

Journées Scientifiques Annuelles d'Arbo-France

Moyens innovants de lutte contre les vecteurs d'arbovirus

23-24 juin 2025, Val de Grâce - Paris

Etudes d'impact des nouvelles méthodes de LAV

Evaluation of epidemiological impact of arbovirus vector control :

par Veerle Valenberghé

Evaluation of epidemiological impact of arbovirus vector control

Veerle Vanlerberghe, MD, MSc, PhD
Senior Scientist
Head of education unit, PH Department

vvanlerberghe@itg.be



Etudes d'impact des nouvelles méthodes de LAV

Methodological Approaches to Evaluating the Epidemiological Impact of Innovative Tools:

par Katie Anders

Methodological approaches to evaluating the epidemiological impact of innovative tools

Katie Anders

Monash University, Australia
School of Public Health & Preventive Medicine

June 2025



Key considerations in evaluating epidemiological impact of innovative tools

Mechanism of action of the intervention

- Lack of robust entomological correlates of disease impact

Delivery of the intervention: randomised vs non-randomised

- Spatial unit(s) for randomisation / intervention delivery:
- If non-randomised: phased roll-out vs parallel treated / untreated areas

Measurement of the epidemiological endpoint

- Laboratory-confirmed cases vs clinically-suspected cases vs infection (seroconversion)
- Prospectively enrolled participants vs routine data sources
- Cohort vs test-negative design vs cross-sectional

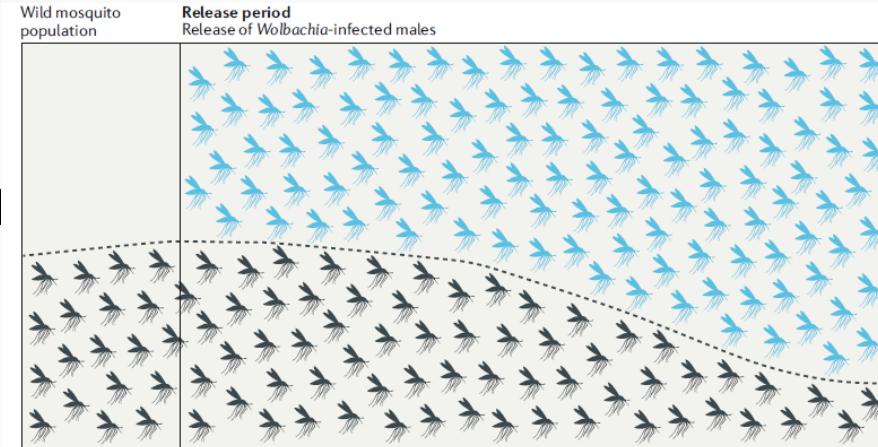
Additional considerations

- Spill-over effects
- Temporal variability in dengue transmission: seasonality & interannual cycles
- Spatial variability in dengue transmission: highly focal and spatially heterogeneous
- Efficacy under trial conditions vs real-world public health effectiveness
- Sporadic nature of other Aedes-borne viruses e.g. chikungunya, Zika, Mayaro

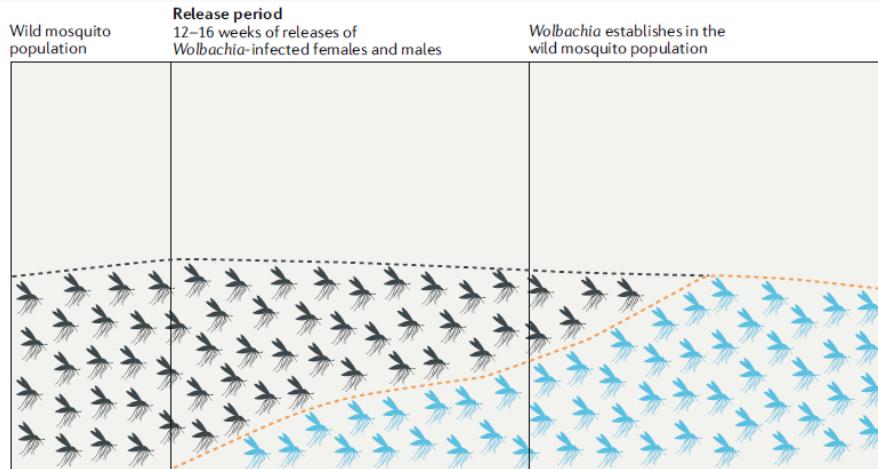
Mechanism of action of the intervention

Innovative tool

Sterile male / Wolbachia-based population suppression



Wolbachia-based population modification



Entomological outcome

Reduced mosquito density



REDUCED VECTORIAL CAPACITY
OF THE MOSQUITO POPULATION
→ Reduced disease transmission

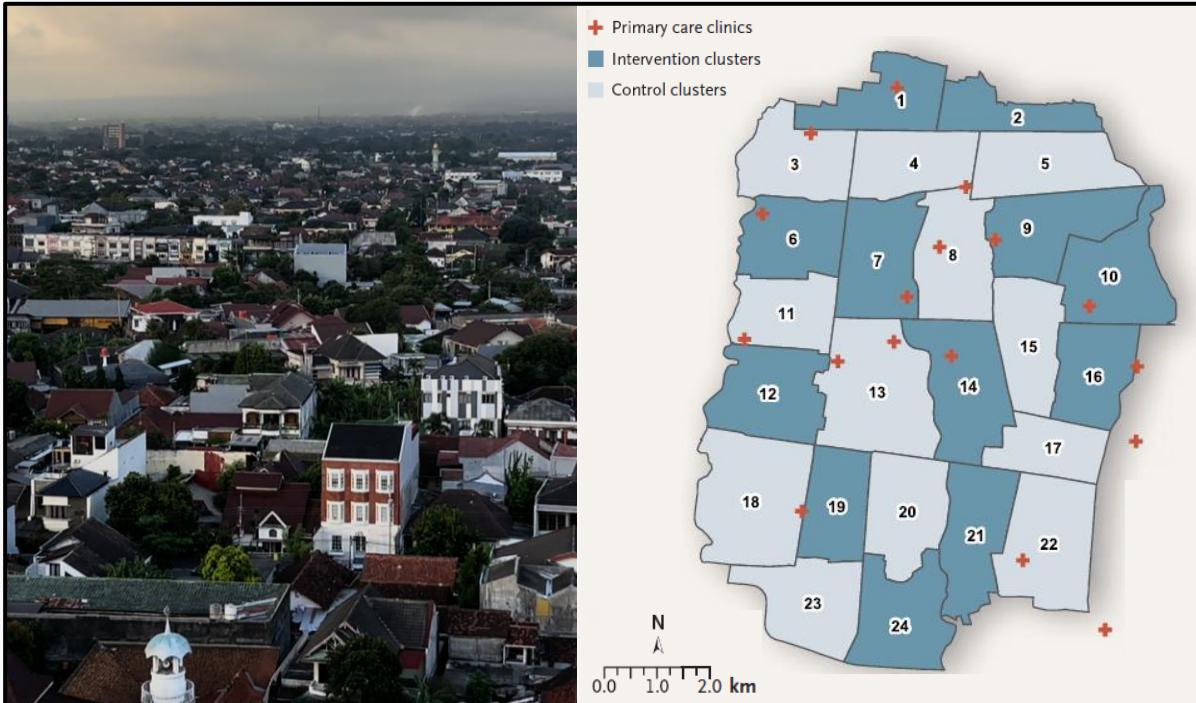


Reduced vector competence AND
increased extrinsic incubation period

Cluster randomised trials – Wolbachia population modification

AWED trial (2018-2020)

Yogyakarta, Indonesia. Pop 450k



Intervention: wMel-infected egg releases (9 – 14 weeks)

Design: 24 clusters randomised 1:1

Test-negative design (case-control), 27 months enrolment

Population: 3 – 45 years

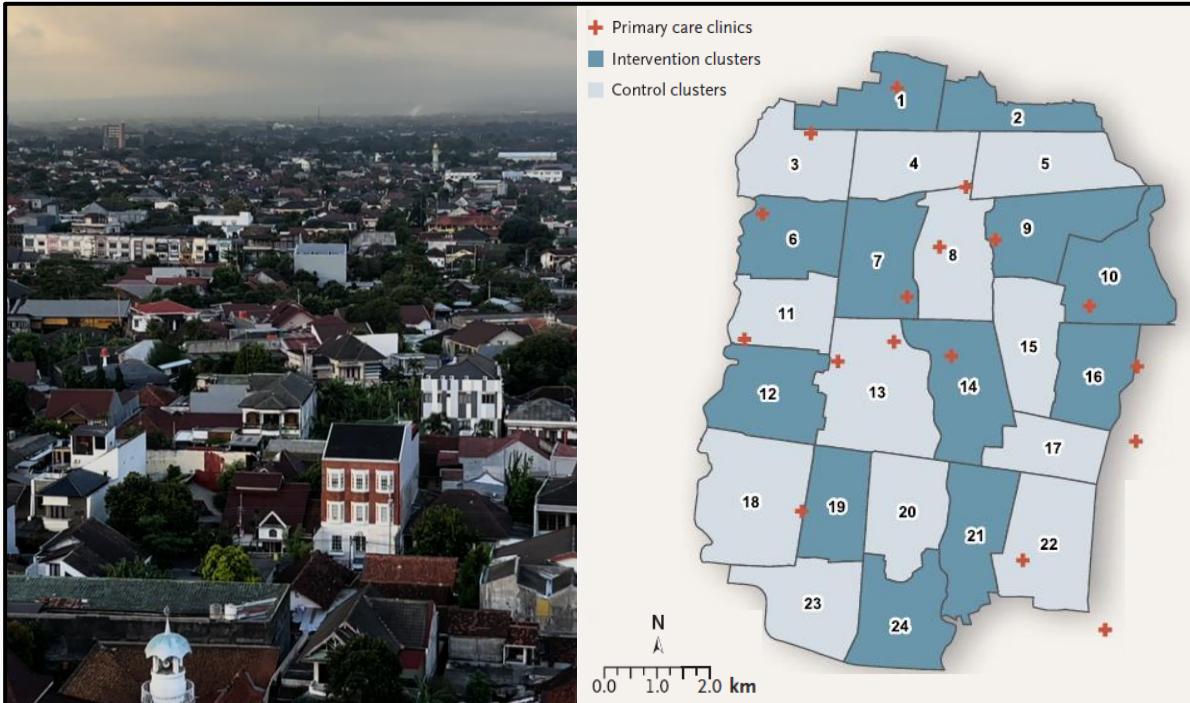
Outcome: Disease (virologically-confirmed dengue/chik/Zika)

- Cluster randomised test-negative design
- Febrile patients enrolled from 18 primary care clinics (Jan 2018 – March 2020)
- **Outcome status** determined by laboratory diagnostics as virologically-confirmed dengue case or test-negative control
- **Exposure status** (intention-to-treat) determined by residence in Wolbachia-treated or untreated cluster
- Per-protocol analysis accounts for measured wMel frequency in cluster of residence and visited locations

Cluster randomised trials – Wolbachia population modification

AWED trial (2018-2020)

Yogyakarta, Indonesia. Pop 450k



Intervention: wMel-infected egg releases (9 – 14 weeks)

Design: 24 clusters randomised 1:1

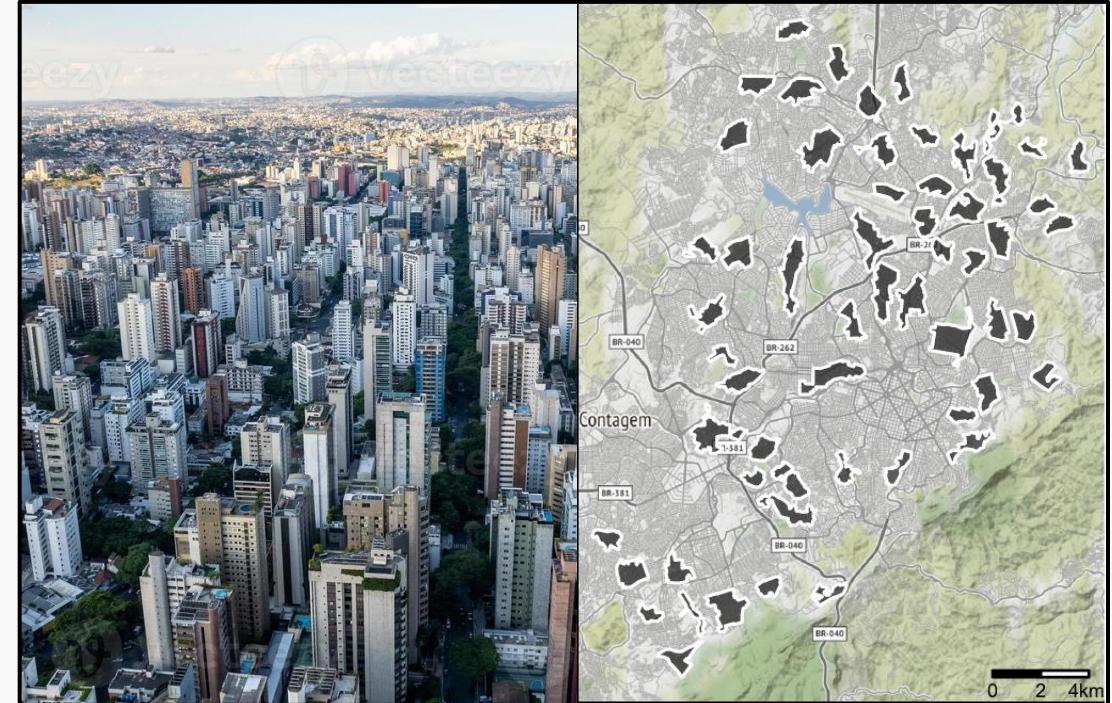
Test-negative design (case-control), 27 months enrolment

Population: 3 – 45 years

Outcome: Disease (virologically-confirmed dengue/chik/Zika)

EVITA Dengue trial (2020–2024)

Belo Horizonte, Brazil. Pop 2.3M



Intervention: wMel-infected adults (16 weeks + up to 16 weeks)

Design: 58 clusters randomised 1:1

School-based cohort, 3 years follow-up

Population: 7 – 13 years

Outcome: Infection (seroincidence of DENV, ZIKV, CHIKV)

Cluster randomised trials – Wolbachia population suppression

Project Wolbachia (NEA)

Singapore. Pop 5.9M



Intervention: wAlb-infected & irradiated male *Ae. aegypti* (2x/week)

Design: 15 clusters randomised 8:7

Test-negative design (case-control), 2 years duration

Population: All ages

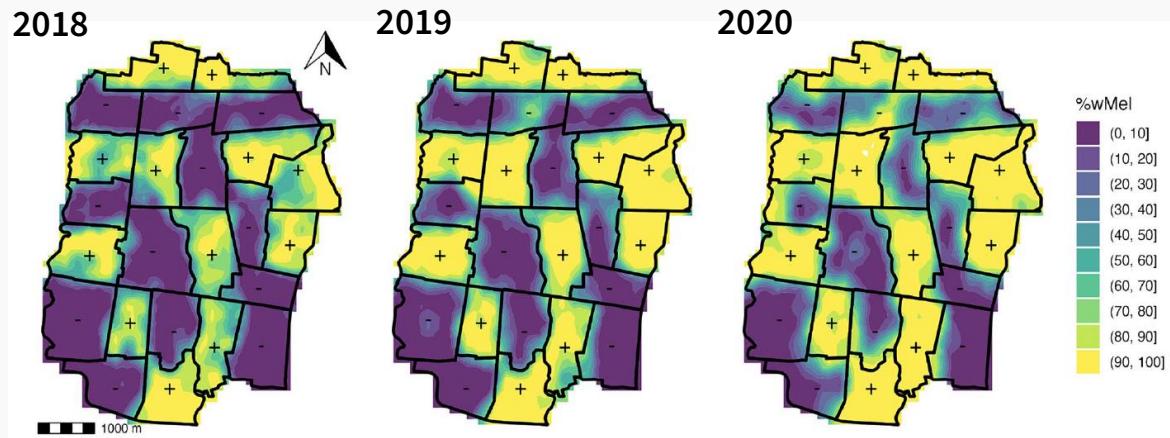
Outcome: Disease (notified suspected & confirmed dengue cases)

cRCT Challenges & Limitations:

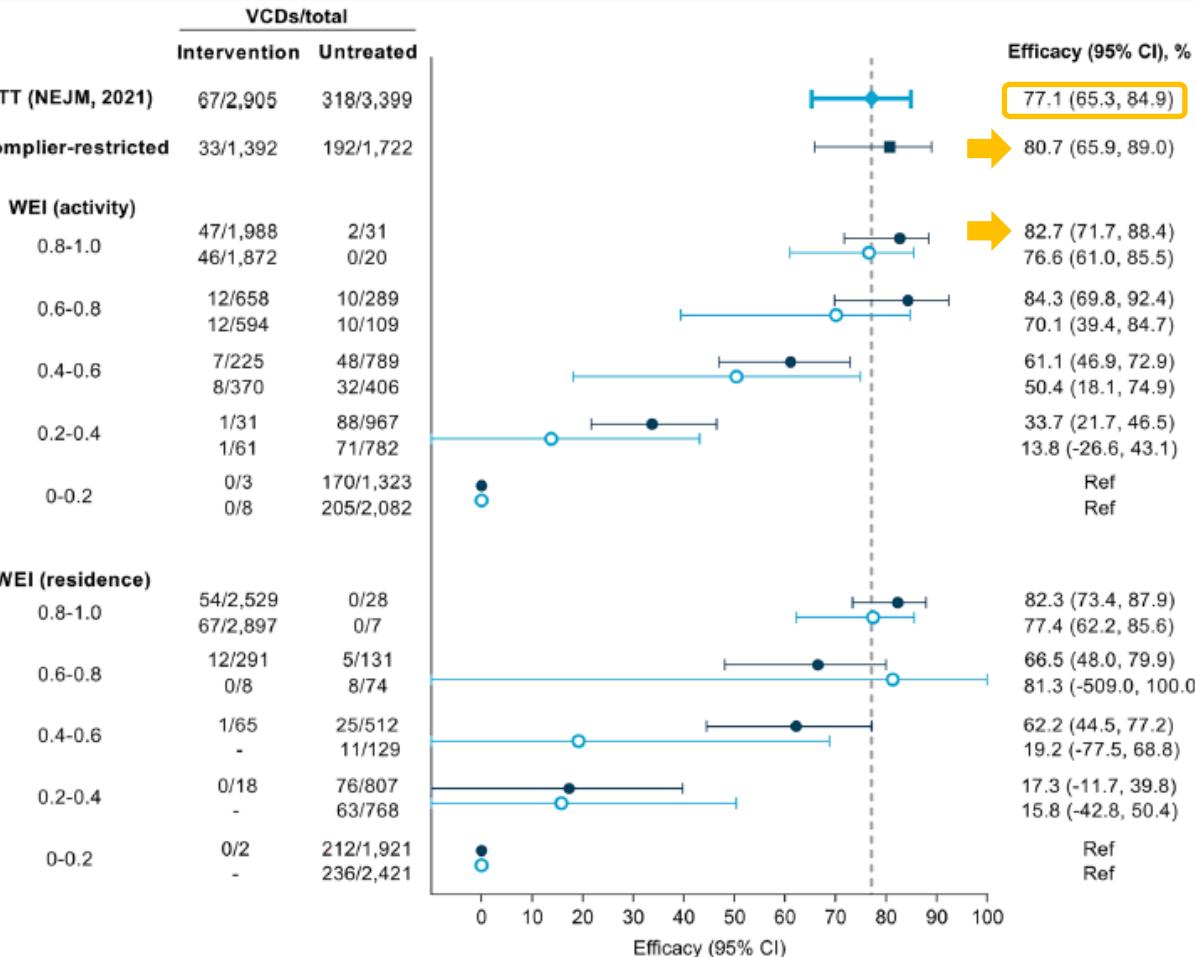
- Slow and expensive
- Number and size of spatial units
 - Sufficient number for adequate power
 - Sufficient size for area-level effects
- Dengue temporal variability: 2+ year trial
- Dengue spatial variability: residual confounding?
- Dilution of the measurable effect size
 - Spillover of the intervention
 - Invasion of wild-type mosquitoes
 - Human population mobility
- External generalisability to other settings?

