE NORMALISÉE



Par : Stefan Diener, Bram Dortmans, Daniela Peguero, Christian Zurbrügg

Version : 15 octobre 2025

Référence bibliographique:

Stefan Diener, Bram Dortmans, Daniela Peguero, Christian Zurbrügg (2025). Approche simplifiée de la mouche soldat noire (SIMBA) – Unité de croissance: procédures opérationnelles normalisées. Eawag : Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau, Dübendorf, Suisse.

Remerciements :

Ce document a été élaboré dans le cadre de deux projets :

- Projet BUGS-AFRICA (Utilisation de la biomasse par les insectes pour des solutions vertes en Afrique), dirigé par African Circular (financé par la Coalition pour le climat et l'air pur (CCAC)) et Prevent Waste Alliance)
- Projet de technologies d'élevage d'insectes durables à base de déchets (SWIFT) (financé par le programme de recherche orientée vers les solutions pour le développement (SOR4D), subvention n° 400440_213241/1).



Les auteurs reconnaissent et remercient pour toutes les contributions les institutions partenaires de BUGS-Africa et SWIFT, comme indiqué ci-dessous.

Eclose GmbH

Eawag : Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau

Soil Food and Healthy Communities (SFHC)

Africa Circular

Bioconvision

Makerere University

Mzuzu University

Carbon Turnaround

Alliance PREVENT Waste

Bram Dortmans, Stefan Diener

Daniela Peguero, Christian Zurbrügg

Esther Lupafya, Laifolo Dakishoni, Rowland Watipasso Mhone

Piotr Barczak

Konstantin von Hoerner, Sheila von Hoerner

Allan John Komakech, Isaac Rubagumya

Frank Mnthambala, Gift Chawanda

Herwig A. Ragosnig

Martin Kerres

Le financement a été assuré par :



**Solution-oriented
Research for Development
Programme**

The overarching goal of the SOR4D programme is to produce better knowledge, solutions and innovation by needs-driven, transdisciplinary research that opens up new ways for advancing sustainable development and reducing poverty in the least developed, low and lower middle-income countries. www.sor4d.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



Swiss National
Science Foundation



**CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION**
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS



PREVENT
Waste Alliance

LE CADRE

Les procédures opérationnelles normalisées (PON) en élevage de BSF jouent un rôle essentiel pour garantir le succès, la sécurité et l'évolutivité nécessaires à une reproduction efficace tout au long du cycle de vie de la BSF, ainsi qu'un rendement et une qualité constants des larves, des frass et des sous-produits. Les PON contribuent à standardiser les tâches (et leur exécution à différentes étapes du processus). Cette PON se concentre sur l'unité de croissance.

Les larves de la mouche soldat noire (MSN) - en anglaise Black Soldier Fly (BSF) - peuvent être utilisées pour le traitement de la fraction organique des déchets solides. Elles transforment les nutriments contenus dans les déchets en produits commercialisables, comme les larves adultes utilisées comme aliments pour animaux, et les résidus du processus (appelés frass ou excréments) utilisés comme amendement du sol.

Gérer une ferme professionnelle de traitement des déchets par MSN à moyenne et grande échelle nécessite de nombreuses tâches quotidiennes à différentes étapes du processus. Cependant, une telle ferme peut également être **exploitée à temps partiel à plus petite échelle**, ne nécessitant que quelques heures par semaine, certains jours. C'est ce que nous appelons SIMBA - Système Intégré de la mouche soldat noire pour la Bioconversion, approche simplifiée.

Une approche MSN simplifiée (SIMBA) peut convenir pour :

- Une première étape dans le traitement des déchets par MSN, menée comme une activité parallèle à temps partiel pour explorer et en apprendre davantage sur les aspects pratiques de la reproduction BSF ou l'utiliser comme démonstration du traitement des déchets MSN
- Une petite ferme établie qui souhaite produire des larves de MSN comme aliment pour ses poulets, ses porcs et/ou ses poissons, mais qui dispose de ressources humaines limitées et ne peut consacrer que quelques heures par semaine aux activités de MSN.
- Un centre de recherche qui souhaiterait exploiter une unité de reproduction à petite échelle pour ensuite utiliser des mouches, des larves ou de frass à des fins de recherche, de formation et de démonstration.

Dans ce manuel, nous nous concentrons uniquement sur **l'unité de croissance** d'une approche simplifiée. Cette unité vise à trouver un équilibre entre la croissance optimale des larves pour la récolte, la production de frass destinées à l'amendement du sol et la réduction des déchets organiques. Tout cela, tout en minimisant la main-d'œuvre. L'unité comprendra le prétraitement et le traitement des déchets, ainsi que la récolte du produit (Figure 1).

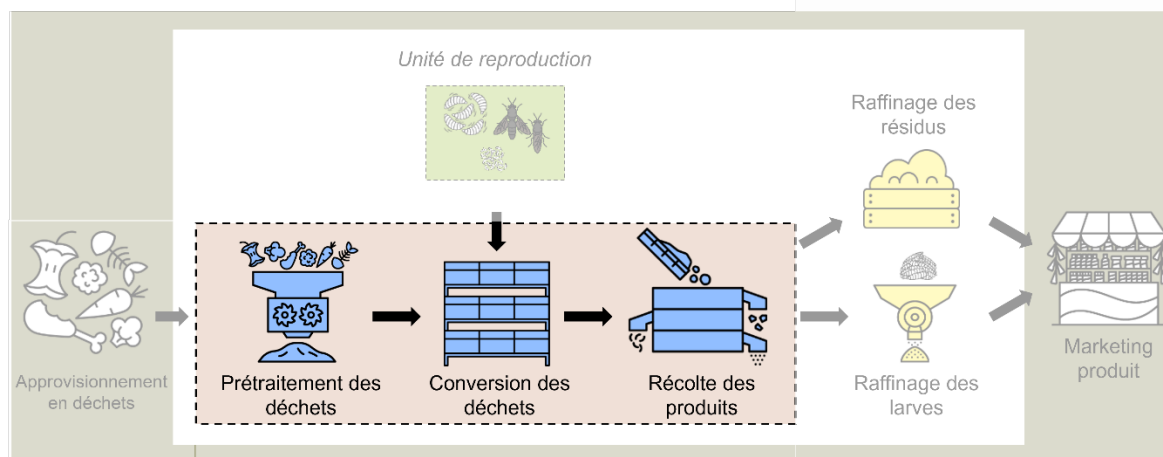


Figure 1: Aperçu des unités d'une installation MSN et de l'unité de croissance (zone colorée) par ce document SIMBA