Spillover and human mobility – AWED cRCT (Yogyakarta)

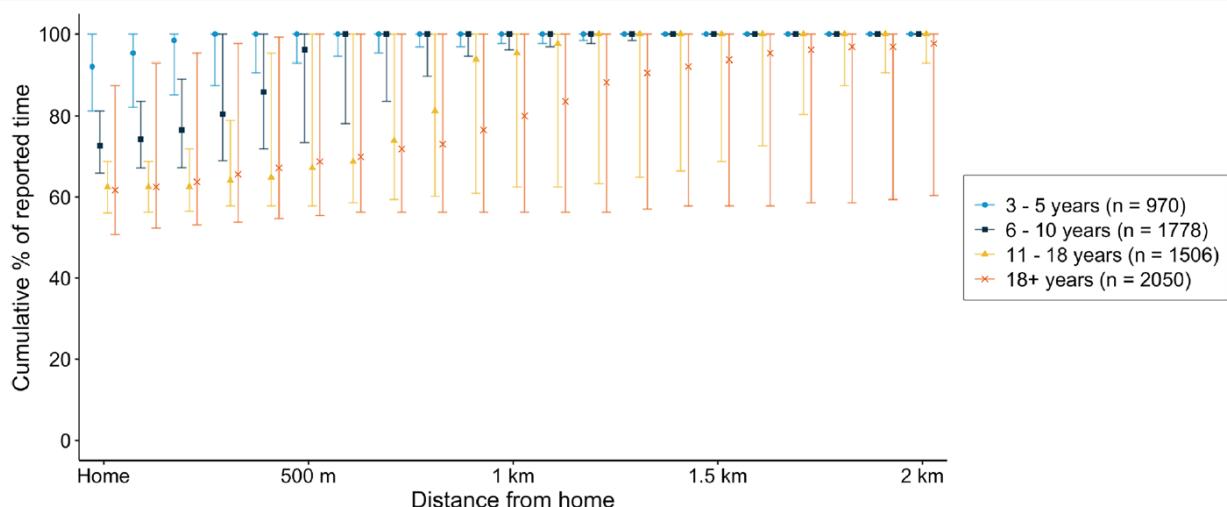
Some wMel spillover into untreated clusters during 27-month trial period



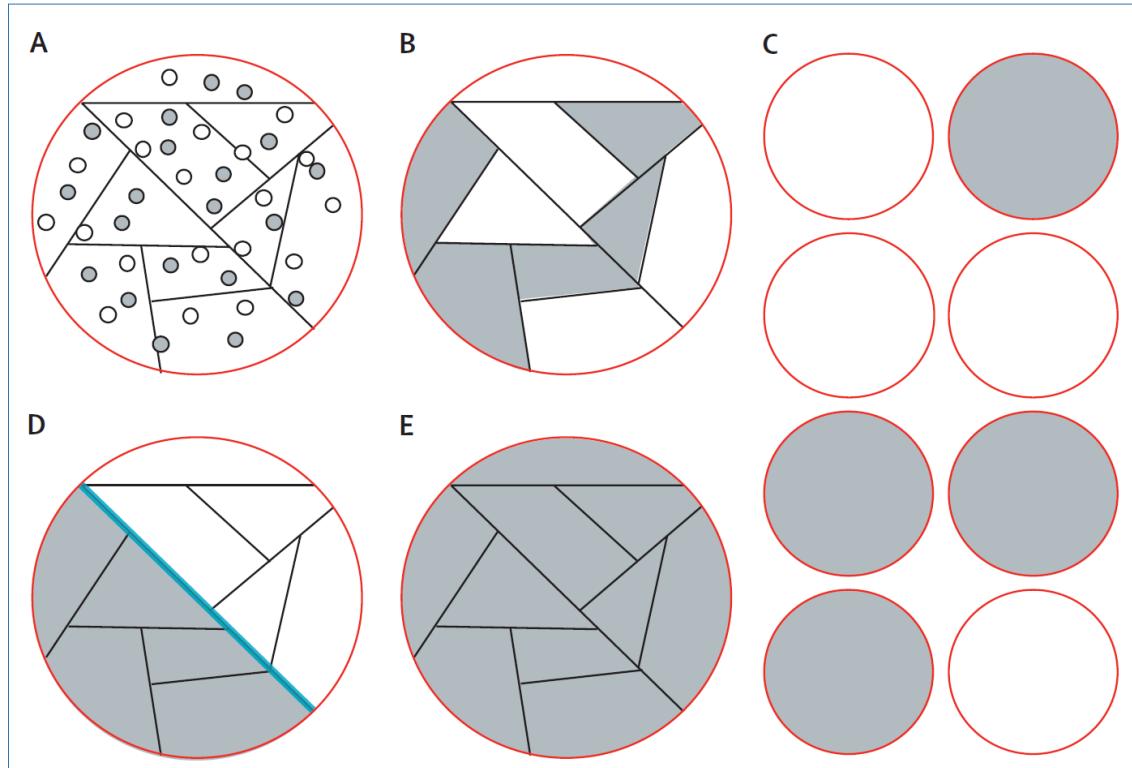
Only marginal increase in efficacy by accounting for spillover & mobility



Age-dependent mobility patterns – young children mostly close to home



Non-randomised & quasi-experimental designs



Schematic of trial designs for urban mosquito control interventions.

Abad-Franch, F. (2025) *Lancet Inf Dis.* doi.org/10.1016/S1473-3099(25)00145-8

Advantages:

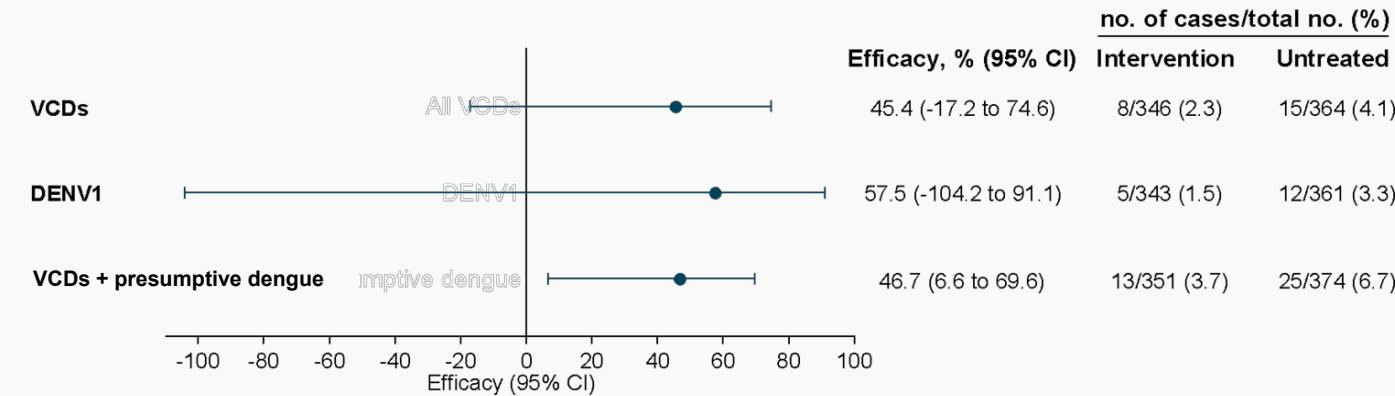
- Larger areas reduce dilution by spillover & mobility
- More representative of real-world intervention delivery and population-level impact

Challenges:

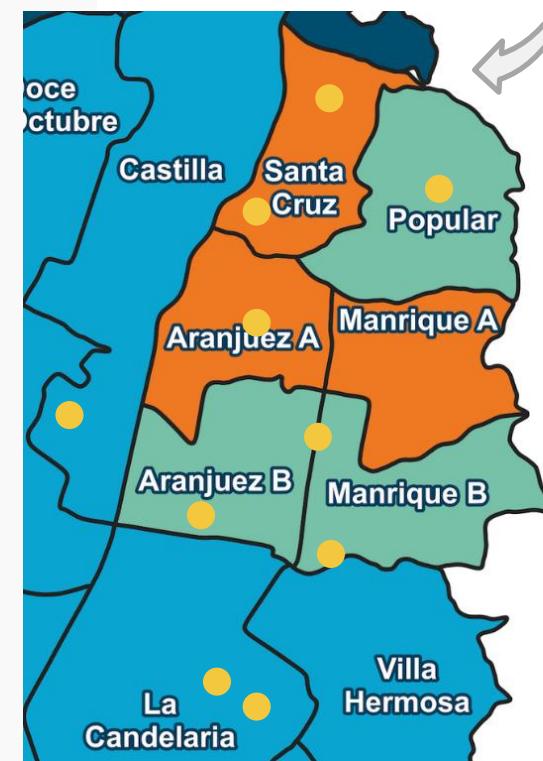
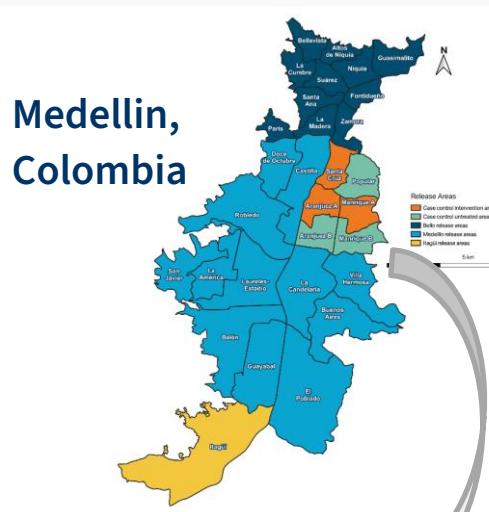
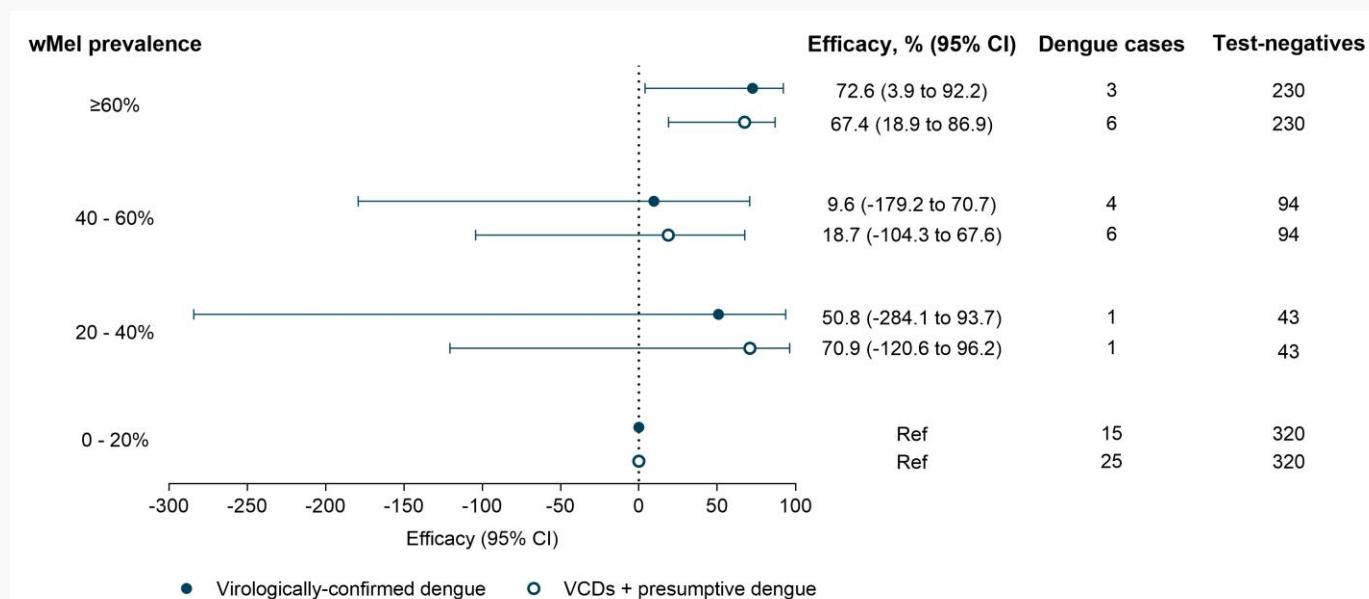
- Still need a counterfactual for 'what would have happened without the intervention'
 - Pre-defined parallel control areas
 - 'Stepped-wedge' phased roll-out
- Challenge of spatial & temporal variability
- Sensitivity/specificity/consistency of routine disease surveillance data

Prospective case-control (Test-negative design)

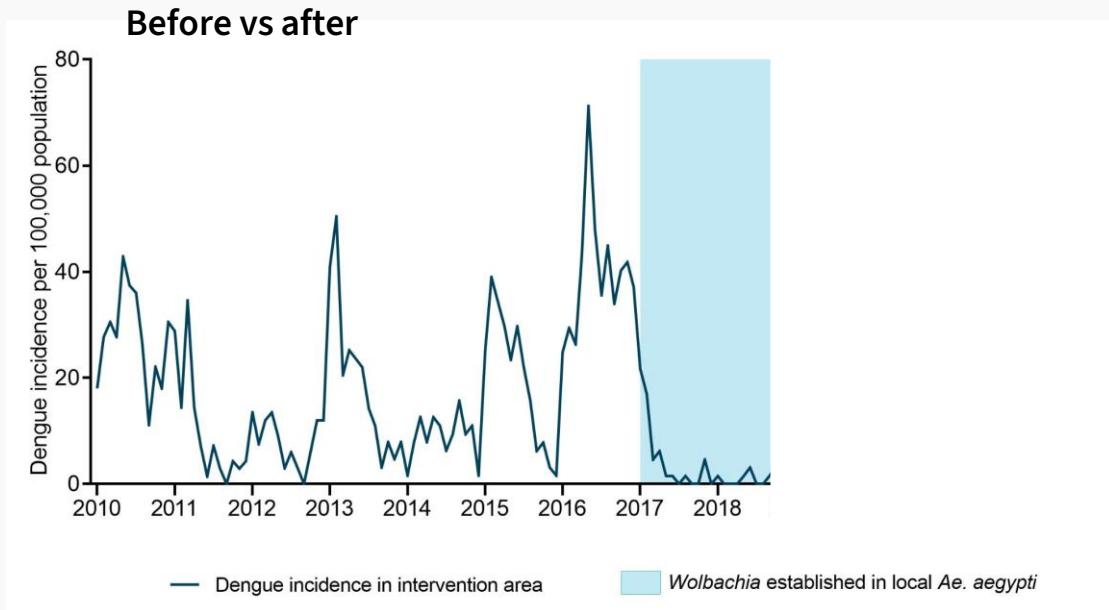
Intention-to-treat:
residence in
Wolbachia-treated
vs untreated area



Per-protocol:
quantitative
Wolbachia
exposure based on
measured wMel%



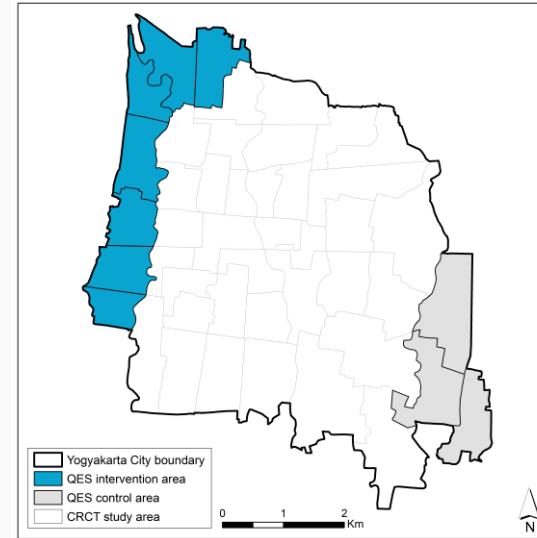
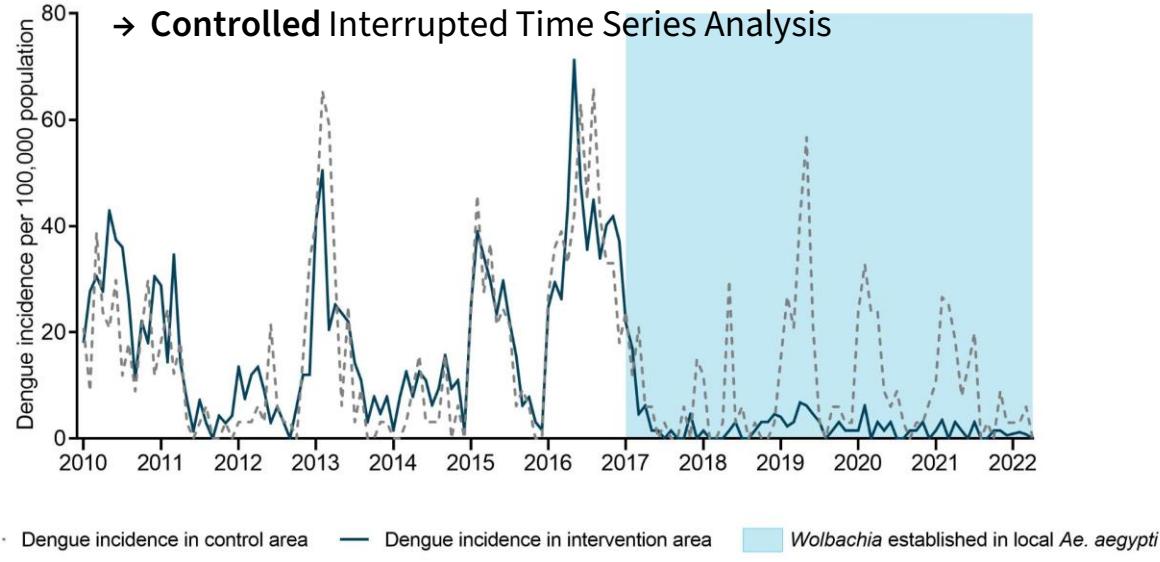
Interrupted time series analysis



Interrupted time series analysis

Before vs after AND treated vs untreated

→ Controlled Interrupted Time Series Analysis

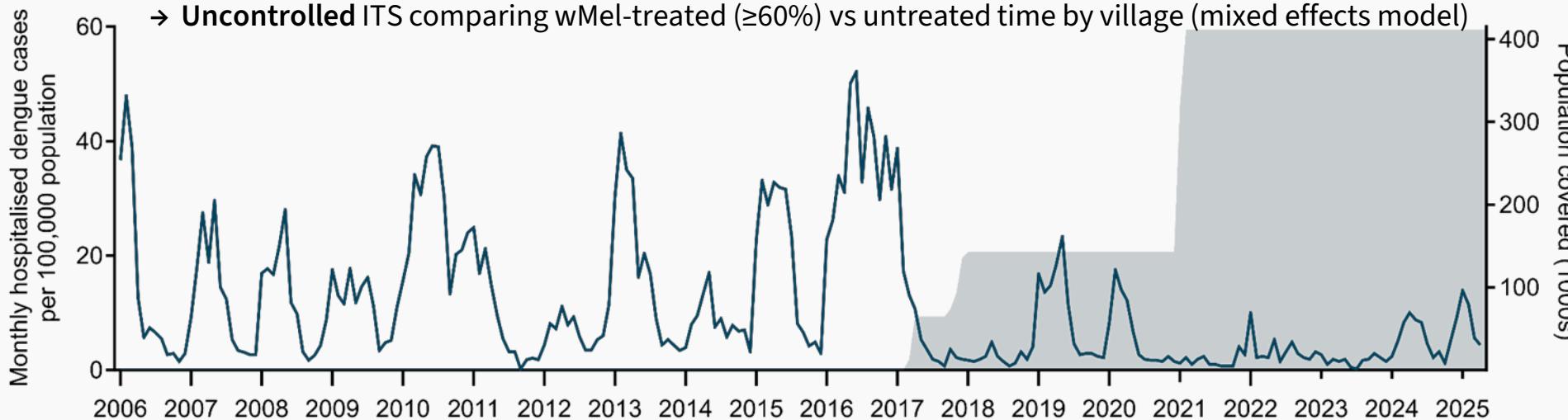


Effect estimate:

80% reduction in dengue incidence
(95%CI 70 – 87%)

City-wide Wolbachia coverage: no remaining untreated areas

→ Uncontrolled ITS comparing wMel-treated ($\geq 60\%$) vs untreated time by village (mixed effects model)



Effect estimate:

78% reduction in dengue incidence
(95%CI 76 – 81%)

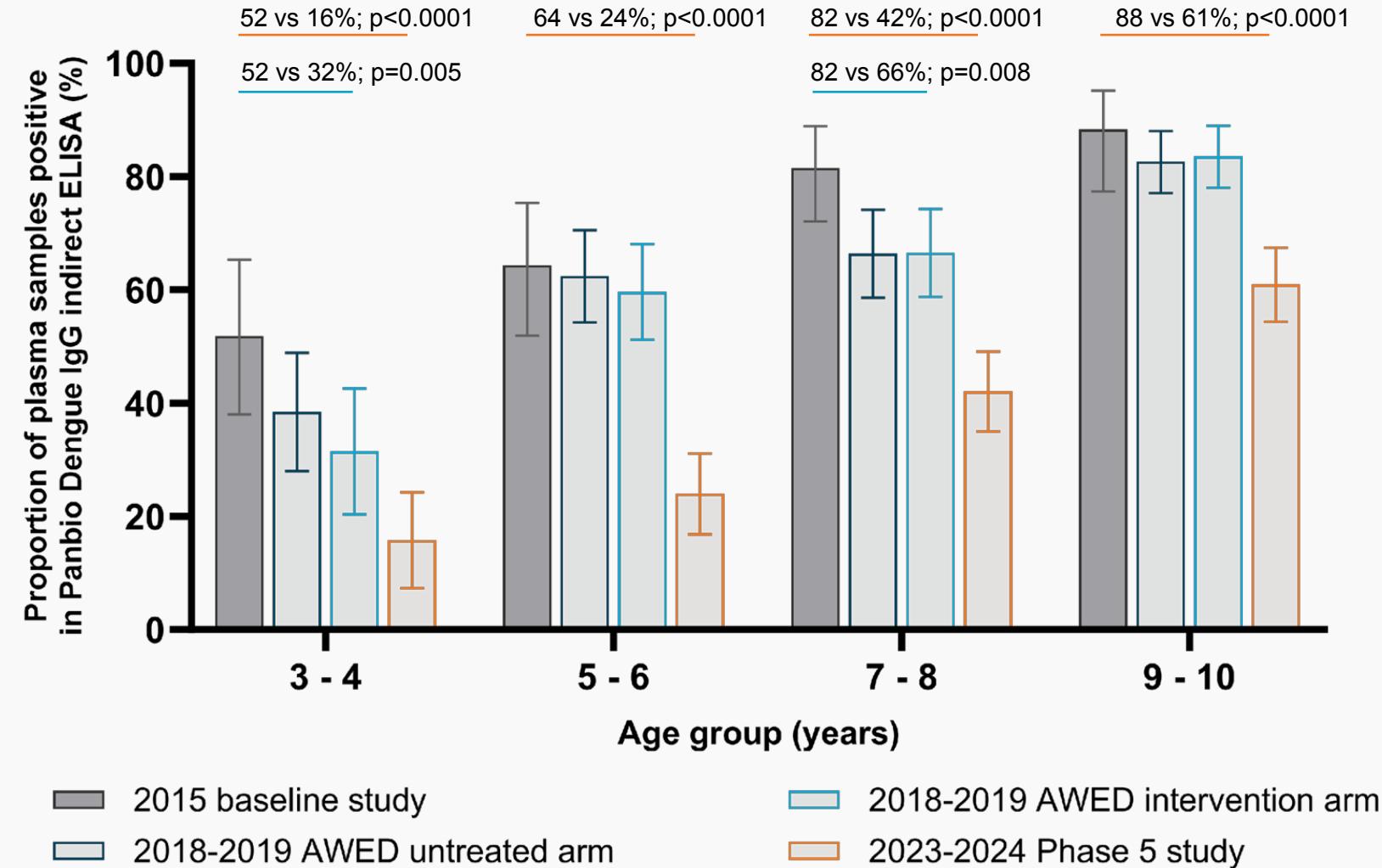
Reduction in population seroprevalence – Yogyakarta, Indonesia

Repeat cross-sectional age-stratified serological sampling.