Cette procédure opérationnelle normalisée (PON) décrit les tâches effectuées dans l'unité de croissance d'une ferme SIMBA MSN, exploitée avec seulement quelques heures de travail, deux jours par semaine (lundi et jeudi ou mardi et vendredi). Dans ce manuel, nous nous concentrons uniquement sur l'unité **de croissance** suivant cette approche simplifiée, traitant 50 kg de déchets par semaine. Une **unité de reproduction** basée sur SIMBA (publiée en 2025 par l'Eawag,) produira environ 300'000 larves, soit suffisamment pour traiter environ 250 kg de déchets organiques par semaine. L'approche proposée suppose toutefois que l'unité de reproduction SIMBA alimenterait plusieurs unités de croissance (croissance décentralisée).

Avec une charge de travail de quelques heures par personne deux jours par semaine dans chaque unité de croissance, ce guide estime qu'une unité de reproduction peut alimenter 5 unités de croissance (Figure 2), chacune traitant environ 50 kg de déchets par semaine, chacune avec 4 récipients d'incubation et 4 récipients de croissance et chacun produisant 6 à 8 kg de larves fraîches par semaine.

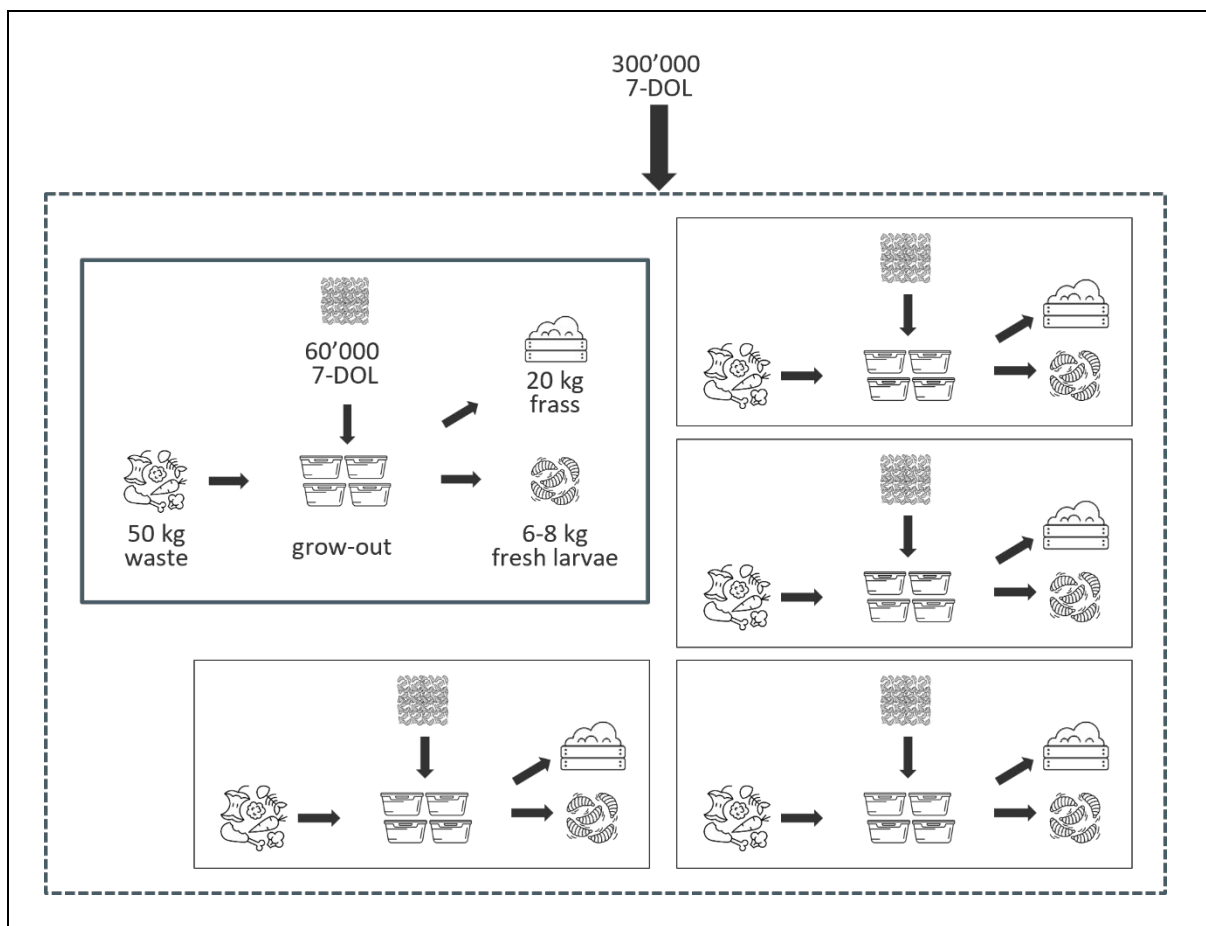


Figure 2: Fonctionnement de SIMBA avec une unité de reproduction desservant cinq unités de croissance traitant chacune environ 50 kg de déchets par semaine, avec 4 récipients chacun avec 15 000 7-DOL, pour un total de 60 000 larves

Pour traiter de plus grandes quantités de déchets dans chaque unité de croissance, il est possible d'augmenter le nombre ou la taille des récipients (voir tableau 2). Cependant, cela nécessitera alors plus d'heures de travail par semaine.

Si vous envisagez une approche à plus grande échelle que celle proposée dans ce guide, nous vous suggérons de consulter [Dortmans B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrügg C. \(2021\) *Traitement des Biodéchets par la Mouche Soldat Noire - Un Guide Étape par Étape- 2ème Édition* Eawag: Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau, Dübendorf, Suisse](#); disponible gratuitement.