Test for antibodies indicative of prior dengue (flavivirus) infection.

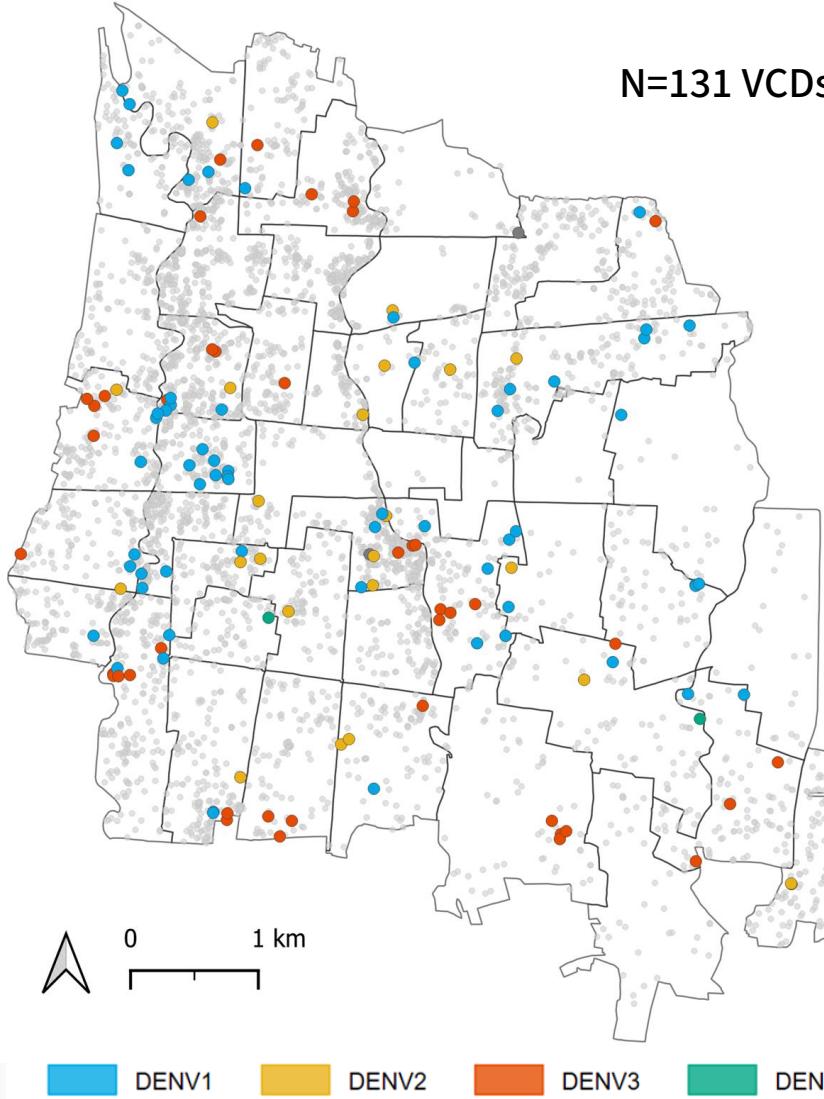
Consistent with Wolbachia-mediated interruption of DENV transmission.

Increase in median age of first infection from <4 years in 2015 to >8 years in 2024.

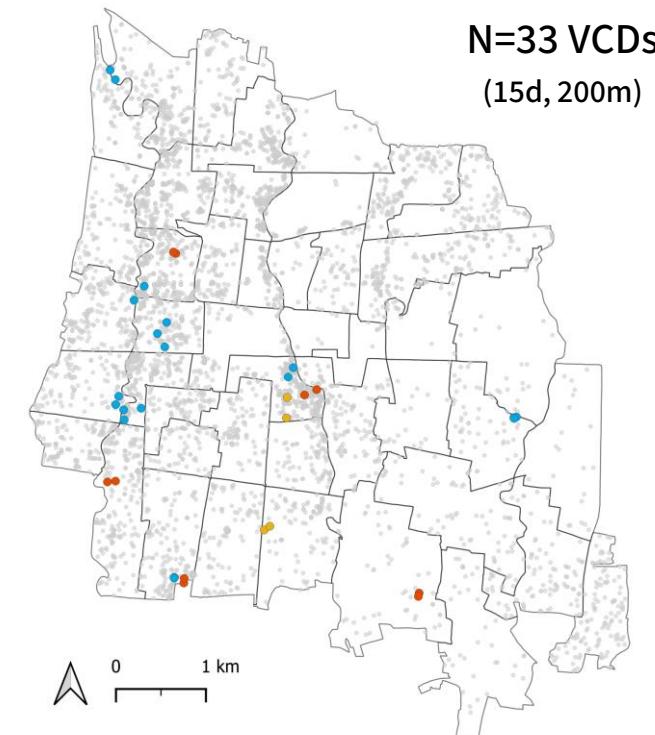
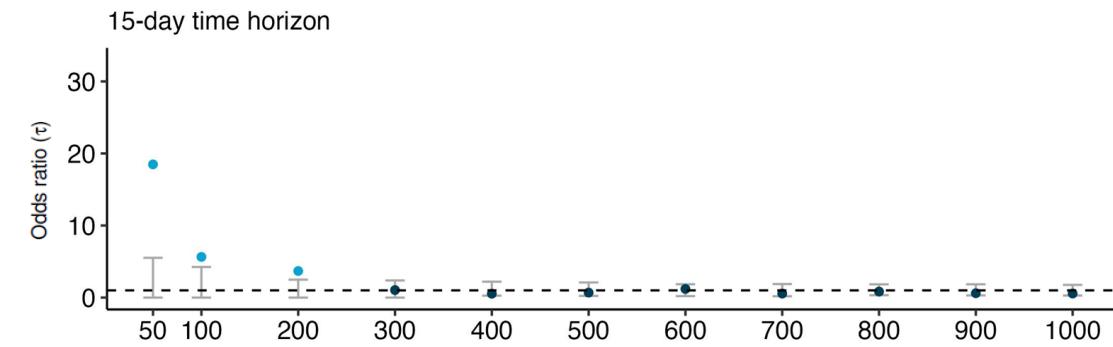


Spatiotemporal clustering of potentially 'transmission-related' cases

Yogyakarta Jan 2023 – Sept 2024:
post-intervention enhanced clinical surveillance.



Spatiotemporal clustering of homotypic dengue cases resident ≤ 200 m apart



Summary

Although Cluster Randomised Trials are considered gold-standard, some limitations for evaluating epidemiological impact of innovative vector control tools implemented at area-level.

Pragmatic quasi-experimental approaches can provide robust evidence of population-level impact over time, especially if long pre- and post-intervention periods, reproducible across settings, and untreated comparators where available.

Spatial and temporal variability of dengue important in both randomised trials and quasi-experimental designs
→ beware comparisons of 1y pre- vs 1y post-intervention, or intervention area vs one selected untreated area

Additional approaches including spatiotemporal clustering analysis and serological surveillance can provide additional evidence of intervention effectiveness post-implementation.

Universitas Gadjah Mada

Citra Indriani

Riris Andono Ahmad

Eggi Arguni

Endah Supriyati



WMP/Monash

Cameron Simmons

Stephanie Tanamas

UCSF Suzanne Dufault

UC Berkeley Nick Jewell



University of California
San Francisco



Etudes d'impact des nouvelles méthodes de LAV

Étude de l'impact des nouvelles méthodes de lutte anti-vectorielle sur l'environnement

par Edwige Rancès

Etude de l'Impact des nouvelles méthodes de
lutte anti-vectorielle
sur
I'ENVIRONNEMENT

Edwige Rancès



World
Mosquito
Program™



MONASH
University

Postulat

La lutte anti-vectorielle impose un changement sur l'environnement et donc un potentiel impact.

Formulation du problème

Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à l'environnement?

Définition du contexte et d'une échelle de temps
e.g. France métropolitaine ou territoires Outre-mer
e.g. 10 ans, 20 ans, 30 ans, etc...

Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à l'environnement?

Identification du contexte et de l'échelle de temps



Données scientifiques

Identification des composantes de l'environnement valorisées par la société civile et protégées par les lois ou politiques pertinentes, **respectueuses de l'environnement.**

Environmental policy protection goals
Ecosystem services
(Devos et al., 2015)



Données scientifiques



Analyse du risque



Soutien aux agences réglementaires

Analyse du risque

Processus d'estimation des probabilités et des conséquences attendues des risques identifiés

Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à un environnement donné (composantes définies) sur une échelle de temps Y?

Analyse du risque

Identification des dangers/facteurs de stress

- Quels pourraient être les effets indésirables?
- Comment un dommage pourrait-il survenir?



Evaluation des risques

- Quelle est la probabilité qu'un préjudice survienne?



Gestion du risque



Communication du risque

Définitions

Dangers ou facteurs de stress : Produit, organisme, activité, événement ayant un effet nocif pour l'environnement.

Risque : probabilité d'occurrence et l'ampleur des conséquences de la réalisation d'un effet nocif.

Gestion du risque : processus et politique définis promulgués par les agences de réglementation gouvernementales (tiennent compte de l'évaluation du risque et d'autres facteurs).

Communication du risque : échange d'informations entre les évaluateurs du risque, les gestionnaires du risque, et toutes personnes concernées par le risque et les décisions prises avant la mise en place d'une réglementation finale.

Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à un environnement donné (composantes définies) sur une échelle de temps Y?



Identification des dangers/facteurs de stress

- Quels pourraient être les effets indésirables?
- Comment un dommage pourrait-il survenir?



Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à un environnement donné (composantes définies) sur une échelle de temps Y?



Identification des dangers/facteurs de stress



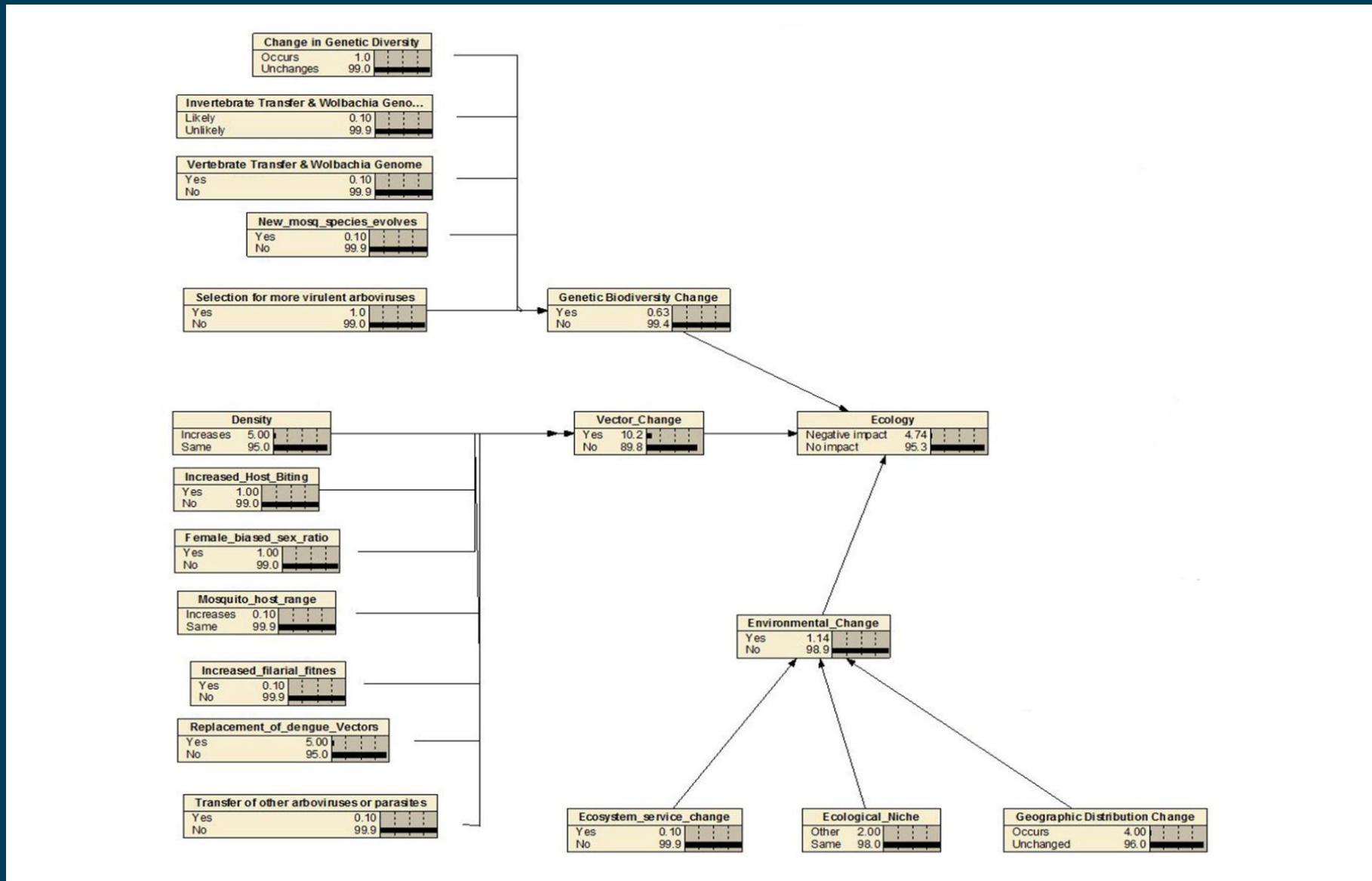
Evaluation des risques

- Quelle est la probabilité qu'un préjudice survienne?



- Large éventail d'experts et de parties prenantes concernées
- Etude qualitative et quantitative
 - o Utilisation d'un réseau Bayésien (courant) pour recueillir l'avis d'experts et données scientifiques sur les dangers/facteurs de stress et formuler la probabilité de succès ou d'échec.
 - o Utilisation de l'apprentissage supervisé, technique de “machine learning” pour entraîner des modèles d'intelligence artificielle.
- Quelle pourrait être la gravité du préjudice (conséquence)?
- Quel est le niveau de risque (probabilité x ampleur des conséquences)?

Réseau Bayésien



Échelles pour évaluer la probabilité et les conséquences des dangers identifiés

Scale	Negligible	Very Low	Low	Moderate	High	Very High
Probability	0 – 0.01	0.02 – 0.10	0.11 – 0.40	0.41 – 0.74	0.75 – 0.89	0.90 – 1

Scale	Definition
Negligible	Almost no change
Very low	Insignificant impact on human health and social economy
Low	Very low impact or no damage to the ecosystem
Moderate	Adverse health effects but is reversible and minor impact on the social economy Damage to the environment or disruption to local biodiversity that is reversible and limited in time and space or numbers affected
High	Adverse health effects that are difficult to reverse, but not life-threatening and lead to moderate social-economic impact Long term damage to the environment or disruption to biodiversity but is still reversible
Very high	Adverse health effects that are severe, widespread, irreversible, life-threatening and devastating to the social-economic conditions Extensive damage to the environment or extensive biodiversity and physical ecosystem, communities or an entire species that persist and is not readily reversible

Matrice d'évaluation des risques

		Consequence					
		Negligible	Very Low	Low	Moderate	High	Very High
Likelihood	Negligible	Negligible Risk	Very Low Risk				
	Very Low	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk
	Low	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk
	Moderate	Negligible Risk	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk
	High	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk	Extreme Risk
	Very High	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk	Extreme Risk

Niveau de risque

LIKELIHOOD	CONSEQUENCE						
		Negligible	Very low	Low	Moderate	High	Very high
Negligible	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk Change in genetic diversity Female biased sex ratio Mosquito host range Ecosystem service change	Negligible Risk Selection for more virulent arboviruses Invertebrate transfer and Wolbachia genome Increased host biting Increased filarial fitness Transfer of other arboviruses or parasites More cases Severity of disease Feeding frequency Increased biting Cause More Harm	Very Low Risk Genetic biodiversity change Vertebrate transfer and Wolbachia genome New mosquito species evolves Environmental change
Very low	Negligible Risk Economic change Health care Tourism Lost income Expense change	Negligible Risk Migration Increased complacency Avoidance strategies	Negligible Risk Insecticide resistance Strain selection	Negligible Risk Ecological effect Ecological niche Geographic distribution change Mosquito behaviour change Standard of public health Interference with other dengue controls Mosquito density Other pathogens	Very Low Risk Density Mosquito management efficacy Increased difficulty to control More dengue occurs Increased dengue virulence Dengue evolution Dengue vector competence Host preference Non dengue vector competence	Low Risk Vector change Replacement of dengue vectors	
Low	Negligible Risk	Negligible Risk	Negligible Risk Social-behavioural change Nuisance biting	Very Low Risk Economic and socio-cultural effect Scapegoating Household control	Low Risk Adverse media Dengue transmission	Moderate Risk	
Moderate	Negligible Risk	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk Social fear	Moderate Risk Social conflict Class action	High Risk	
High	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk	Extreme Risk	
Very high	Negligible Risk	Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk	Extreme Risk	

Est-ce que la méthode X de lutte anti-vectorielle va nuire à l'environnement?

Identification du contexte et de l'échelle de temps



Identification des composantes de l'environnement valorisées par la société civile et protégées par les lois ou politiques pertinentes, **respectueuses de l'environnement.**

Environmental policy protection goals
Ecosystem services
(Devos et al., 2015)

Données scientifiques



Données scientifiques



Analyse du risque



Biais :

- **Experts et parties prenantes**
- **Robustesse des analyses**
- **Linguistique**

Biais :

- **Experts et parties prenantes**
- **Robustesse des analyses**
- **Linguistique**

Soutien aux agences réglementaires

Points importants :

- Prise en compte des biais
- Formulation du problème, contexte, échelle de temps
- Pertinence des experts dès la formulation du problème et à chaque étape des analyses et en fonction des dangers soulevés lors des analyses
- Standardisation et harmonisation des évaluations (intra/inter territoires)
- Utilisation d'outils structurés et robustes afin d'extraire des informations sur la pertinence, le niveau de risque posé par chaque danger et les relations entre eux
- Comparaison croisée des analyses de risque
- Évaluation et gestion dynamiques et non définitives (entrée de nouvelles données et prise en compte des changements environnementaux)
- Etude en laboratoire, études en conditions semi-naturelles, études pilotes (prise en compte de la complexité des écosystèmes)
- Approche holistique et non en silo

Durant et après la mise en place d'une nouvelle technologie :

- Surveillance de changements environnementaux sur le terrain avec une mise en place d'un système de gestion de l'information (recueil des données - traitement - communication & action)
- Etude des risques et changements identifiés afin de générer des données et en informer les analyses de risque et la gestion du risque (science et politiques coordonnées, processus continu et sur le long terme)
- Collaborations et échanges entre des équipes de recherche, les agences gouvernementales (intra/inter territoires)

“Tous les programmes de lutte antivectorielle, aussi bénins soient-ils consomment de l'énergie, nécessitent diverses ressources pour leur production et leur déploiement, et génèrent des déchets. Les outils les plus durables sur le plan environnemental visent à réduire les émissions et les coûts opérationnels, à investir dans les technologies et des pratiques communautaires et à limiter la nécessité d'interventions répétées” (Greg Devine personal communication).