EXIGENCES OPERATIONNELLES ESSENTIELLES

L'exploitation d'une unité de croissance MSN vise à générer la plus grande quantité et la plus grande qualité de larves et de frass avec une utilisation optimale des flux de biodéchets disponibles.

Les conditions préalables à l'exploitation d'une unité de croissance simplifiée sont les suivantes :

- **Espace dédié** : Un espace dédié est nécessaire pour accueillir les différentes étapes du processus de traitement de déchets:
 - Il est préférable de disposer d'espaces physiques distincts (bâtiments, locaux, serre ou espace extérieur avec tente) pour : a) la préparation des déchets destinés à la consommation par les larves ; b) l'alimentation des larves sur le substrat de déchets ; et c) la récolte et la séparation des larves adultes des excréments. Ces espaces physiques doivent impérativement être protégés du soleil et de la pluie par un toit.
 - L'espace pour le prétraitement nécessite environ 6 m² pour le stockage et la manipulation du substrat usagé.
 - Pour la croissance proprement dite (où les larves se nourrissent du substrat résiduaire), environ 20 m² sont nécessaires.
 - Une petite zone de 20 m² est nécessaire pour récolter les larves adultes et les séparer des excréments.
 - Au total, vous aurez donc besoin d'environ 150 m² d'espace couvert.
- **Climat approprié** : idéalement, la température moyenne quotidienne devrait varier entre 25 et 32 °C. Entre 20 et 25 °C, l'activité peut être ralentie, mais les larves survivent. Si les températures restent supérieures à 32 °C pendant une période prolongée, il faudra retourner le substrat plus fréquemment pour éviter la surchauffe des larves. Une humidité relative maximale de 50 % dans tous les espaces physiques est idéale. Cependant, une humidité relative de 50 à 70 % est acceptable. Avec un taux d'humidité élevé, les larves auront du mal à évaporer l'humidité du substrat usagé et l'obtention de frass sèches pourrait prendre plus de temps. Ce frass sèches sont nécessaires pour séparer les larves de frass lors de la récolte.
- **Changements saisonniers** : les conditions environnementales évolueront tout au long de l'année. La teneur en eau du substrat de déchets et les autres mesures d'adaptation climatique devront être adaptées pour maintenir de bonnes conditions.
- **Personne responsable** : Une personne doit être désignée comme responsable de l'unité de croissance. Elle supervisera l'exécution des tâches par l'employé, s'assurera du bon entretien du matériel et de la disponibilité des consommables nécessaires. Cette personne doit avoir une bonne compréhension générale du comportement des larves et servir de point de contact pour l'employé (ou l'étudiant) responsable des tâches quotidiennes.
- **Employé engagé** : Un employé doit consacrer environ deux heures deux fois par semaine (soit un total de quatre à cinq heures par semaine) à l'exploitation de l'unité de croissance. Il suit procédures opérationnelles normalisées strict. Il doit être attentif et faire part de ses observations au responsable (gestionnaire responsable). Dans les petites exploitations, l'employé peut être la même personne que le gestionnaire responsable.
- **Système de surveillance établi** : La mise en place d'un système de surveillance de base est essentielle pour suivre les indicateurs clés de performance tels que la quantité de substrat de déchets distribuée aux larves par récipient (kg), la quantité de larves et frass récoltées par récipient (kg) et le taux de conversion de la biomasse (%). Le responsable de l'unité de

croissance doit analyser attentivement ces données afin d'évaluer la performance de l'unité. En cas d'écart significatif, il doit en rechercher la cause et prendre les mesures appropriées.

Le fonctionnement de l'unité de croissance peut être divisé en trois parties :

- *Prétraitement des déchets* : réception des déchets, broyage des déchets (si nécessaire), stockage, mélange et dosage du substrat des déchets dans des récipients.
- *Croissance* : ajout du 7-DOL dans les récipients, gestion des récipients et réalimentation .
- *Récolte* : sélection des récipients prêts à être récoltés, gestion des récipients non encore prêts et séparation des larves fraîches et des excréments

Le processus d'alimentation complet dure environ 10 jours (7-DOL ajoutés et 17-DOL récoltés). Comme illustré à la figure 3 , les 7-DOL sont d'abord placés dans un récipient (environ 30 x 20 cm ou un bassin rond de 25 à 30 cm de diamètre) – appelé « récipient d'incubation » – pendant 3 jours et nourris d'une petite quantité de substrat. Ensuite, les larves sont transférées dans un récipient plus grand (environ 40 x 60 cm ou 50 à 60 cm de diamètre) – appelé récipient de croissance – où elles se nourrissent d'une plus grande quantité de substrat jusqu'à leur récolte.

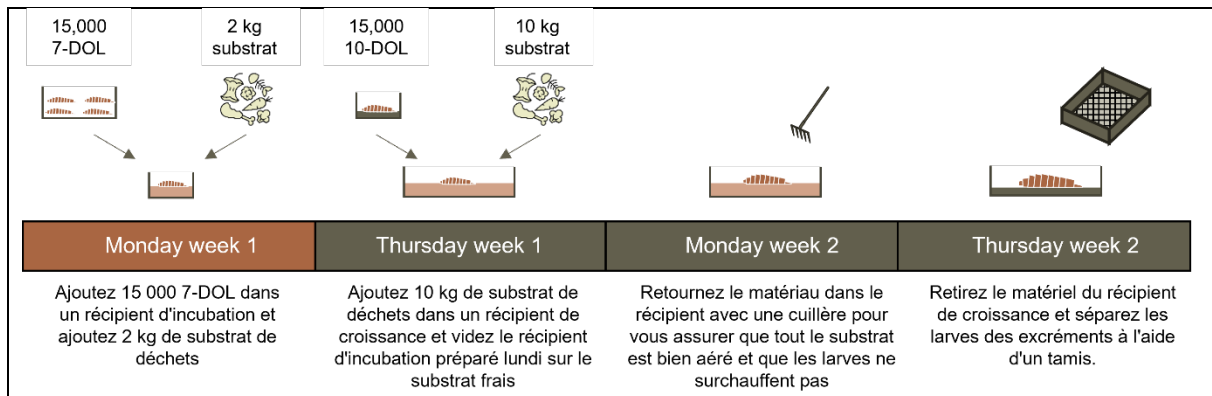


Figure 3 : Programme d'alimentation des larves deux jours par semaine. Cela peut être le lundi et le jeudi, comme indiqué sur la figure, ou bien le mardi et le vendredi, ou le mercredi et le samedi.

Dans la section suivante de ce manuel, nous décrivons les principes de chaque étape du processus ainsi que les tâches et activités associées à réaliser.

ACTIVITES DANS UNE UNITE DE CROISSANCE MSN

PRÉTRAITEMENT DES DÉCHETS

Le terme « déchet » est utilisé au sens large pour désigner les déchets mis au rebut. La fraction organique des déchets (biodéchets) peut être utilisée comme aliment si elle ne nuit pas aux larves. Ces dernières sont généralement très tolérantes quant aux types de biodéchets dont elles se nourrissent. Avec une teneur en eau comprise entre 60 % et 90 % et une granulométrie spécifique, la plupart des flux de biodéchets peuvent servir de substrats et seront traités par les larves. Le tableau 1 présente une liste de biodéchets dont la croissance est satisfaisante .

Tableau 1: Différents types de biodéchets considérés comme appropriés comme substrats de déchets pour la croissance des MSN.

Déchets organiques municipaux	Déchets agro-industriels	Fumier et matières fécales
<ul style="list-style-type: none">• Déchets de jardin et de cour• Déchets alimentaires et de restauration• Déchets du marché• Déchets organiques ménagers triés à la source	<ul style="list-style-type: none">• Déchets de transformation alimentaire• Drêches de brasserie• Déchets d'abattoir	<ul style="list-style-type: none">• Fumier de volaille• Fumier de porc• Excréments humains frais

Cette procédure opérationnelle normalisée (PON) suppose que l'approvisionnement en déchets de l'installation a été organisé et sécurisé. Les biodéchets doivent être purement organiques et biodégradables, et répondre aux critères de biodéchets appropriés et de substrat de déchets approprié, comme indiqué ci-dessus.

Dès réception des déchets, la première étape consiste à effectuer un contrôle qualité afin de garantir leur absence de matières dangereuses et de substances inorganiques. La présence de quelques sacs plastiques dans les déchets peut être négligeable et peut être triée et retirée manuellement. Cependant, il est essentiel d'empêcher la présence de contaminants dangereux dans les déchets, car ceux-ci peuvent affecter tous les organismes vivants : les larves, les bactéries associées et, bien sûr, les travailleurs. Les acides, les solvants, les pesticides, les détergents et les métaux lourds font partie de cette catégorie dangereuse. Il est donc particulièrement important de les éviter, surtout lorsqu'ils sont liquides ou dissous, car ils peuvent facilement contaminer l'ensemble du lot de déchets.

Une fois la qualité des déchets assurée, l'étape suivante consiste à réduire la taille des particules. Cela peut se faire à l'aide d'une pelle, d'un râteau, d'une houe, d'une machette ou d'un marteau à grande surface. Quel que soit l'outil utilisé, son but est de briser les déchets en particules de moins de 5 cm de diamètre. Le traitement des déchets organiques est salissant et, si la zone n'est pas maintenue propre, elle attire les nuisibles (mouches, rats, fourmis, etc.). Il est donc important de prévoir une zone dédiée au contrôle de la qualité des déchets et à la réduction de la taille des particules, afin de la maintenir propre après les travaux.

L'étape suivante consiste à assurer un stockage adéquat des déchets. Comme le montre la figure 3, seule une petite quantité de substrat de déchets est distribuée le lundi, puis une quantité plus importante le jeudi. Cela signifie que les déchets reçus doivent être stockés jusqu'à ce qu'ils soient donnés aux larves un de ces jours. Le stockage doit empêcher les animaux et les nuisibles d'accéder au matériau pendant son stockage. L'idéal est d'utiliser un récipient avec un couvercle suffisamment étanche pour empêcher les nuisibles d'entrer, tout en laissant s'échapper les gaz de fermentation. Ces gaz pourraient faire exploser le couvercle en l'absence de ventilation. Le processus de conversion MSN ne présente aucun inconvénient si les déchets sont stockés jusqu'à trois semaines dans un récipient étanche mais ventilé, car les larves de MSN se nourrissent de biodéchets à tous les stades de décomposition. La figure 4 présente deux options de récipient pouvant contenir différentes quantités de biodéchets et protéger leur contenu des nuisibles.



Figure 4: Options pour stockage des biodéchets

Avant d'ajouter le substrat de déchets dans les récipients contenant les larves, il faut créer les conditions d'un substrat de déchets approprié qui suit deux principes essentiels :

- 1) La teneur en eau du substrat de déchets doit être d'environ 70 à 80 %. Cela permet aux larves de consommer facilement la nourriture et aux excréments de sécher suffisamment rapidement pendant 10 jours pour permettre de les séparer des excréments lors de la récolte.
- 2) Le substrat de déchets doit présenter un bon équilibre entre protéines, lipides et glucides. Un bon équilibre nutritif permettra aux larves de croître rapidement jusqu'à leur taille optimale, ce qui influencera positivement la récolte et le taux de conversion de la biomasse. Un bon ratio protéines, lipides et glucides est respectivement de 7 %, 3 % et 13 %. Le reste est généralement composé de fibres (3 %), de cendres (4 %) et d'eau (70 %).

Pour évaluer la quantité d'eau contenue dans les déchets, une balance et un récipient d'un volume défini sont nécessaires pour mesurer d'abord leur densité. Le récipient est pesé afin de déterminer sa masse à vide. Les déchets de petite taille (< 5 cm) – après réduction granulométrique – sont placés dans le récipient. Une pression est exercée sur le dessus des déchets pour s'assurer qu'il ne reste aucune poche d'air. Assurez-vous également que la quantité de matériaux a atteint exactement la

limite du volume du récipient afin que le volume maximal mesuré soit rempli de déchets. Pesez ensuite à nouveau le récipient. Soustrayez de ce poids le poids du récipient vide pour obtenir le poids du mélange de déchets de ce volume spécifique.