Etudes d'impact des nouvelles méthodes de LAV

Déterminants psychosociaux de l'acceptabilité des méthodes innovantes en LAV

par Jocelyn Raude

L'acceptabilité sociale des méthodes innovantes en lutte antivectorielle

Journées scientifiques d'Arbo-France



Jocelyn Raude, PhD, HDR

Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique
Département des Sciences Humaines et Sociales
UMR ARENES (EHESP, CNRS, INSERM)
Equipe de recherche sur les services de santé
Laboratoire de Psychologie : Cognition,
Comportement et Communication (LP3C)



L'acceptabilité sociale des technologies » : un concept problématique !

Le concept « d'acceptabilité sociale » est largement utilisé dans la littérature dédiée aux développements technoscientifiques. Il faut toutefois noter :

- qu'il s'agit d'un **concept ancien** qui émerge avec le développement de l'énergie nucléaire...
- qu'il s'agit d'un concept **souvent mal défini**...
- qu'il existe au sein des SHS différentes **définitions plus ou moins convergentes**...
- que la mesure du concept fait toujours débat.

- « *degré potentiel d'acceptation d'une technologie par les utilisateurs* » (Bobillier-Chaumon et Dubois, 2009, p. 421)
- « *patients' assessment of the **acceptability**, suitability, adequacy or effectiveness of care and treatment* » (Stainszewska et al, 2010, p.312).
- « *extent to which people delivering or receiving a healthcare intervention consider it to be **appropriate*** » (Sekhon et al, 2017, p. 4)

L'acceptabilité sociale des technologies : un concept problématique !

En santé publique, la notion « d'acceptabilité » est par souvent utilisée dans la littérature de manière équivalente avec les concepts suivants :

- **L'adhésion** du public à des recommandations de santé publique.
- **L'acceptation** de mesures de santé publique.
- **L'indécision** ou **l'hésitation** à utiliser une technologie de prévention, c'est-à-dire le spectre d'attitudes qui va de l'acceptation au rejet « inconditionnel ».

L'acceptabilité sociale des technologies : un concept problématique !

**Technologies ou
innovations de LAV à
utilisation individuelle
(prévention active)**



**Modèles de choix
individuel basés sur les
usages ou les intentions
comportementales**



**Technologies ou
innovations de LAV à
utilisation collective
(prévention passive)**



**Modèles de choix collectif
basés sur les processus
d'influence sur les
décisions politiques**



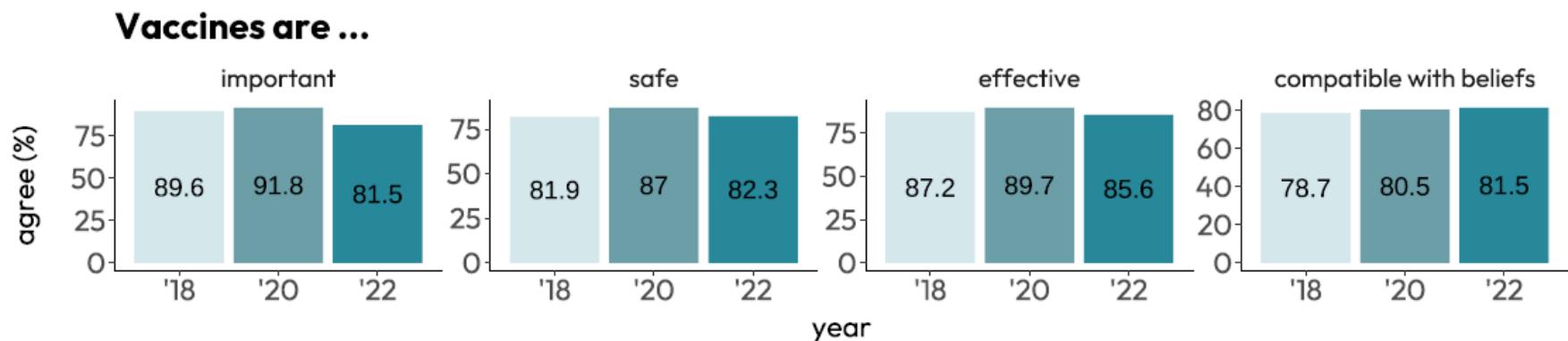
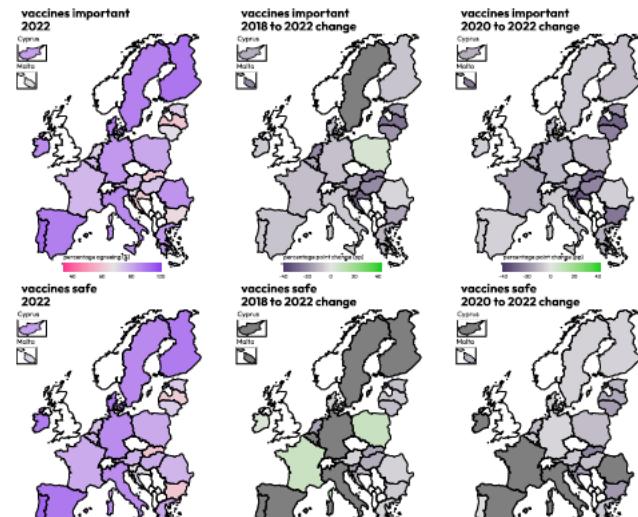
**Attitudes et perceptions des populations, notamment vis à vis de
la sécurité et l'efficacité de la technologie**

La mesure de l'acceptabilité des technologies sensibles dans les enquêtes européennes

L'acceptabilité sociale d'une technologie est mesurée par une variable « proxy » qui est **le soutien déclaré à son développement**. Cette dernière résulte de la combinaison d'un ensemble de facteurs, notamment la perception :

- Des bénéfices individuels ou collectifs de la technologie
- Des risques pour la santé (ou l'environnement)
- D'enjeux d'ordre éthique, philosophique ou religieux

La perception et l'acceptabilité des technologies sensibles



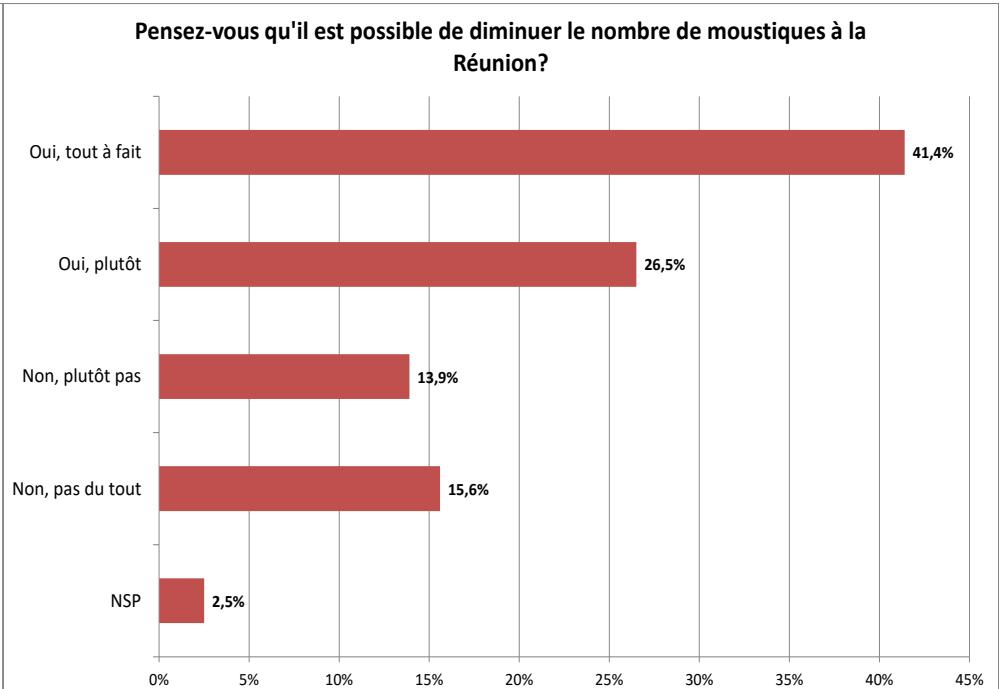
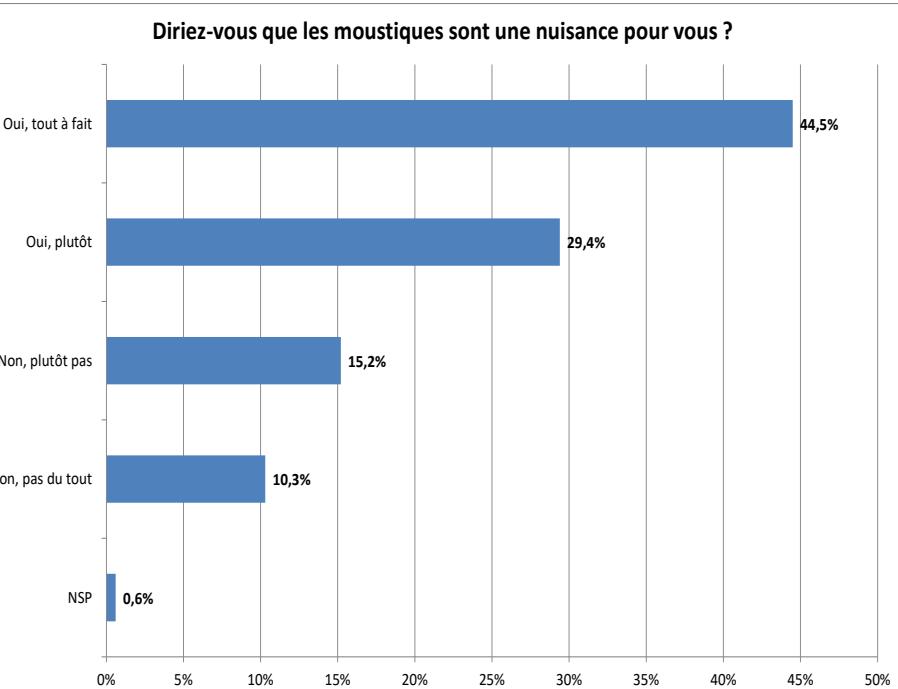
L'ACCEPTABILITÉ DE LA TECHNIQUE DE L'INSECTE STERILE À LA REUNION

Caractéristiques méthodologiques

- Enquête réalisée au domicile des enquêtés (entretiens en face-à-face) par IPSOS
- Période du 24 octobre au 21 novembre 2018
- Echantillon représentatif de la population réunionnaise adulte (n = 1150 individus)
- Questionnaire basé sur la méthode proposée dans les enquêtes européennes sur la perception des technologies sensibles
- Taux de coopération relativement élevé (44,5%)

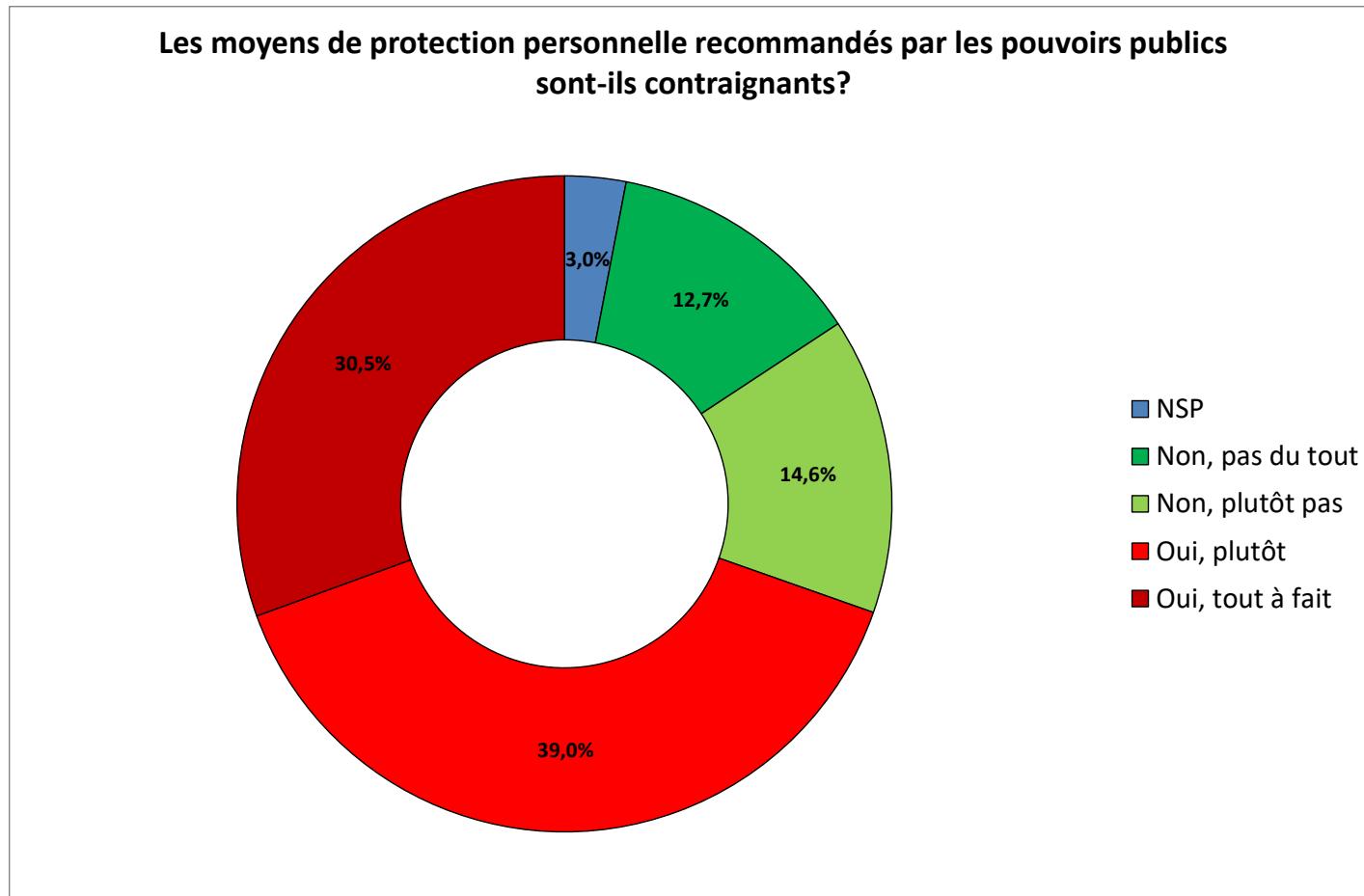
Les principaux enseignements de l'enquête (1)

- Les réunionnais sont majoritairement convaincus de l'intérêt de la LAV...



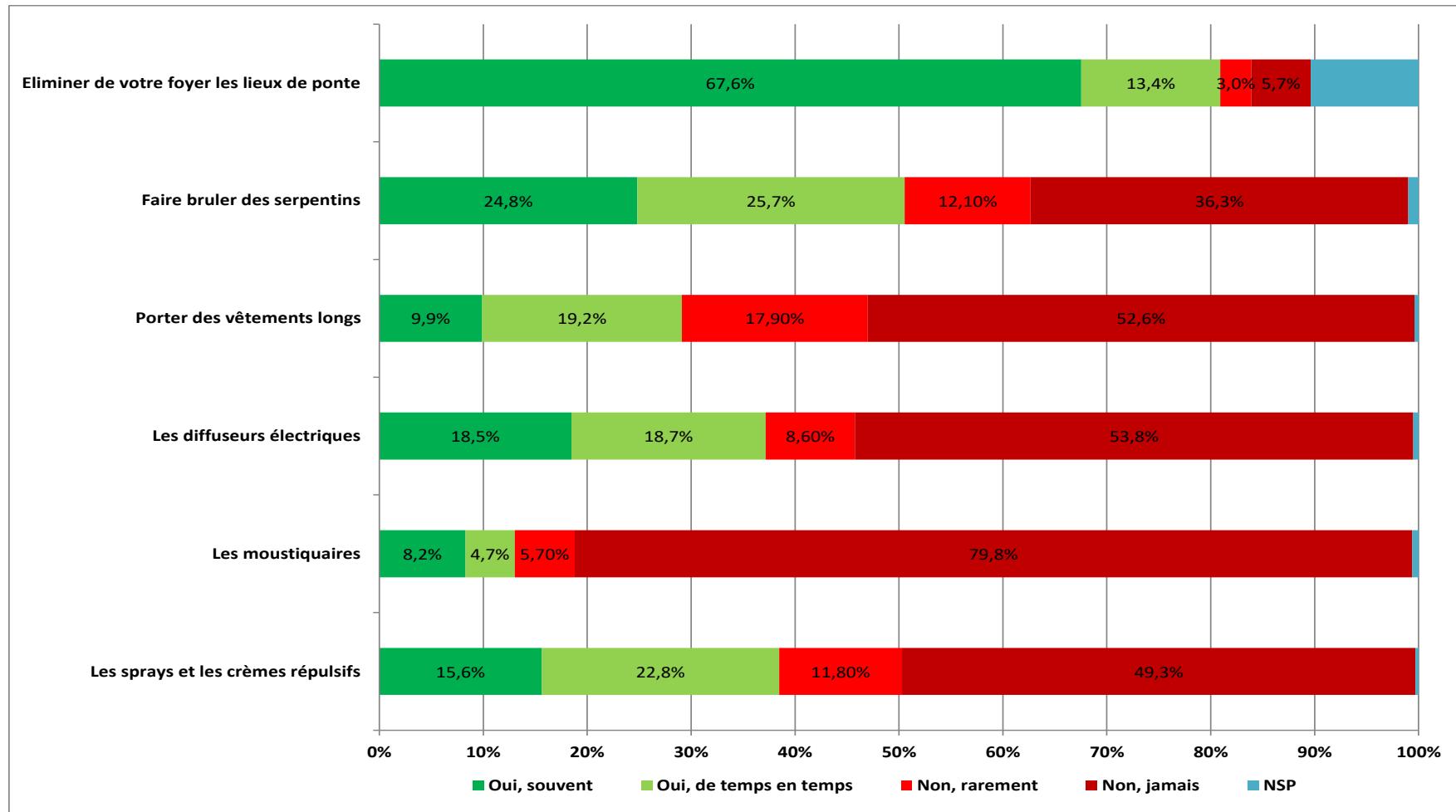
Les principaux enseignements de l'enquête (2)

- Mais ils estiment que les méthodes actuelles sont relativement contraignantes...



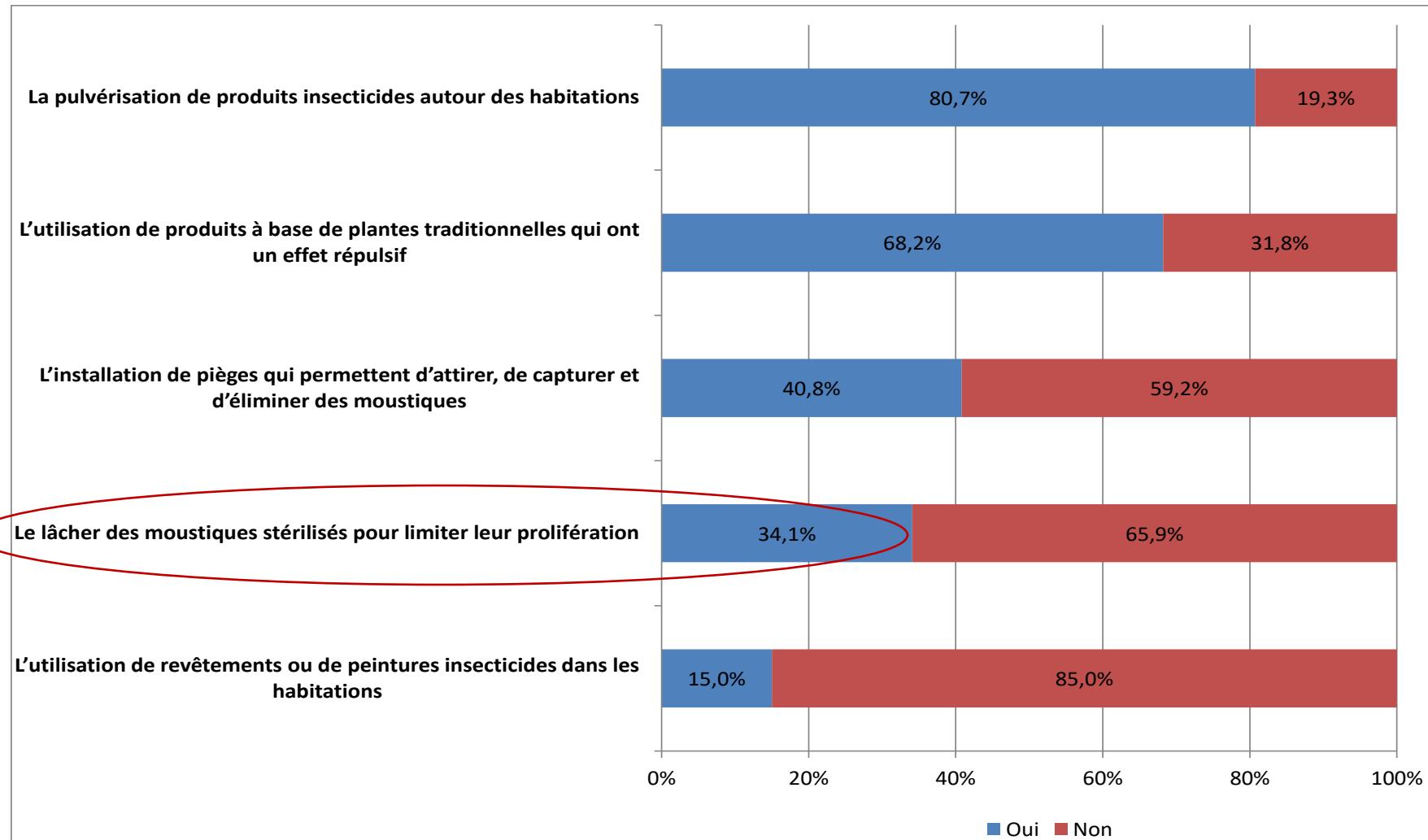
Les principaux enseignements de l'enquête (3)

- Et ils appliquent peu les recommandations des pouvoirs publics en la matière !