La formule ci-dessous peut être utilisée pour calculer la densité des déchets.

Densité	$D \text{ (kg/L)} = \frac{\text{Masse de mélange de déchets (kg)}}{\text{Volume de mélange de déchets (L)}}$
---------	--

Idéalement, la densité du mélange de déchets devrait être comprise entre 0,8 et 0,9 kg/L. Si elle est proche ou égale à 1 kg/L, la teneur en eau est très élevée. Dans ce cas, il est nécessaire d'ajouter des matières sèches et fibreuses au mélange afin de réduire sa teneur en eau et d'améliorer sa structure. Parmi les matières sèches et fibreuses envisageables, on peut citer la sciure de bois non traitée, la tourbe de coco, le son de blé, de maïs ou de riz, les produits secs de la minoterie de blé, de maïs ou de riz, la poussière de bagasse sèche et bien d'autres matières similaires. Ajoutez les matières sèches et mesurez à nouveau la densité, comme décrit précédemment, jusqu'à atteindre une densité de 0,8 à 0,9 kg/L. Si la densité est inférieure à 0,8 kg/L, ajoutez une source de déchets plus aqueuse ou simplement de l'eau pure et mesurez à nouveau jusqu'à atteindre la densité idéale comprise entre 0,8 et 0,9 kg/L.

En règle générale, en ce qui concerne l'équilibre nutritionnel, les déchets reçus s'écartent de la composition nutritionnelle idéale. Les déchets animaux (viande, produits laitiers et déchets d'abattoir) peuvent avoir une teneur en protéines plus élevée, tandis que les déchets de transformation alimentaire et les drêches ont une teneur en glucides plus élevée. En général, les déchets collectés dans les restaurants se rapprochent beaucoup de la composition nutritionnelle idéale, ainsi que de leur teneur en eau.

Pour préparer la petite quantité de substrat de déchets qui est distribuée le lundi, on peut simplement mélanger manuellement les différents substrats de déchets à l'intérieur du récipient où les larves se nourriront.

Le jeudi, lorsque vous donnez une plus grande quantité, utilisez une pelle et/ou un râteau pour bien mélanger les différents substrats de déchets et créer un substrat de déchets homogène avec le poids total requis et la densité appropriée.

CROISSANCE

Le substrat est maintenant prêt à être utilisé pour nourrir les larves. La quantité appropriée de larves de 7 jours (7-DOL) est obtenue auprès d'une unité de reproduction. Tous les aspects de la reproduction sont traités dans un autre document SOP intitulé « Approche simplifiée de la mouche soldat noire (SIMBA) – Unité de reproduction : Procédure opérationnelle normalisée (PON) ». Pour ce guide, nous partons du principe que l'unité de croissance reçoit 60 000 7-DOL par semaine pour traiter environ 50 kg de déchets, avec 4 récipients d'incubation et 4 récipients de croissance. Chaque lundi, vous commencez une nouvelle alimentation avec du substrat.

Première alimentation (7-DOL à 10-DOL) : Les larves reçues d'une unité de reproduction sont séparées en lots que vous prévoyez de commencer ce jour-là. Si le nombre de larves est inconnu (car elles pourraient provenir d'un autre établissement), consultez le document « Approche simplifiée de la

mouche soldat noire (SIMBA) – Unité de reproduction » pour plus d'informations sur le comptage des larves. La séparation des larves peut être effectuée en pesant le lot total de larves et en divisant ce poids par le nombre de lots requis. Dans le cas de ce guide, cela correspond à 60 000 7-DOL divisés en 4 unités de 15 000 7-DOL. En l'absence de balance de précision, vous pouvez également diviser le volume total du lot de larves.

Dans chaque récipient d'incubation d'une surface d'environ 600 cm² (~30 x 20 cm ou un bassin rond de 25 à 30 cm de diamètre), ajoutez 2 kg (soit environ 2,5 litres) de substrat de déchets. 15 000 larves sont ensuite ajoutées à chaque récipient. Il s'agit du premier jour du lot. L'épaisseur de la couche de substrat de déchets dans chaque récipient d'incubation ne doit pas dépasser 7 à 10 cm. Si le substrat de déchets est plus volumineux et que l'épaisseur de la couche dépasse 10 cm, vous devrez augmenter la taille et la surface de vos récipients d'incubation.

Les larves se nourrissent de ce substrat pendant trois jours dans le récipient d'incubation. Il est important que le substrat reste humide et ne se dessèche pas. Les larves cessent de se nourrir lorsque le taux d'humidité est inférieur à 50 %, car elles ne peuvent pas ingérer la nourriture si elle est trop sèche et meurent de faim, ce qui les empêche d'atteindre leur taille optimale.

Deuxième alimentation (10-DOL à 17-DOL) :

Après 3 jours d'alimentation (jour ouvrable suivant) dans le bac d'incubation (ou 4e jour du lot), les larves ont atteint leur taille maximale tolérable pour le bac d'incubation. Si elles restent plus longtemps dans cet espace restreint, elles entreront en compétition pour l'espace, ce qui entraînera une mortalité accrue de la population. Après 3 jours d'alimentation, les larves ont consommé les nutriments contenus dans le substrat de déchets fourni.



Figure 5: Récipient de croissance contenant des larves adultes et des excréments

Des récipients plus grands peuvent maintenant être préparés pour les larves dans chaque récipient d'incubation. Ce récipient de croissance plus grand peut être conçu de différentes manières. Ce guide décrit la procédure pour une cage en plastique standard de 40 x 60 cm. D'autres types et tailles de récipients de croissance sont décrits plus loin (tableau 2). Placez 10 kg de substrat de déchets au centre de chaque récipient de croissance. Videz chaque récipient d'incubation, contenant 15 000 larves, sur le tas de substrat de déchets de chaque récipient de croissance. Au cours des jours suivants, les larves commenceront à se disperser sur le substrat de déchets disponible et à s'en nourrir.

Les contenants de croissance contenant le substrat de déchets contenant les larves peuvent être laissés tranquilles jusqu'au lundi suivant (ou au 8e jour du lot), date à laquelle le contenu de chaque contenant doit être remué et retourné à l'aide d'une pelle ou d'une cuillère. Cela permet aux larves d'accéder aux parties inférieures du substrat de déchets, facilite l'évaporation de l'eau et permet à ce dernier de refroidir pour éviter toute surchauffe des larves.

Après 3 jours supplémentaires dans le contenant de croissance (jour 11 du lot), les larves devraient avoir atteint leur plein potentiel et être prêtes à être récoltées.

Le programme d'alimentation – 3 jours en incubateur + 7 jours en bac de traitement – doit être suivi rigoureusement afin de garantir un processus bien structuré. La durée et la planification des tâches ne doivent pas être modifiées. Si vous estimez qu'une adaptation est nécessaire, envisagez de modifier le nombre de larves ou la quantité de substrat de déchets, mais abstenez-vous de modifier le calendrier. Le principal critère de modification du nombre de larves ou de la quantité de substrat de déchets doit être basé sur les caractéristiques observées des excréments au moment prévu de la récolte. (c.-à-d. que les excréments doivent être secs et friables) ou selon les caractéristiques observées de la croissance et du développement des larves. Par exemple, si après 10 jours dans le contenant de croissance, les excréments sont encore humides, envisagez d'augmenter le nombre de larves pour la taille de la surface du contenant ou de diminuer la quantité de substrat dans votre prochain lot.

Croissance à plus grande échelle

:

Le chapitre ci-dessus décrit une installation de croissance traitant environ 50 kg de déchets par semaine, avec quatre récipients d'incubation et quatre récipients de croissance. Si l'unité de croissance a accès à plus de 150 kg de substrat de déchets par semaine, au lieu d'utiliser des caisses en plastique standard (tableau 2), vous pouvez utiliser des récipients ou des structures plus grands, comme un bassin biologique , pour la phase de croissance (figure 6).



Figure 6: Biopond sur sol en béton avec un côté amovible (à gauche) et avec tous les côtés en bois (à droite)

Un exemple est la construction d'une structure rectangulaire simple, composée d'un plancher en béton simple et de barrières latérales rectangulaires, comme illustré à la figure 6 , appelée « bassin » ou « bassin biologique ». Les barrières ne doivent pas nécessairement dépasser 20 cm de hauteur et peuvent être en béton ou en planches de bois. Idéalement, un côté de la barrière devrait être amovible. Cela facilitera la récolte et le nettoyage du bassin (biologique). Le fond du bassin (biologique) est généralement en béton, mais peut également être traité avec une résine (par exemple, de l'époxy alimentaire) afin de faciliter le nettoyage du bassin (biologique) après un cycle d'alimentation.

D'autres choix possibles de contenants de croissance sont décrits dans le tableau 2. Selon la taille du contenant choisi, le nombre de larves et la quantité de déchets pouvant être distribués par contenant doivent être ajustés.

Tableau 2: Variations des combinaisons de nombre de larves et de quantité de substrat selon le choix du contenant. Nous suggérons une densité larvaire de 6 larves/cm².

	Type	Dimensions	Nombre de larves	Substrat de déchets totaux	1ère alimentation	2ème alimentation
	Caisse en plastique standard	40x60 cm	15 000	12 kg	2 kg	11 kg
	Bassin rond	Ø 50 cm	12 000	9,5 kg	1,5 kg	8 kg
	Demi-bidon 20 litre	32x48 cm	9 000	7,5 kg	1 kg	6,5 kg
	Vasque ovale	32x45 cm	8 500	7,0 kg	1 kg	6,0 kg
	Bassin biologique en béton	100x300 cm	300 000	240 kg	20 kg	220 kg

En fonction de la surface du récipient de croissance choisi, le nombre de larves nécessaires et la quantité de substrat de déchets peuvent également être calculés (tableau 3). Ce nombre de larves calculé permet également d'estimer la taille nécessaire du récipient d'incubation. Cette surface totale peut être divisée en plusieurs récipients si nécessaire.

Tableau 3: Calcul du : nombre de larves requis en fonction de la taille du contenant ; La quantité de substrat de déchets dépend de la taille du contenant et de la surface du récipient d'incubation. Dans le récipient d'incubation (entre 7 et 10 DOL), la densité larvaire est de 30 larves par cm², tandis que dans le récipient de croissance (entre 10 et 17 DOL), elle est de 6 larves par cm². Les larves peuvent traiter 1 kg de déchets sur une surface de 200 cm².

Nombre de larves dans un récipient	$Size\ of\ container\ (in\ cm^2) \times 6$
Quantité totale de substrat de déchets (kg)	$\frac{Size\ of\ container\ (in\ cm^2)}{200}$
Surface du récipient d'incubation (cm²)	$\frac{Number\ of\ larvae}{30}$

Veillez noter qu'avec des quantités hebdomadaires plus importantes de substrat de déchets et des récipients de croissance et d'incubation plus grands (cm²), le programme d'alimentation (3 jours en incubateur + 7 jours en récipient de croissance) ne devrait pas changer. Seuls la quantité de substrat de déchets et le nombre de larves changent. De plus, le temps nécessaire à la réalisation de toutes les activités programmées changera également. Plutôt que de travailler seulement quelques heures deux fois par semaine, vous pourriez envisager de travailler plus d'heures deux fois par semaine ou de faire appel à une deuxième personne pour vous aider.

RÉCOLTE

Après 3 jours dans les récipients d'incubation et 7 jours dans le récipient de croissance, les 17-DOL (7-DOL + 3 jours + 7 jours) sont prêts à être séparés des excréments. En général, des indicateurs visuels permettent de déterminer si les conditions sont propices à la récolte des deux matériaux, larves et excréments, dans les récipients de croissance.