Les principaux enseignements de l'enquête (4)

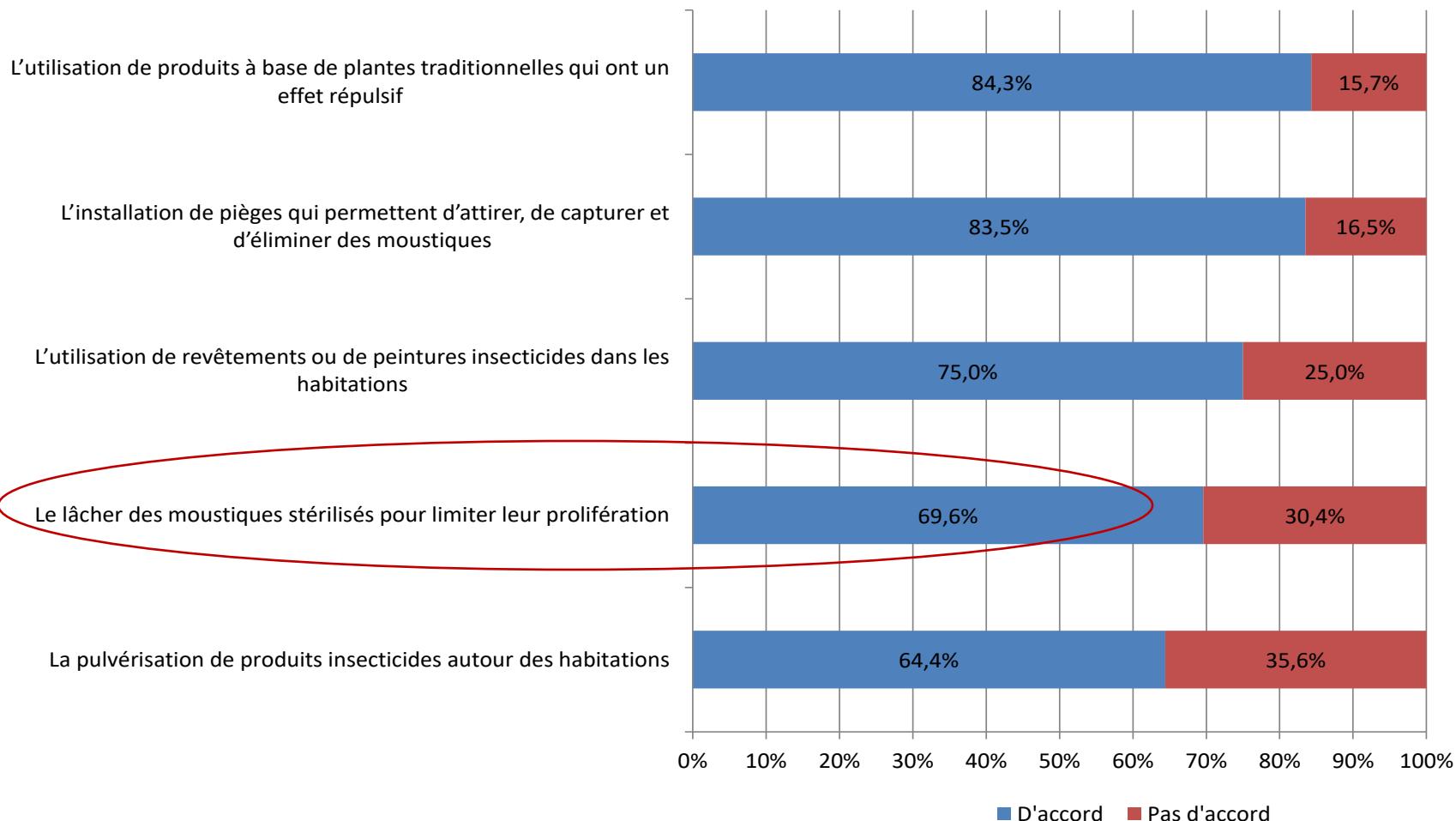
- La TIS est une méthode qui souffre encore d'un déficit de notoriété...



Efficacité perçue : une « prime » à la naturalité

- La TIS est majoritairement perçue comme une méthode efficace pour lutter contre les moustiques

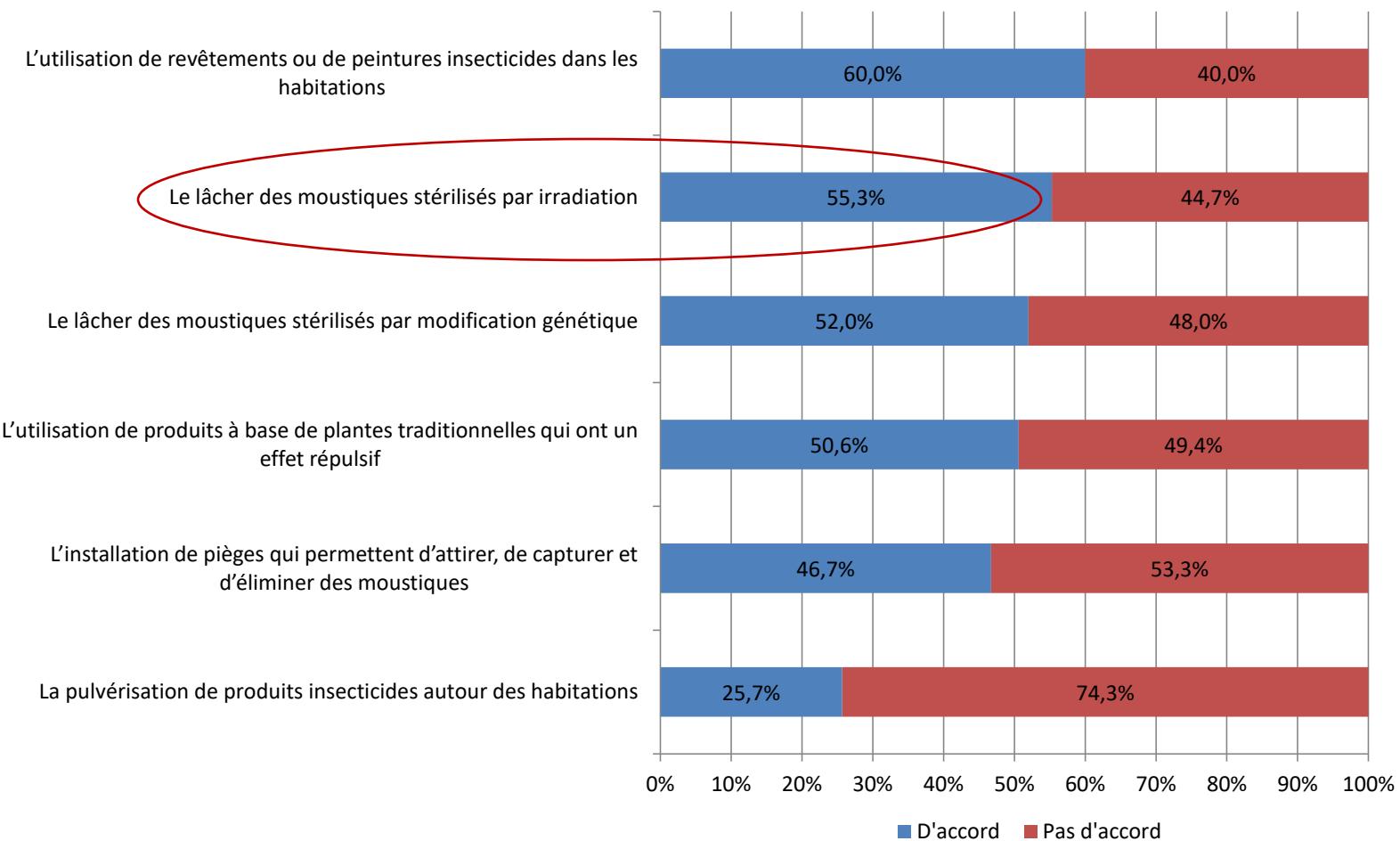
Cette méthode est efficace pour lutter contre les moustiques



Les principaux enseignements de l'enquête (6)

- La TIS est majoritairement perçue comme une méthode sans risque pour la santé humaine

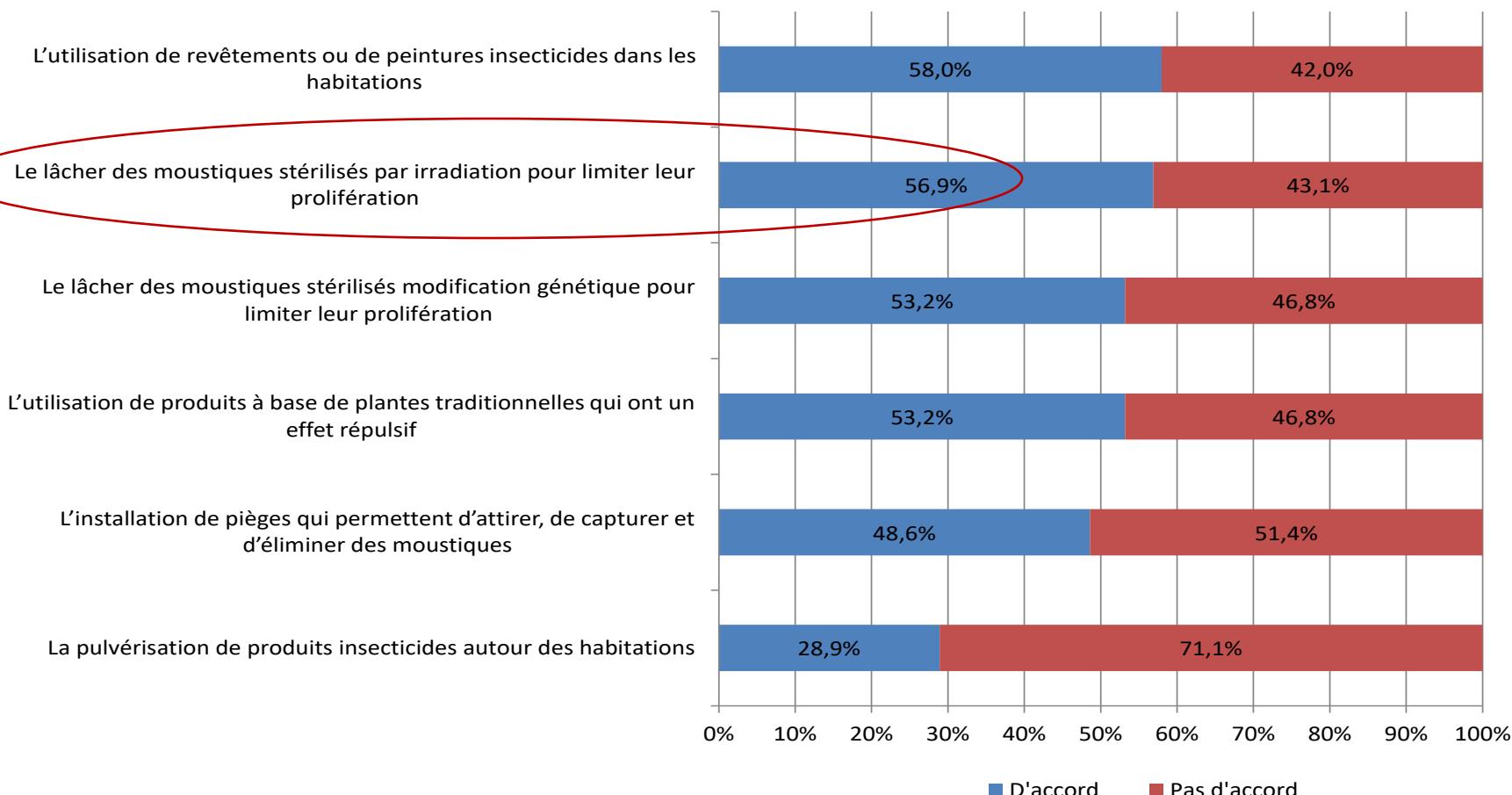
Cette méthode est sans risque pour la santé humaine



Les principaux enseignements de l'enquête (7)

- La TIS est majoritairement perçue comme une méthode sans risque pour l'environnement

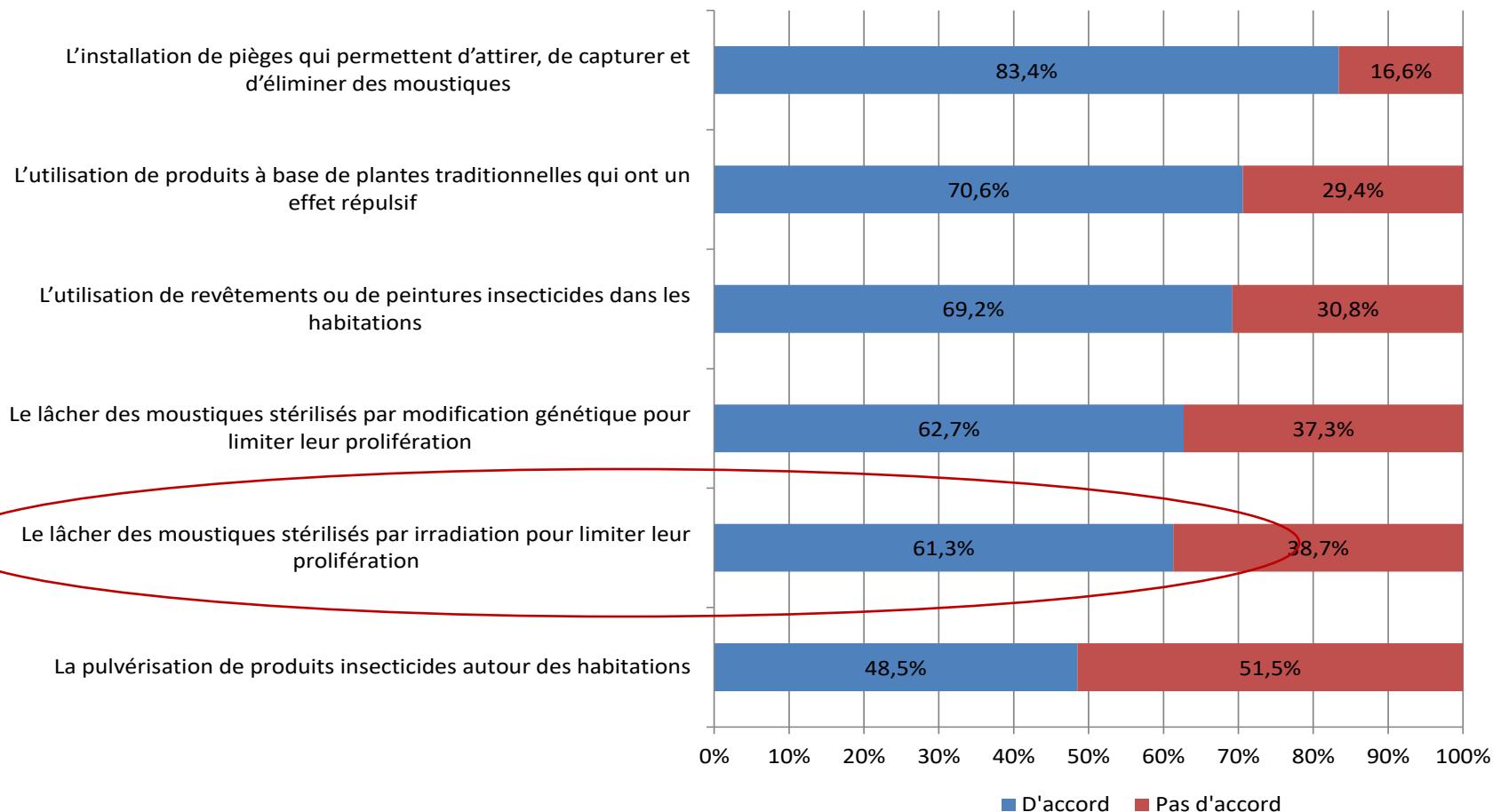
Cette méthode est sans danger pour l'environnement



Les principaux enseignements de l'enquête (8)

- Le développement de la TIS bénéficierait a priori d'un bon niveau de soutien de la part des Réunionnais

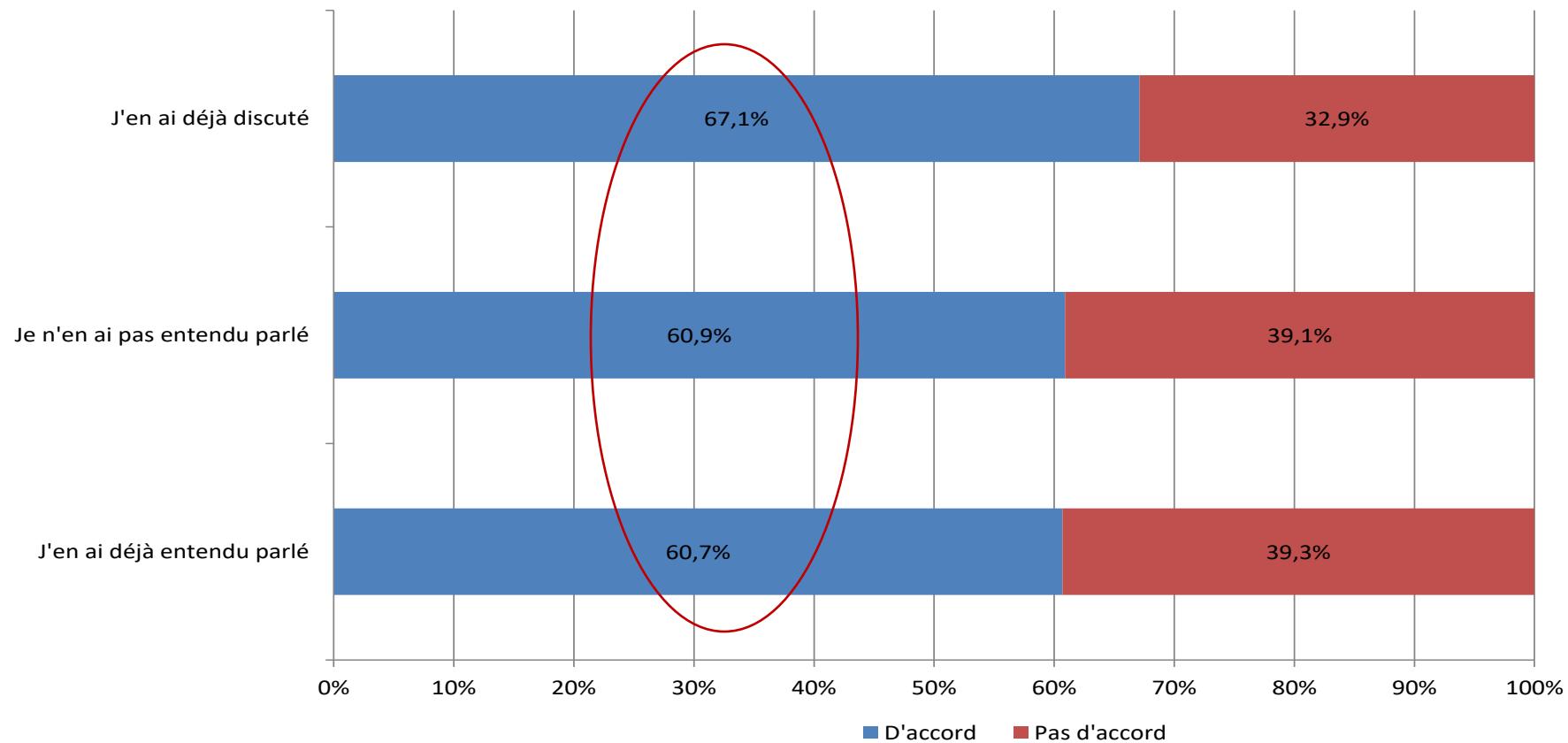
Il faudrait encourager l'utilisation de cette méthode à la Réunion...