- Larves : Quelques larves présentent une couleur beige-brun au lieu de leur couleur beige clair habituelle (figure 7). Ces larves beige-brun sont en cours de transformation en prénymphe. Outre cet aspect visuel, la pesée des larves peut également indiquer si elles sont aptes à la récolte. Bien que leur poids dépende du substrat de déchets dont elles se sont nourries, un poids larvaire satisfaisant se situe entre 150 mg et 250 mg, voire plus, par larve fraîche.
 - *Pour déterminer si les larves ont atteint leur poids maximal, vous pouvez réaliser un petit essai. Utilisez un récipient séparé dans lequel vous prélevez quelques larves et les nourrissez avec le même substrat de déchets. Si vous constatez qu'elles continuent de se nourrir de ce substrat, il semble que les larves pourraient en consommer davantage pendant la phase de croissance. Pour le lot suivant, vous pouvez donc leur fournir davantage de substrat de déchets (par exemple 10 % de plus) ou conserver la même quantité, mais en réduisant le nombre de larves par récipient.*
- Excréments : Les excréments doivent être de couleur foncée, presque noire. Les particules les plus fines doivent être rondes. Cette forme ronde est formée par la pression exercée par la friction des larves dans le substrat (Figure 7). On peut encore y trouver de plus gros morceaux de substrat ligneux et fibreux (pelures de fruits, graines, branches, etc.), car les larves ne se nourrissent généralement pas de ces substances ligneuses et très fibreuses. Pour vérifier le taux d'humidité approprié, prenez une poignée de matière (excréments et larves) et remettez-la dans le récipient de croissance. Avec un taux d'humidité approprié, idéalement, très peu de matière devrait rester collée à votre main. Enfin, lorsque vous approchez une partie de la matière de votre nez, vous ne devriez pas détecter d'odeur prononcée de pourriture. Une très légère odeur d'ammoniac (l'ammoniac a une odeur forte et piquante, souvent décrite comme similaire à celle de l'urine ou de la sueur) est acceptable.



Figure 7 : Exemple de fraction. De gauche à droite : larves, excréments et résidus.

Lorsque les conditions de larves et de frass sont réunies, comme décrit ci-dessus, il est temps de récolter les deux matériaux. En récoltant le matériel d'un récipient de croissance ayant reçu 12 kg de substrat et 15 000 larves, on peut s'attendre à une récolte totale d'environ 5 à 6 kg (larves, frass et résidus). Pour séparer les fractions, on peut utiliser un tamis à sable (voir la figure 8) avec une ouverture de maille d'environ 4 mm. Ce tamis peut être manipulé soit par deux personnes le tenant de chaque côté, soit par une personne tenant un côté et plaçant l'autre côté sur une surface solide. Déposez des lots d'environ 10 kg sur le tamis et secouez-le pour séparer les matériaux. Le frass tomberont à travers le tamis et les larves, ainsi que les plus grosses particules de frass ou de substrat, y resteront. Une fois que tous les excréments ont traversé le tamis, retirez manuellement les plus grosses particules de frass ou de substrat usagé, puis, dans un deuxième temps, prélevez le lot de larves propres pour la récolte. Les fractions séparées doivent ressembler à celles illustrées dans la figure. Figure 7. Une fois la récolte terminée, vous devez peser chaque fraction, si une balance est disponible.



Figure 8: Exemple de tamis manuel

Il est important d'examiner attentivement les matériaux tamisés, car ces matériaux et leurs conditions peuvent fournir des informations sur la manière d'améliorer le procédé. La figure 7 illustre les conditions idéales. Voici quelques solutions de dépannage :

- Si les larves semblent déshydratées et que les excréments sont poussiéreux, il est possible que le substrat de déchets dans l'unité de croissance se soit desséché trop rapidement, empêchant ainsi les larves de se nourrir suffisamment avant le jour de la récolte. Il est donc probable que les larves n'aient pas pu consommer tous les nutriments du substrat et n'aient donc pas atteint leur taille optimale.
- Si les excréments sont encore humides et collants, il sera difficile de tamiser les différentes fractions. Dans ce cas, pour les lots suivants, ajoutez des matières sèches et fibreuses au

substrat de déchets dès le début du lot. Cela permettra de réduire l'humidité à la fin du cycle de croissance et de tamiser efficacement les matières.

STOCKAGE ET UTILISATION À COURT TERME DES LARVES

Si vous utilisez vous-même les larves récoltées pour nourrir vos animaux, il est généralement impossible de les utiliser toutes le jour même. Il est donc nécessaire de les stocker pendant quelques jours avant de récolter un nouveau lot. Nous vous recommandons de récolter le jour prévu et décrit ci-dessus. Les larves récoltées peuvent être stockées dans un espace de stockage séparé, dans des récipients, avec de la sciure humide, du son de maïs ou de blé. Le matériau de stockage ne doit pas être trop humide, sinon les larves pourraient tenter de sortir du récipient. L'espace de stockage et le récipient doivent être protégés des fourmis, des oiseaux et autres animaux susceptibles de dévorer les larves vivantes. Placez le récipient dans un endroit parfaitement sombre.

Lors de l'alimentation des animaux (poulets, porcs, poissons) avec les larves récoltées, nous recommandons de remplacer jusqu'à 20 % maximum du poids de l'alimentation conventionnelle par des larves MSN.

Si les larves doivent être conservées plus d'une semaine, pensez à les tuer et à les sécher. Il faut d'abord les tuer en les plongeant brièvement dans de l'eau bouillante et en les blanchissant pendant 10 secondes. Une fois tuées, des lots de 250 g peuvent être séchés au four à micro-ondes à puissance maximale (généralement 1 000 watts) pendant 3 à 4 intervalles de 5 minutes. Les larves devraient alors avoir une texture croustillante. Entre chaque intervalle, ouvrez la porte du micro-ondes pour laisser échapper la vapeur. Une fois le séchage terminé, conservez les larves séchées dans un endroit sec jusqu'à leur utilisation. N'oubliez pas qu'après séchage, les larves sont plus légères. Pour les larves séchées, nous recommandons désormais de remplacer jusqu'à 5 à 8 % du poids de l'alimentation conventionnelle par des larves MSN.