Les principaux enseignements de l'enquête (9)

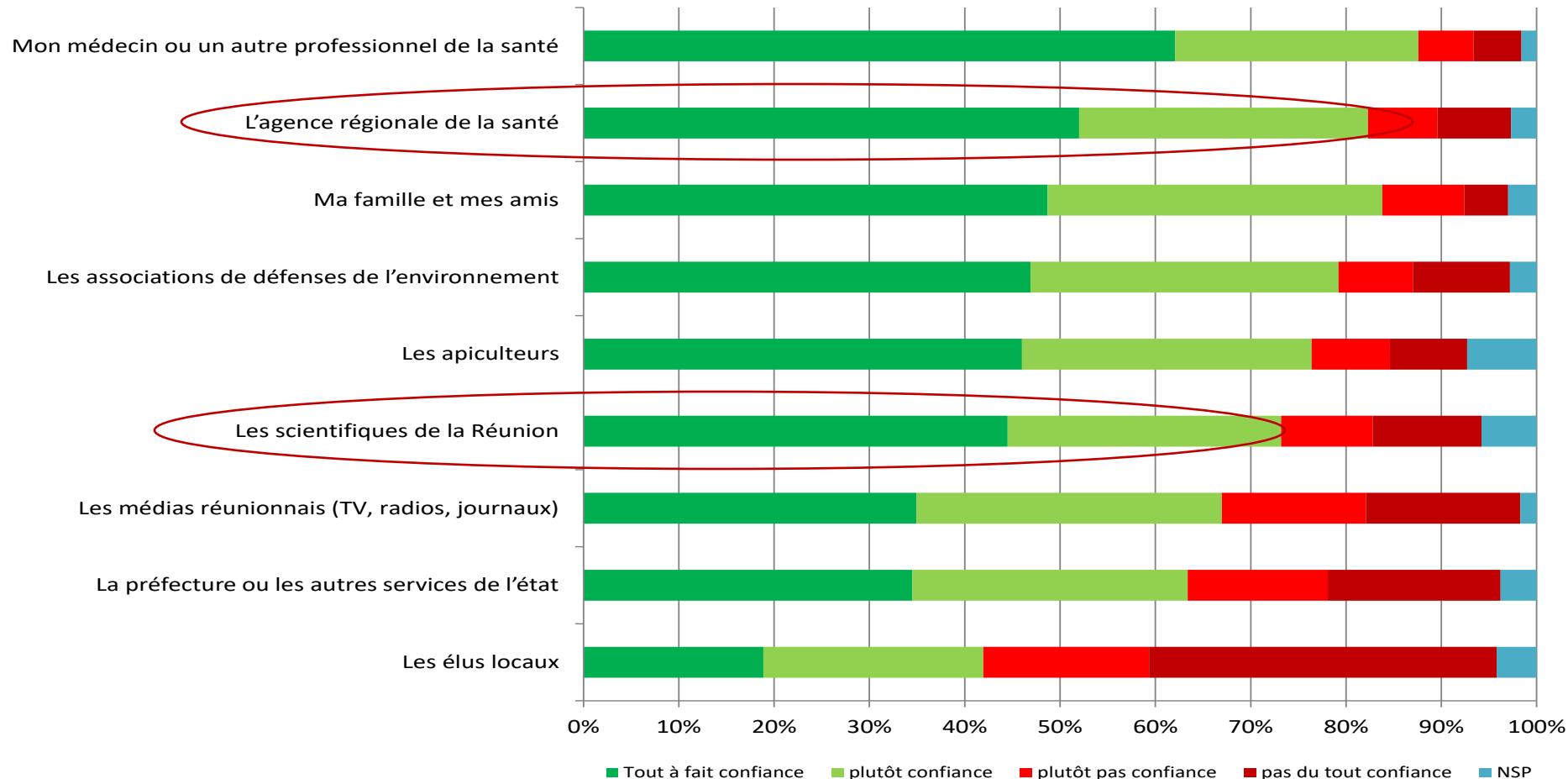
- Le développement de la communication publique autour de la TIS ne devrait pas porter préjudice à l'acceptabilité sociale de cette technique...

**Il faudrait encourager l'utilisation de cette méthode à la Réunion :
les lâchers des moustiques stérilisés par irradiation**



Les principaux enseignements de l'enquête (10)

- L'ARS – et dans une moindre mesure les scientifiques réunionnais – bénéficient d'un haut niveau de confiance pour diffuser de l'information sur la TIS.



Les principaux enseignements de l'enquête (12)

- L'acceptabilité de la TIS semble être pour l'essentiel **le produit d'un arbitrage intuitif entre les risques et les bénéfices perçus** de cette technologie.

Variables in the Equation						
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Efficacité perçue	2,745	,148	345,585	1	,000
	Constant	-1,437	,111	168,507	1	,000
Step 2 ^b	Efficacité perçue	2,531	,154	270,221	1	,000
	Risque pour la santé	1,478	,162	83,138	1	,000
Step 3 ^c	Constant	-1,852	,128	207,681	1	,000
	Efficacité perçue	2,465	,156	248,809	1	,000
Step 4 ^d	Risque pour la santé	1,011	,184	30,111	1	,000
	Risque pour l'environnement	,990	,183	29,251	1	,000
	Constant	-2,004	,135	221,080	1	,000
	Efficacité perçue	2,485	,158	246,810	1	,000
	Contre-naturalité	-,584	,162	13,044	1	,000
	Risque pour la santé	1,010	,187	29,287	1	,000
	Risque pour l'environnement	,925	,186	24,619	1	,000
	Constant	-1,638	,164	99,631	1	,000

a. Variable(s) entered on step 1: Q13_Abin.

b. Variable(s) entered on step 2: Q13_Bbin.

c. Variable(s) entered on step 3: Q13_Cbin.

d. Variable(s) entered on step 4: Q13_Ebin.

- La combinaison de ces deux seules variables permet d'expliquer 49 % de la variance (Pseudo-R² de Nagelkerke) et de réaliser **80 % de bonne prédiction** quant à l'acceptation (ou au rejet) de la TIS.

Bilan et perspectives

- La TIS reste une technique de LAV **relativement méconnue** et qui doit être davantage expliquée aux Réunionnais.
- Les attitudes spontanées vis-à-vis de cette technique sont globalement positives à ce stade du programme (près de **2 réunionnais sur 3 soutiennent** le développement de cette méthode), surtout en comparaison avec les méthodes « classiques ».
- L'intensification de la communication autour de la TIS **ne devrait pas être de nature à réduire** ce taux de soutien.
- L'efficacité perçue de la TIS semble être **une variable déterminante** de son « acceptabilité sociale ».

**L'ACCEPTABILITÉ DE LA TIS
A-T-ELLE ÉTÉ MODIFIÉE LORS
DE SON DÉPLOIEMENT ?**

Caractéristiques méthodologiques

- Enquête réalisée au domicile des enquêtés (entretiens en face-à-face) puis par téléphone par l’Institut IPSOS
- Période de novembre 2021 (T0) et d’avril 2022 (T1)
- Echantillon représentatif de la population adulte des 2 zones concernées (n = 462 en T0 et 336 en T1)
- Questionnaire basé sur la méthode sélectionnée dans les enquêtes européennes sur la perception des technologies sensibles
- Taux de coopération relativement élevé (>50%)

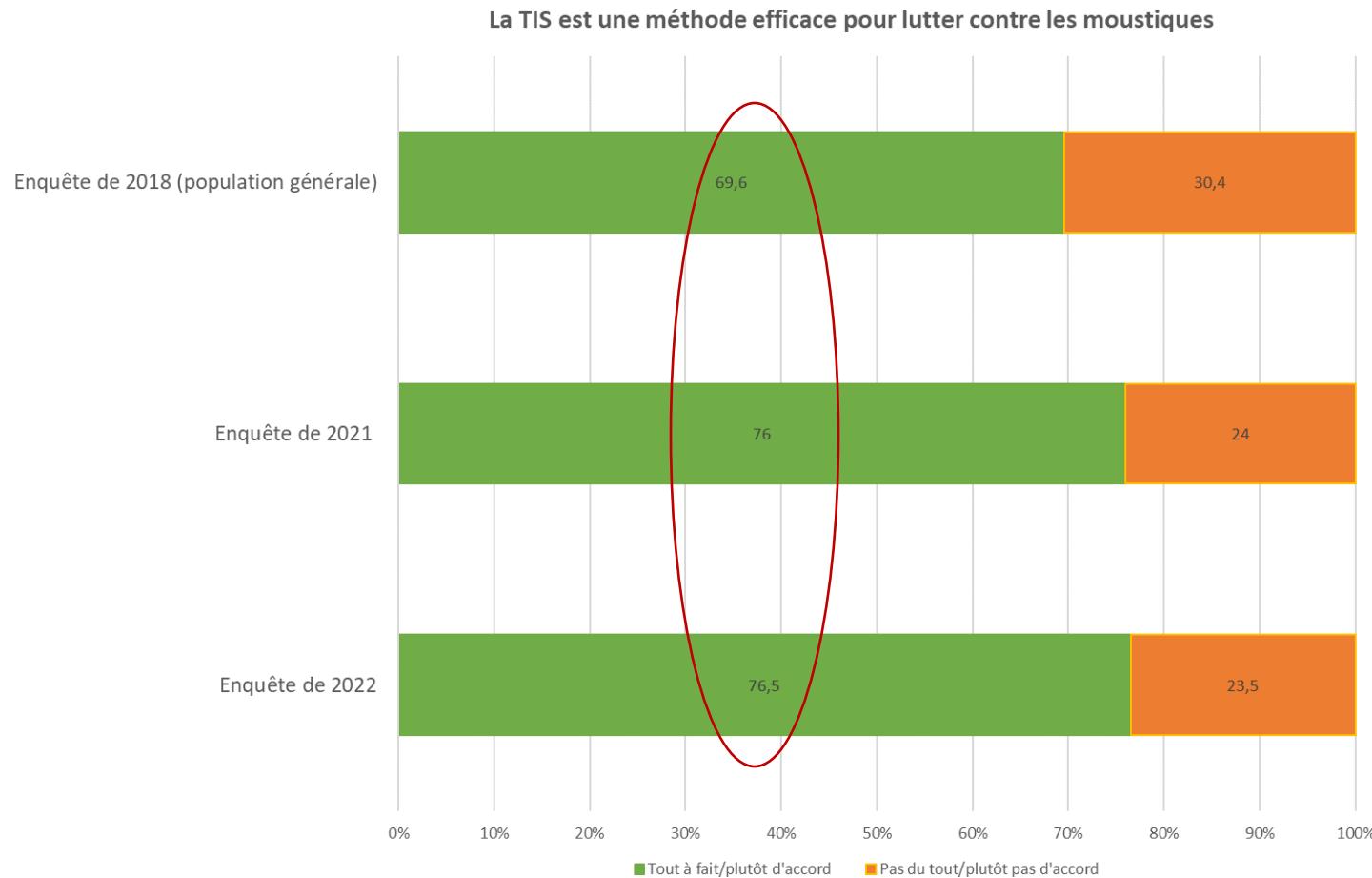
Caractéristiques méthodologiques

Taille d'échantillon de l'enquête (effectifs)

	Duparc	Bois-Rouge	Total
Première vague	312	152	462
Seconde vague	232	104	336

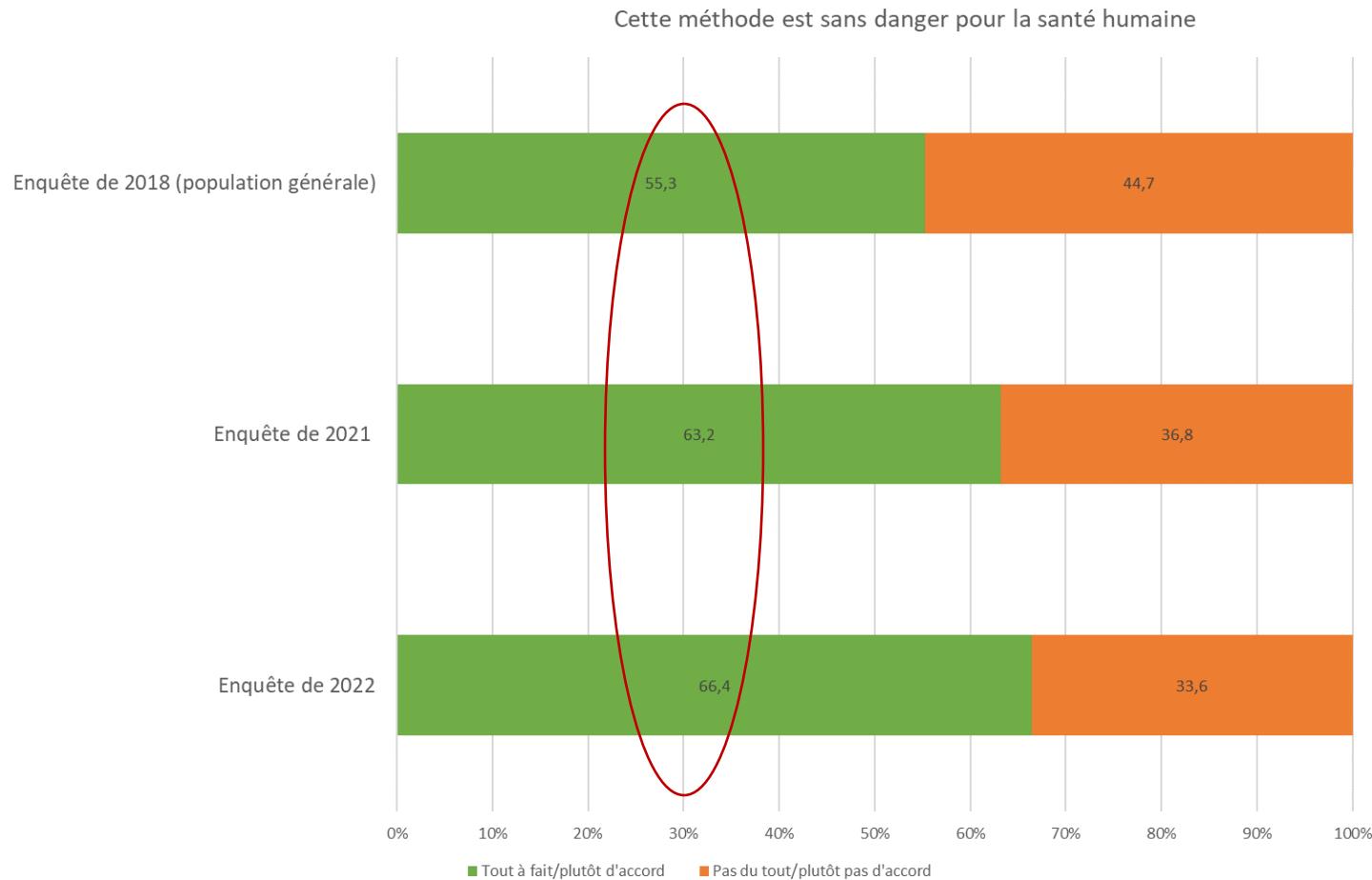
Les principaux enseignements de l'enquête (1)

- La TIS est majoritairement perçue comme une méthode efficace pour lutter contre les moustiques Aedes



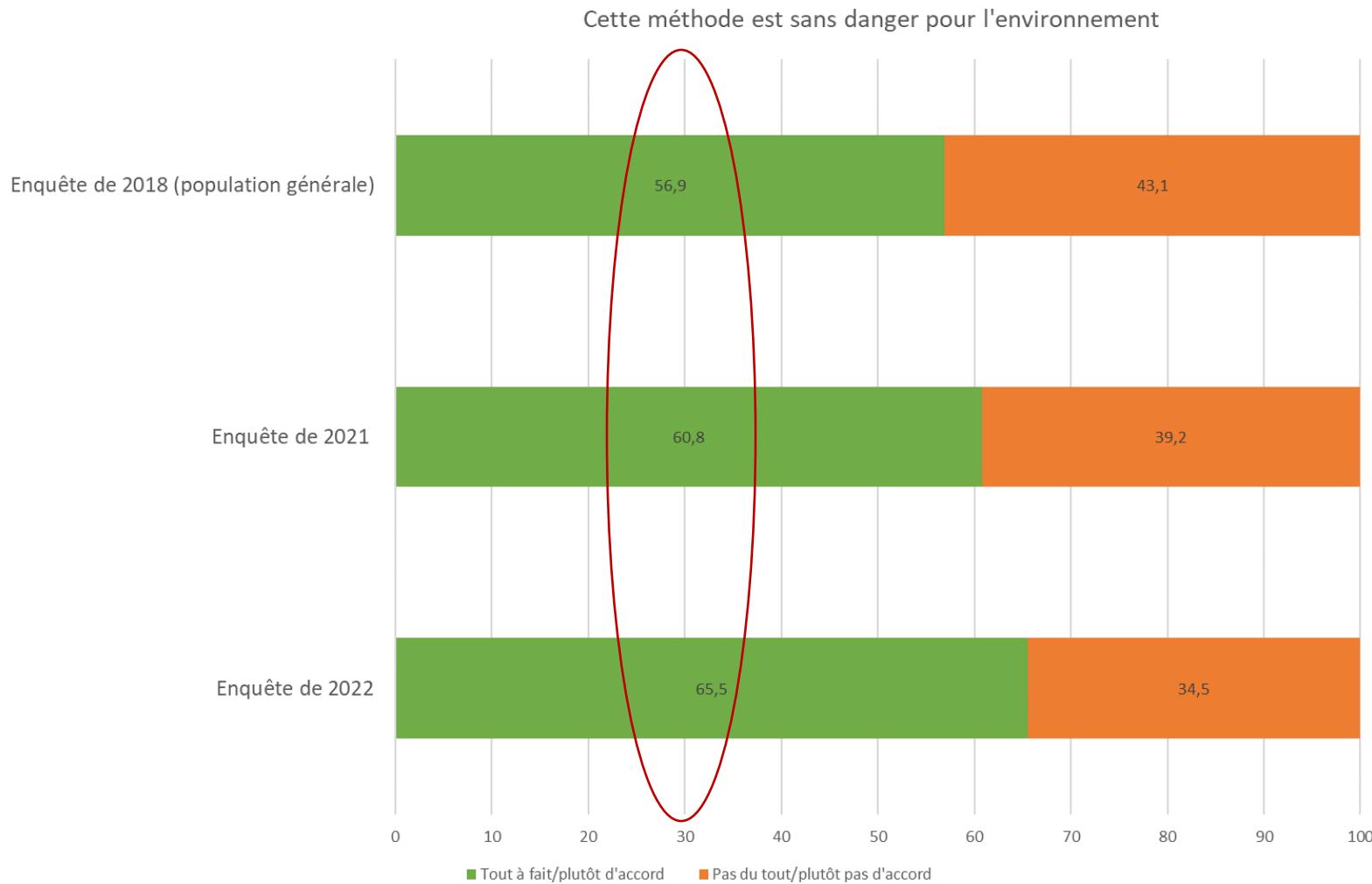
Les principaux enseignements des enquêtes (2)

- La TIS est majoritairement perçue comme une méthode sans risque pour la santé humaine



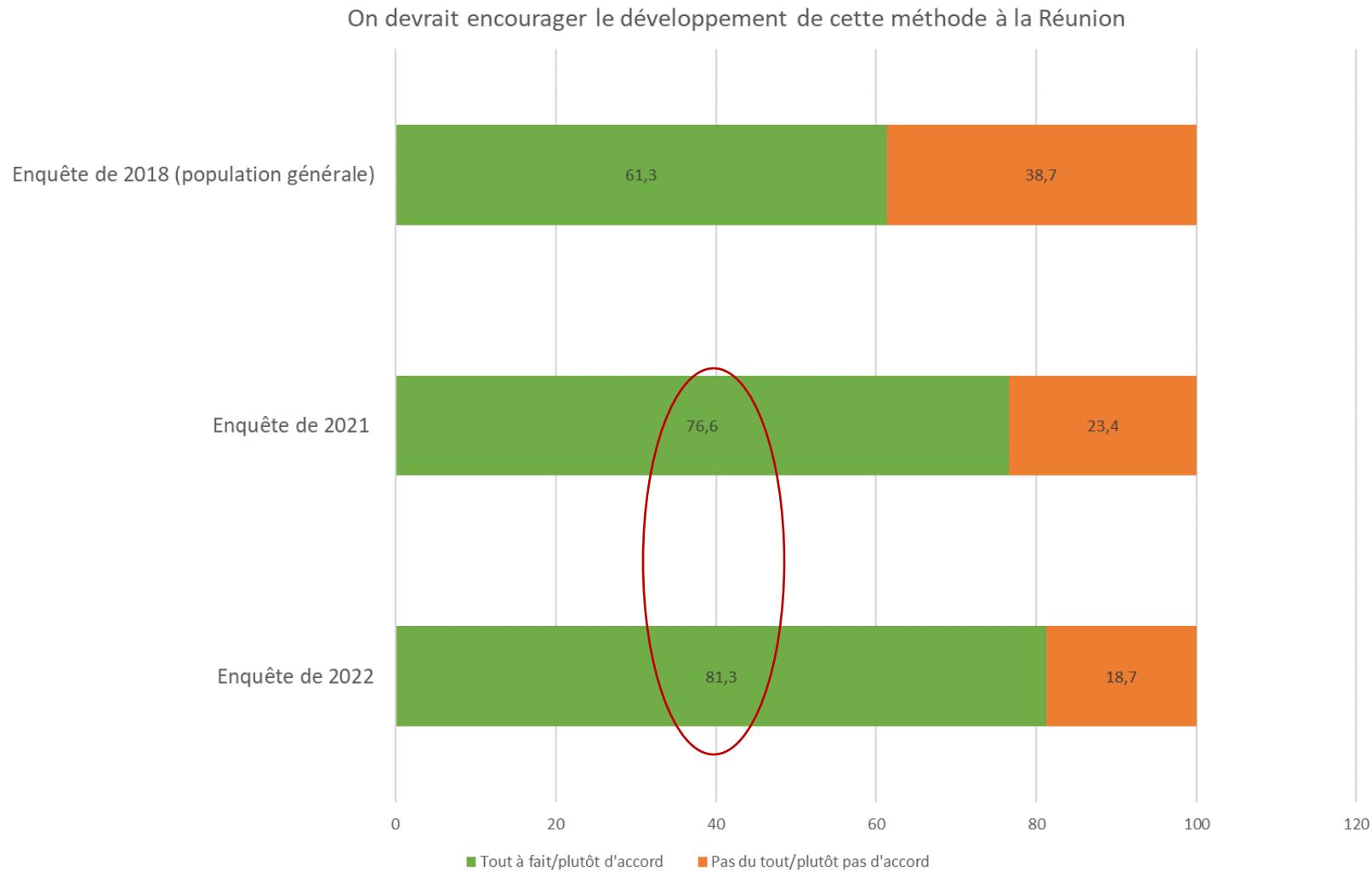
Les principaux enseignements de l'enquête (3)

- La TIS est également perçue comme une méthode sans risque pour l'environnement



Les principaux enseignements de l'enquête (4)

- Le développement de la TIS bénéficie a priori d'un bon niveau de soutien de la part des Réunionnais



En conclusion

- Le déploiement expérimental de la TIS dans le Nord de la Réunion ne se traduit pas par un changement d'attitudes dans les communautés étudiées.
- Les personnes interrogées semblent opérer une sorte de calcul de ratios « risques-efficacité perçus » pour déterminer si elles apportent ou non un soutien aux technologies de LAV.
- Les critères d'acceptabilité restent relativement stables d'une enquête à l'autre, ainsi que d'une technologie à l'autre (TIS, piégeage, etc.).
- La poursuite des expérimentations dans le sud de l'île de la Réunion (projet OPTIS) devrait pouvoir confirmer les tendances observées en 2022 sur des échantillons plus larges.

REMERCIEMENTS

Equipe IRD TIS.2B

Franck Remoué et Clément Gouagna

Participants du projet *ExpoCap-Albo*

Habitants zones Duparc et Bois-Rouge

Cabinet Infirmier Sainte-Clotilde

Jocelyne RASANDISONA et Tanguy DIVILLY

IPSOS Océan Indien:

Nolwenn De BLEECKERE, Christophe DAVID et les enquêteurs



Etudes d'impact des nouvelles méthodes de LAV

L'industrialisation, levier de la rentabilité de la TIS en France

par Célia Lutrat

Journées scientifiques ArboFrance
23 & 24 juin 2025

L'industrialisation,

levier de **rentabilité** de la
Technique de l'Insecte Stérile

Célia Lutrat

Responsable Innovation

terratis





- ✓ Première entreprise commercialisant la TIS en France
- ✓ Transfert de technologie de l'IRD sur la base du pilote réalisé à la Réunion
- ✓ Fondée en janvier 2024 par Clelia Oliva
- ✓ Usine pilote de 200m² située à Montpellier



L'équipe technique et scientifique



Clelia OLIVA

Fondatrice Présidente

14 années de recherche et d'expertise terrain sur la TIS (IRD, FAO/IAEA, Target Malaria, CTIFL) & Coordinatrice du Collectif TIS.
• Gestion et stratégie d'entreprise
• Stratégie technique et projet industriel



Nicolas DE ROYER

Responsable Production

10 ans à la tête d'une entreprise de fabrication de boissons alcoolisées et non-alcoolisées.

- Gestion de l'équipe de production
- Contrôle qualité



Florian VERNICHON

Responsable d'activités Terrain

Entomologiste de terrain
3 ans de chargé de projet à l'EID Méditerranée et 5 ans directeur d'agence chez Altopictus
• Planification et réalisation des lâchers
• Suivis d'efficacité



Célia LUTRAT

Responsable Innovation

5 ans de recherche sur l'optimisation industrielle de la TIS moustique.

- Programmes R&D
- Montée en échelle de la production



Equipe Innovation

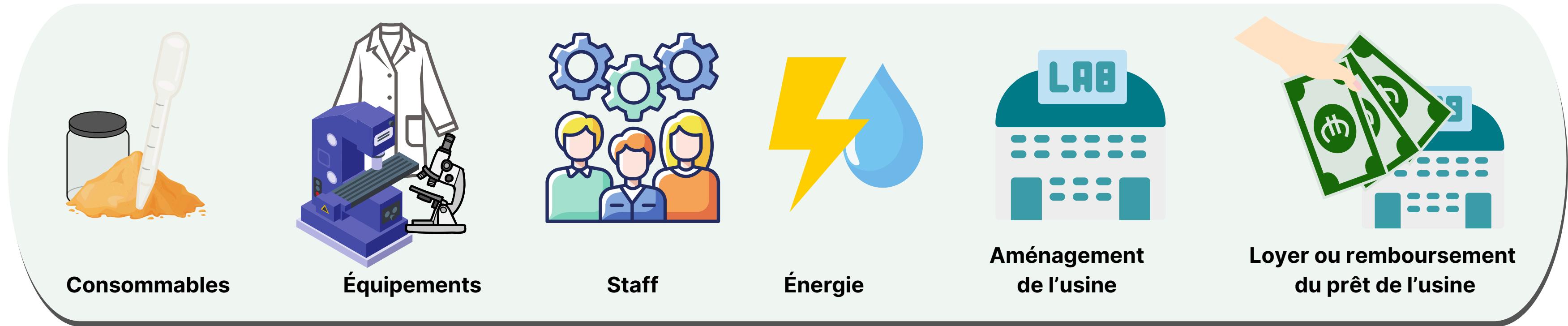
Paola
JUBAN

François
HERVY

Maeva
TREMBLAY

Arthur
THEVENIN

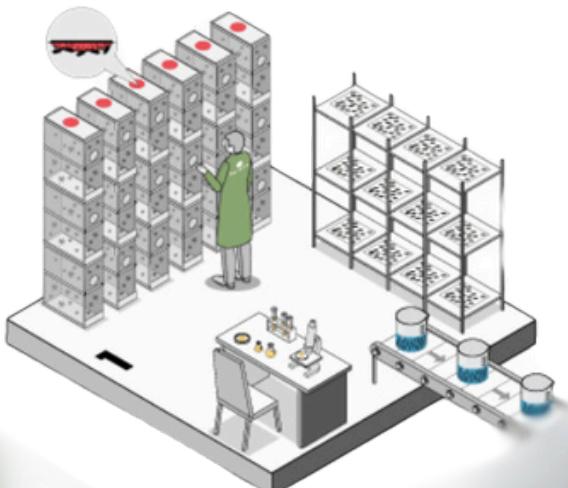
La production de mâles stériles, un process manuel coûteux



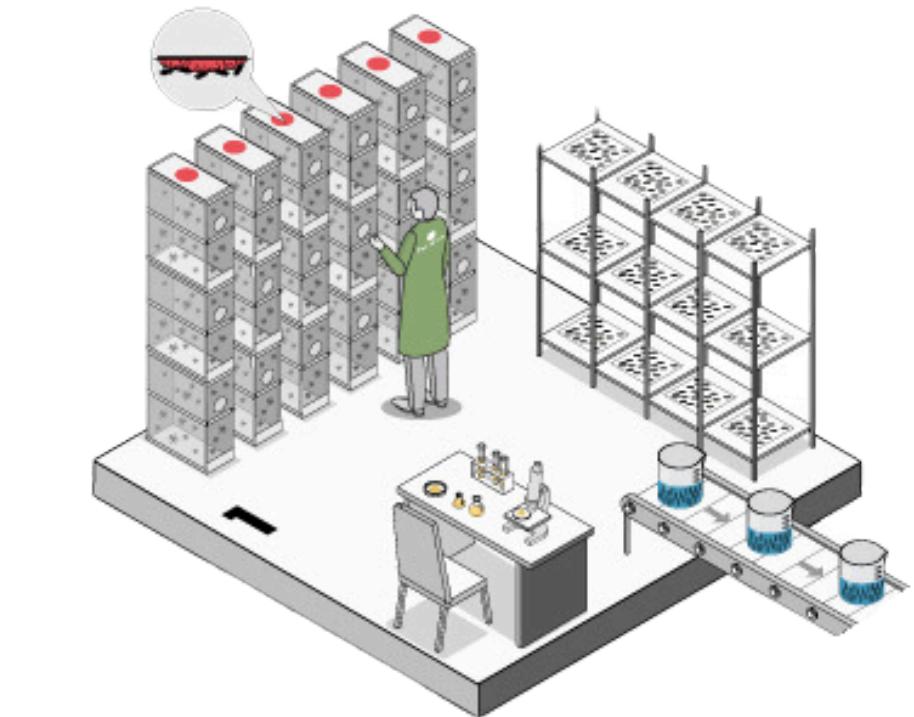
En manuel, compter **entre 1000 et 2500€/ha** de **frais réels de production***
(1ha = 3000 mâles stérile / semaine)

*cf. Spreadsheet IAEA
hors déploiement, acheminement etc.

En pratique, quel process industriel ?

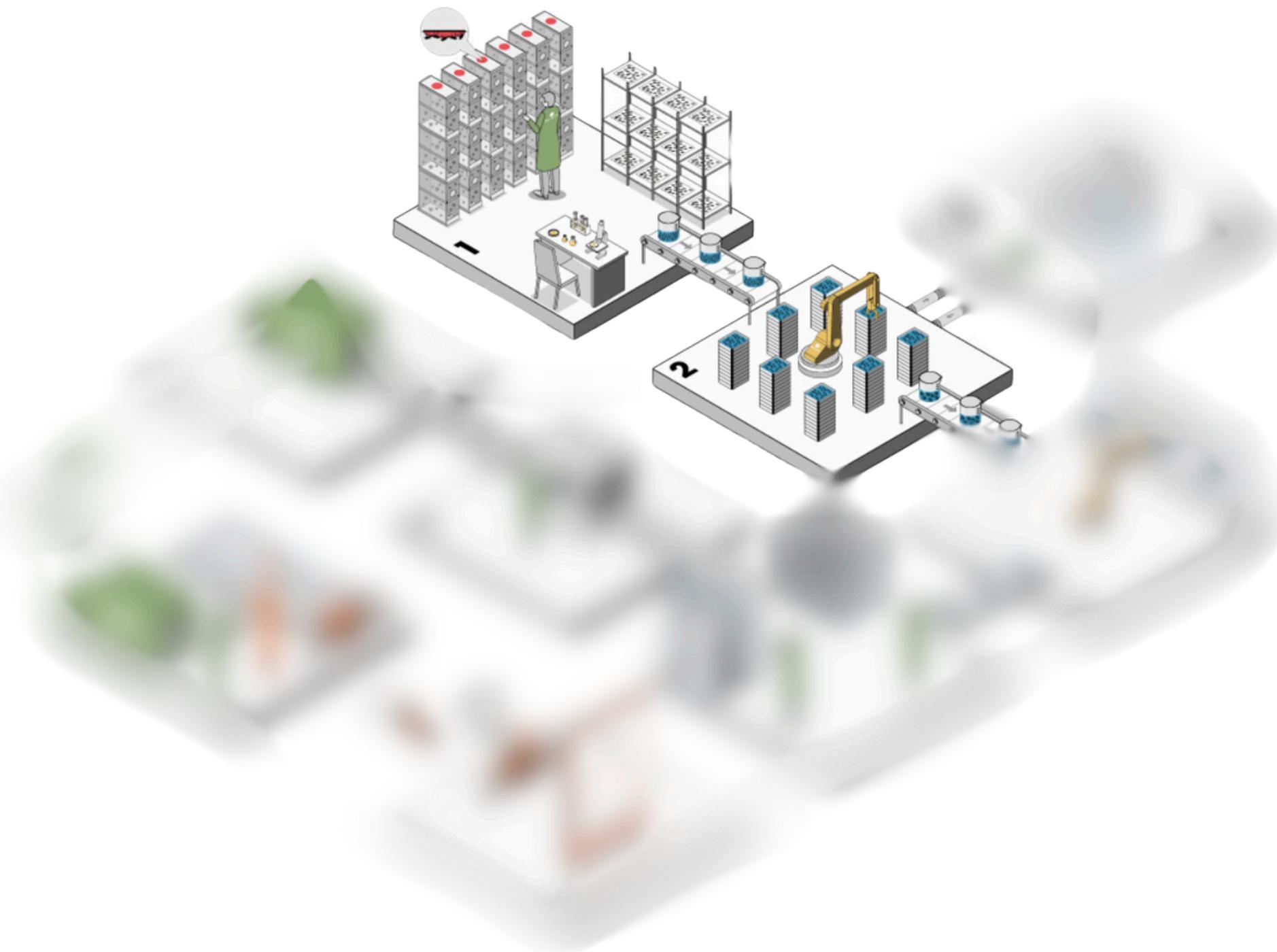


1



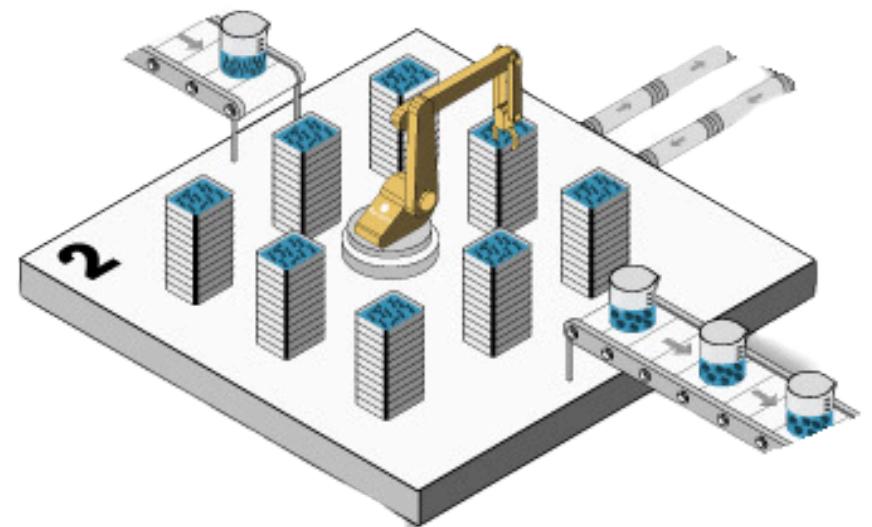
Les femelles à l'élevage
s'accouplent, reçoivent un
repas de sang et
produisent des œufs

En pratique, quel process industriel ?

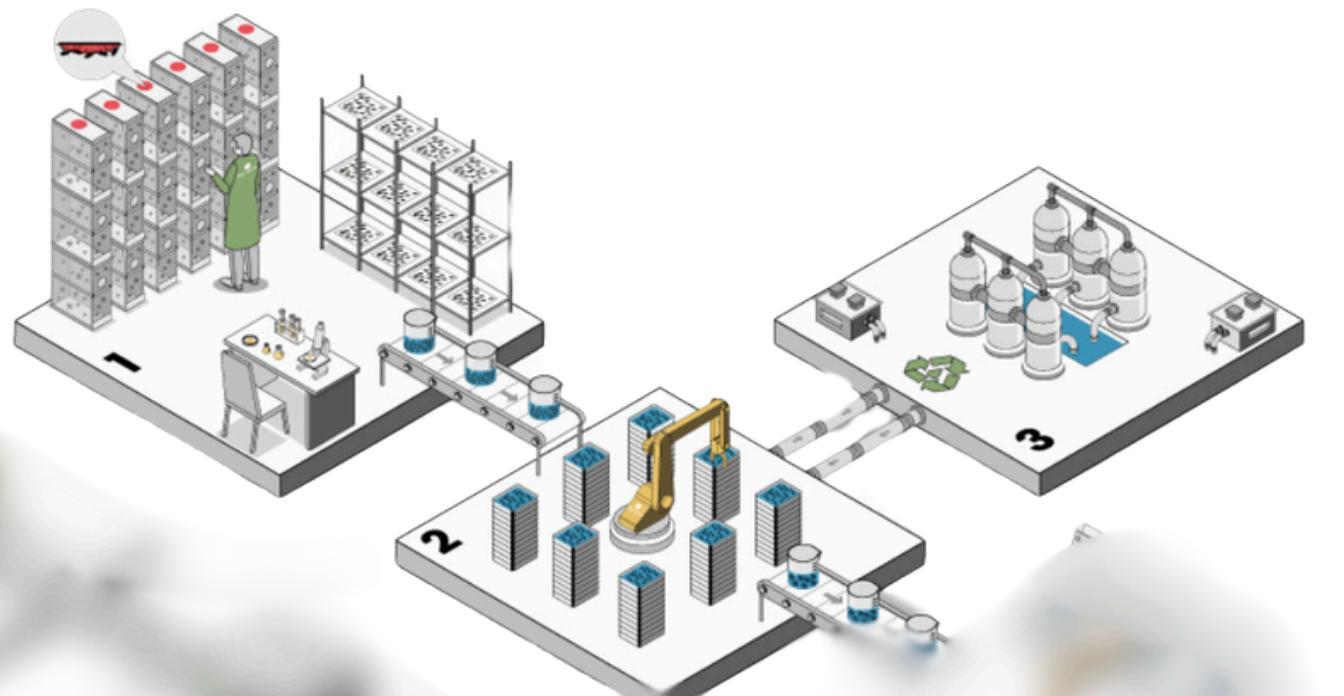


2

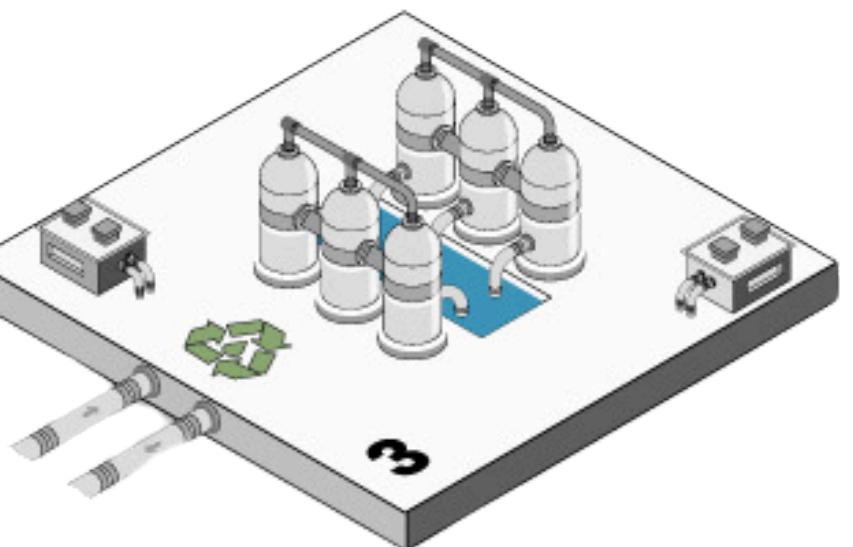
Les œufs mis en eau
éclosent en larves,
lesquelles sont nourries
pendant 6j jusqu'au stade
de nymphe



En pratique, quel process industriel ?