SURVEILLANCE:

Le suivi et la documentation des performances de croissance sont essentiels pour analyser et comprendre son fonctionnement et identifier les points à améliorer. Les données clés à surveiller sont :

- Nombre de 7-DOL utilisé par récipient d'incubation et de croissance.
- Poids total du substrat de déchets par récipient d'incubation et de croissance (1ère alimentation et 2ème alimentation)
- Poids du matériel avant récolte (mélange de larves, de frass et de résidus)
- Poids de la récolte pour les larves, les excréments et les résidus

Grâce à ces informations, vous pouvez désormais obtenir un aperçu des performances du processus.

- Vous pouvez comparer le poids des excréments récoltés au poids du substrat résiduaire ajouté. En divisant ces valeurs et en multipliant par 100, vous obtenez la quantité de substrat résiduaire réduite. C'est ce qu'on appelle le taux de réduction des déchets (en pourcentage).
- Vous pouvez comparer le poids Rapport entre le nombre de larves récoltées et la masse de substrat de déchets ajouté. En divisant ces deux paramètres et en multipliant par 100, on obtient le taux de conversion de la biomasse (ou BCR) en pourcentage. Cette valeur indique

l'efficacité des larves à convertir le substrat en biomasse larvaire. C'est un indicateur de performance important pour optimiser le processus.

La formule ci-dessous peut être utilisée pour calculer la réduction des déchets et le taux de conversion de la biomasse.




Réduction des déchets	$WR (\%) = \frac{\text{Mass of substrate fed} - \text{Mass of frass}}{\text{Mass of substrate fed}} * 100$
Biomasse Taux de conversion	$BCR (\%) = \frac{\text{Mass of larvae produced}}{\text{Mass of substrate fed}} * 100$

Le niveau de BCR dépend du substrat de déchets et de l'efficacité de traitement de votre installation. L'objectif est d'obtenir le BCR le plus élevé possible pour le substrat de déchets spécifique utilisé. Le choix du substrat dépendra évidemment de la facilité d'accès locale. Par exemple, avec du lisier de porc, la quantité de larves récoltées sera probablement inférieure à celle obtenue avec des déchets de restaurant ou de marché. Cependant, comme le lisier de porc est beaucoup plus disponible, plus facile d'accès et qu'il n'est pas nécessaire de le broyer avant de nourrir les larves, ce BCR plus faible (récolte plus faible) peut néanmoins être un bon choix, et le compromis d'une récolte plus faible reste acceptable.

Les valeurs typiques du BCR lors de l'utilisation de différents substrats de déchets sont les suivantes :

- Fumier de porc : BCR 6-14%
- Fumier de poulet : BCR 6-10 %
- Fumier de bétail : BCR 3-8 %
- Gaspillage alimentaire : BCR 12-20 %

ANNEXE A: LISTE ALPHABETIQUE AVEC DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS

<p>Réceptif de croissance</p>	<p>Il s'agit d'un récipient de taille moyenne (40 cm x 60 cm) utilisé pour le traitement des substrats de déchets. Ces caisses peuvent être empilables en croix, auto-gerbables ou empilées sur des cadres. Dans les trois cas, une ventilation suffisante doit être assurée sur toute la surface de la caisse. Ces caisses sont souvent fabriquées en plastique robuste, de forme rectangulaire et peuvent durer jusqu'à 10 ans.</p>	
<p>Bassin</p>	<p>Il s'agit d'un bassin en plastique pouvant également servir au traitement des substrats usagés ou comme récipient d'incubation. Disponible dans la plupart des quincailleries du monde entier, il nécessite un support, un cadre ou une autre structure de support pour son empilage.</p>	
<p>Bioétang / Étang</p>	<p>Les bassins biologiques sont de grands réceptifs de croissance (3 à 10 m²) où les larves se nourrissent du substrat de déchets. Leur principale différence avec les autres réceptifs réside dans leur immobilité. Souvent construits directement sur le sol en béton, ils sont dotés de barrières latérales empêchant les larves de quitter le substrat de déchets. Leur taille et leur surface plus importantes permettent de traiter de plus grandes quantités de substrat de déchets directement dans un seul récipient. L'inconvénient des bassins biologiques réside dans la difficulté d'extraire les matières du bassin pour la récolte, et leur non-empilabilité, ce qui nécessite un espace important.</p>	

<p>Réceptif de stockage</p>	<p>Réceptif hermétique servant à stocker le substrat de déchets. Il est important de disposer de tels réceptifs de stockage sur le site, car les déchets arriveront probablement à des jours et heures différents, et pas nécessairement au même moment lors du prétraitement et de l'ajout du substrat dans le réceptif de croissance. Il est donc important que les biodéchets soient stockés dans un réceptif inaccessible aux animaux afin d'éviter toute situation insalubre.</p>	
<p>Pelle</p>	<p>Une pelle, comme illustrée à droite, peut être utilisée à différentes étapes du processus de traitement. Elle sert à retirer les biodéchets du véhicule qui les transporte. Elle peut également servir à mélanger les différents ingrédients et à déplacer certains matériaux vers différentes zones/réceptifs. Elle peut également servir à ajouter ou retirer des matériaux d'un réceptif de croissance.</p>	
<p>Tamis</p>	<p>Un tamis est utilisé pour séparer les excréments, les larves et les résidus. À l'échelle SIMBA, un tamis manuel peut être utilisé car la quantité de matière à séparer est faible. Le tamis illustré peut être manipulé par une seule personne. L'ajout de poignées sur le côté opposé permet à deux personnes de l'utiliser, accélérant ainsi le processus de récolte.</p>	
<p>Échelle en vrac</p>	<p>Lors de la réception des biodéchets, de la préparation des ingrédients et du dosage du substrat dans les réceptifs, il est important de peser les matières afin de garantir les quantités manipulées. De plus, la balance sert à peser les matières avant la récolte, ainsi que les matières tamisées (excréments, larves et résidus).</p>	