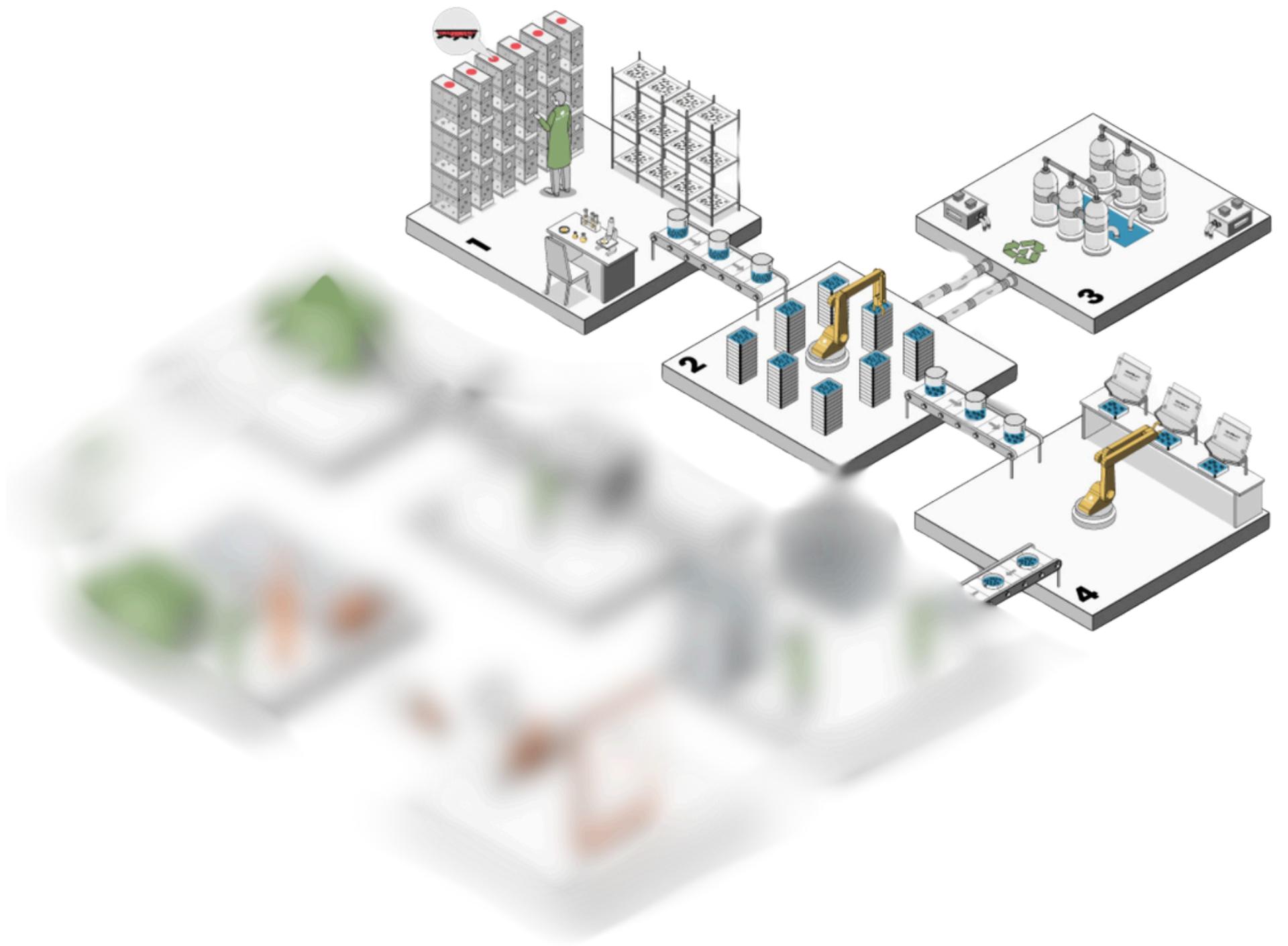


3

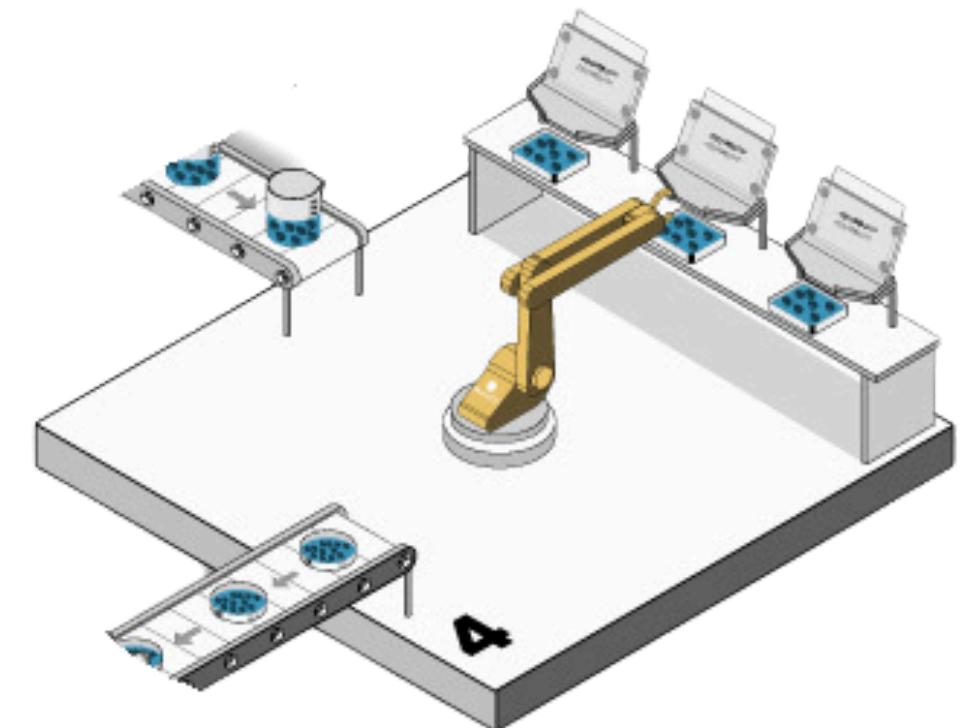


Les eaux d'élevage
sont filtrées et
traitées en interne

En pratique, quel process industriel ?

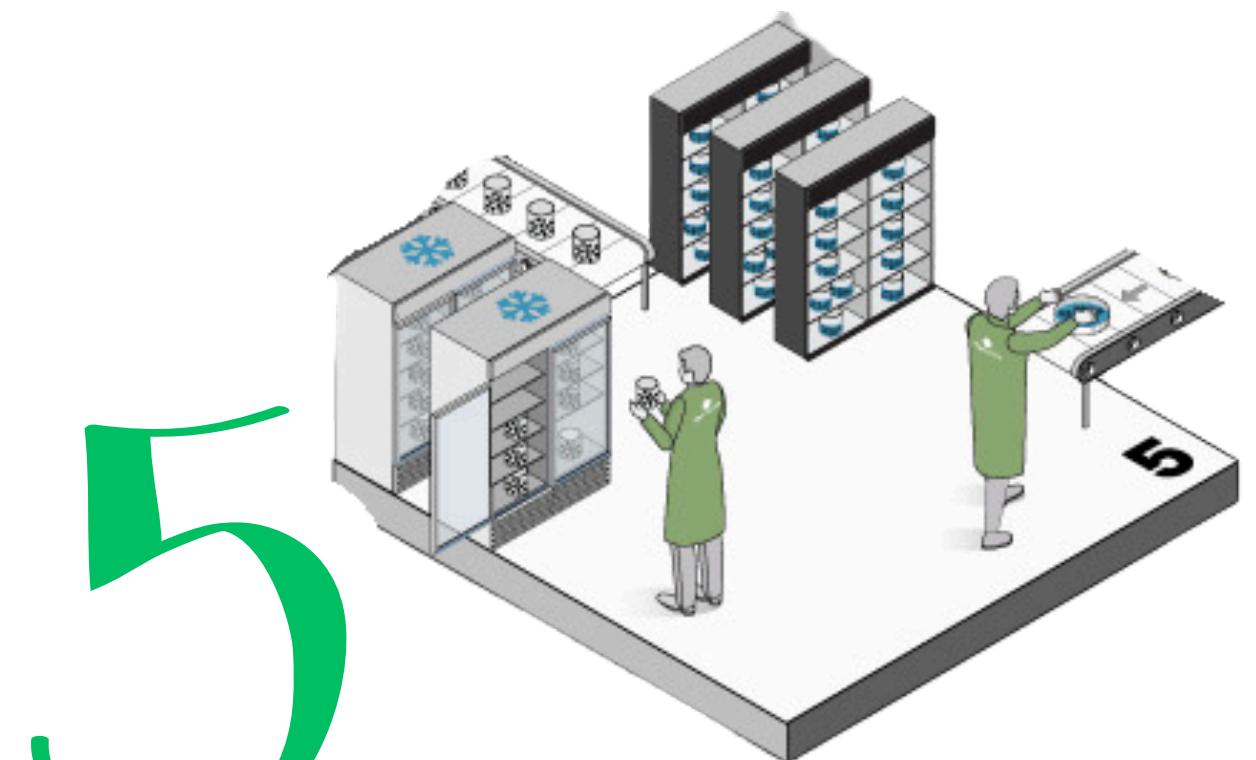
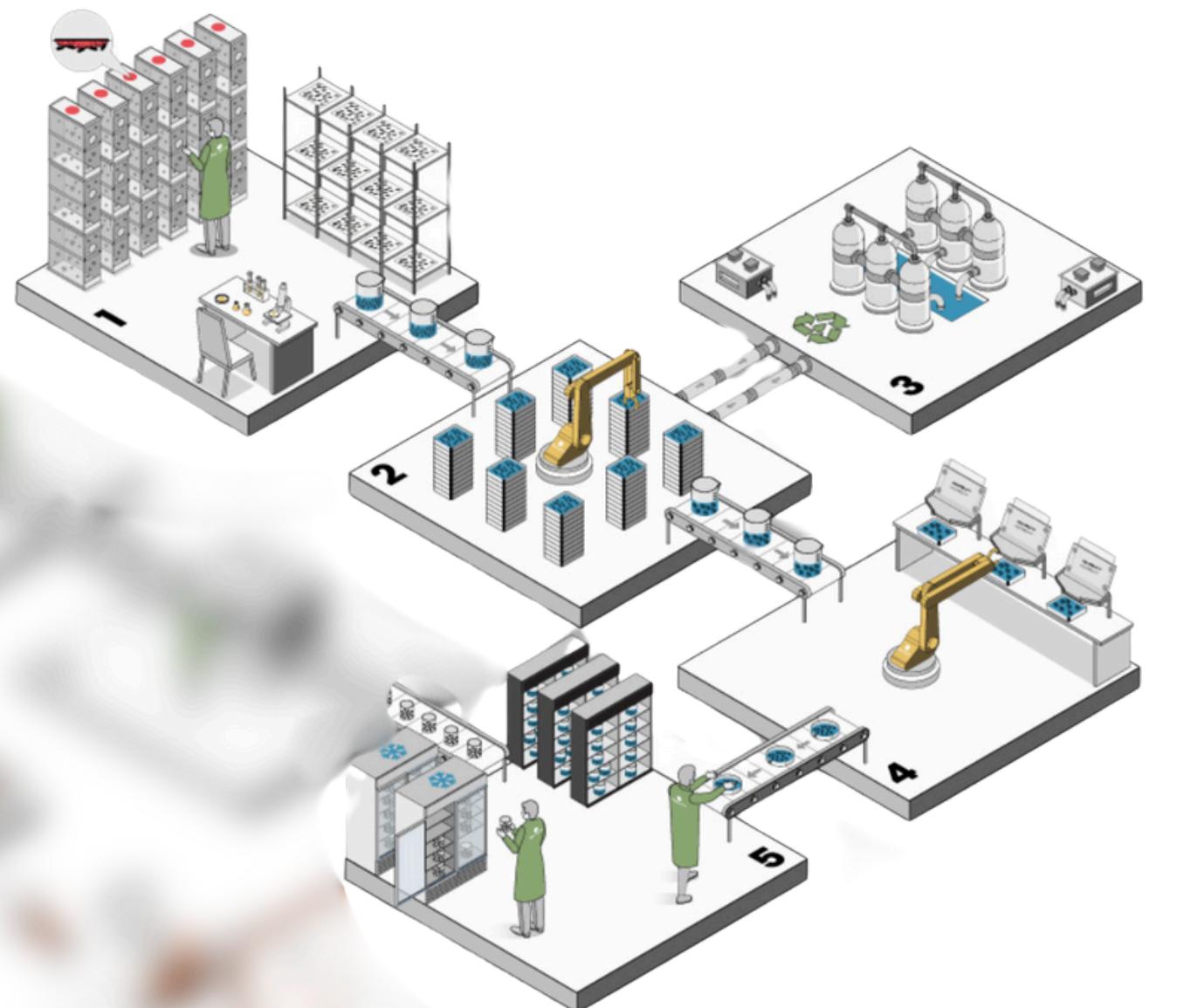


4



Au stade de nymphe,
mâles et femelles sont
séparés

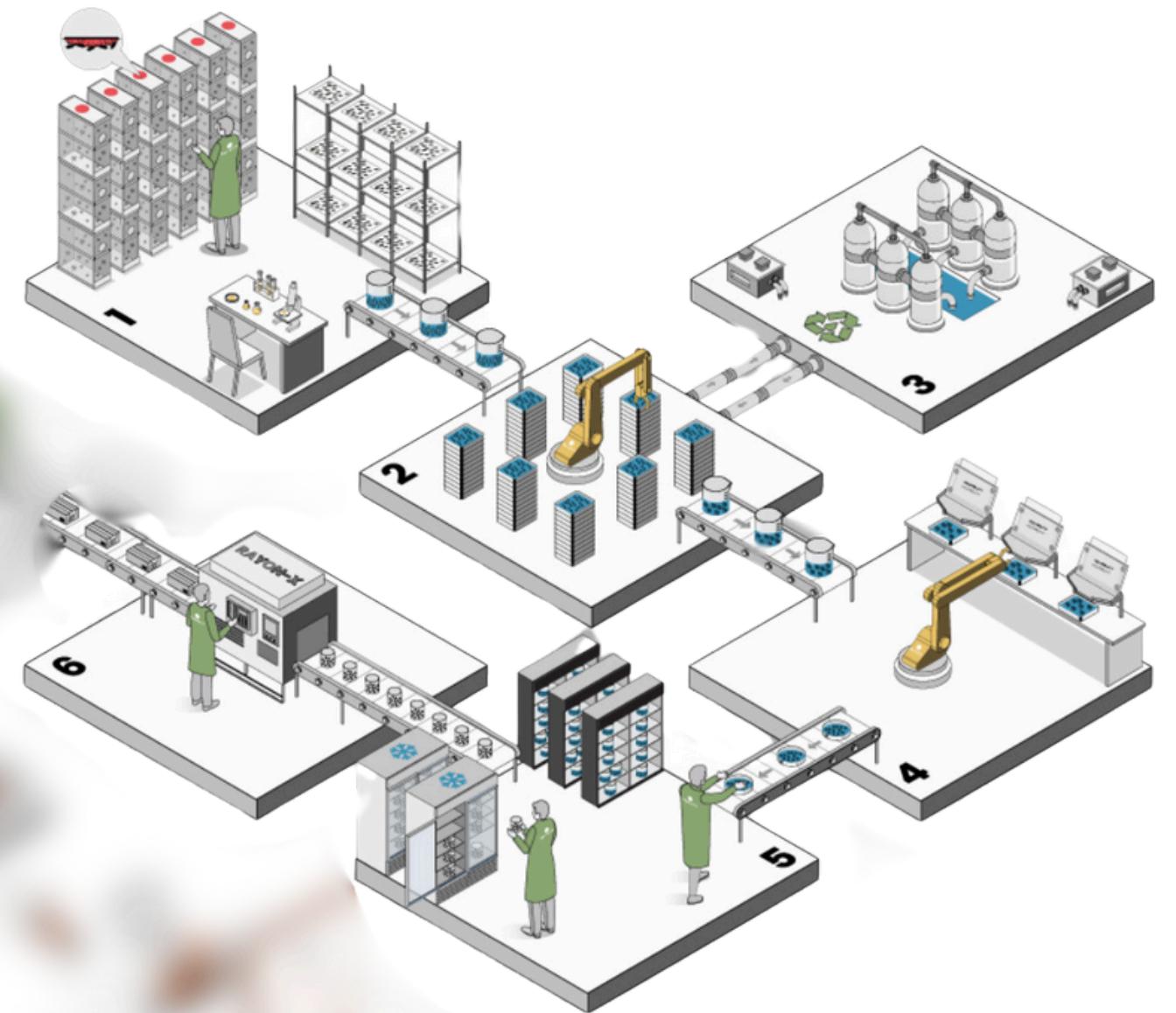
En pratique, quel process industriel ?



5

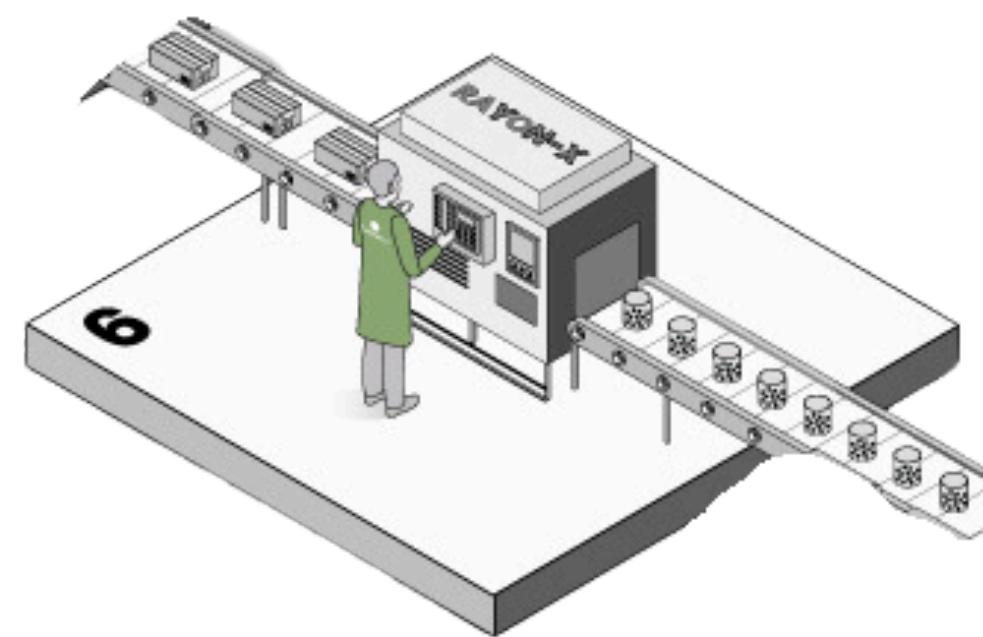
Les nymphes mâles
émergent en mâles adultes,
lesquels sont endormis par
refroidissement

En pratique, quel process industriel ?

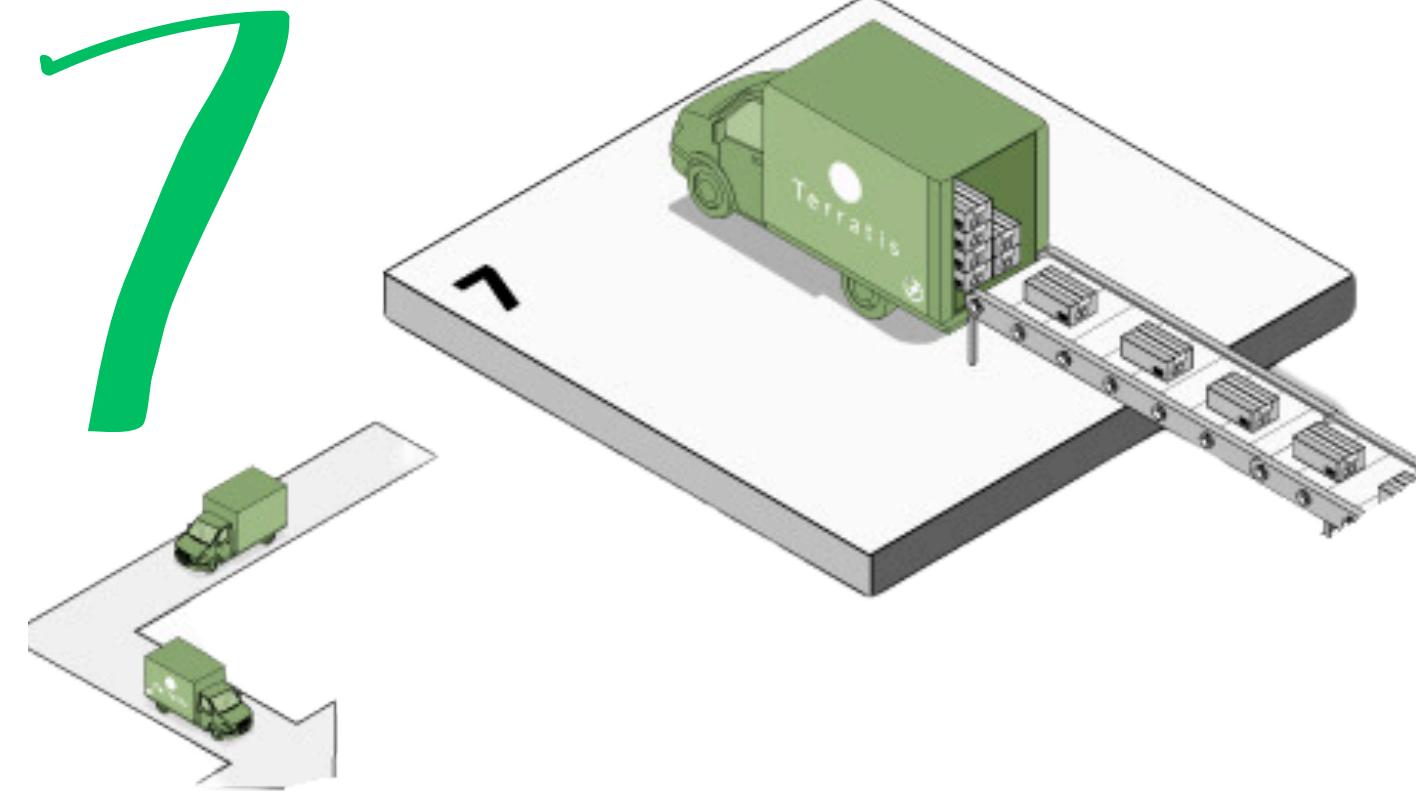
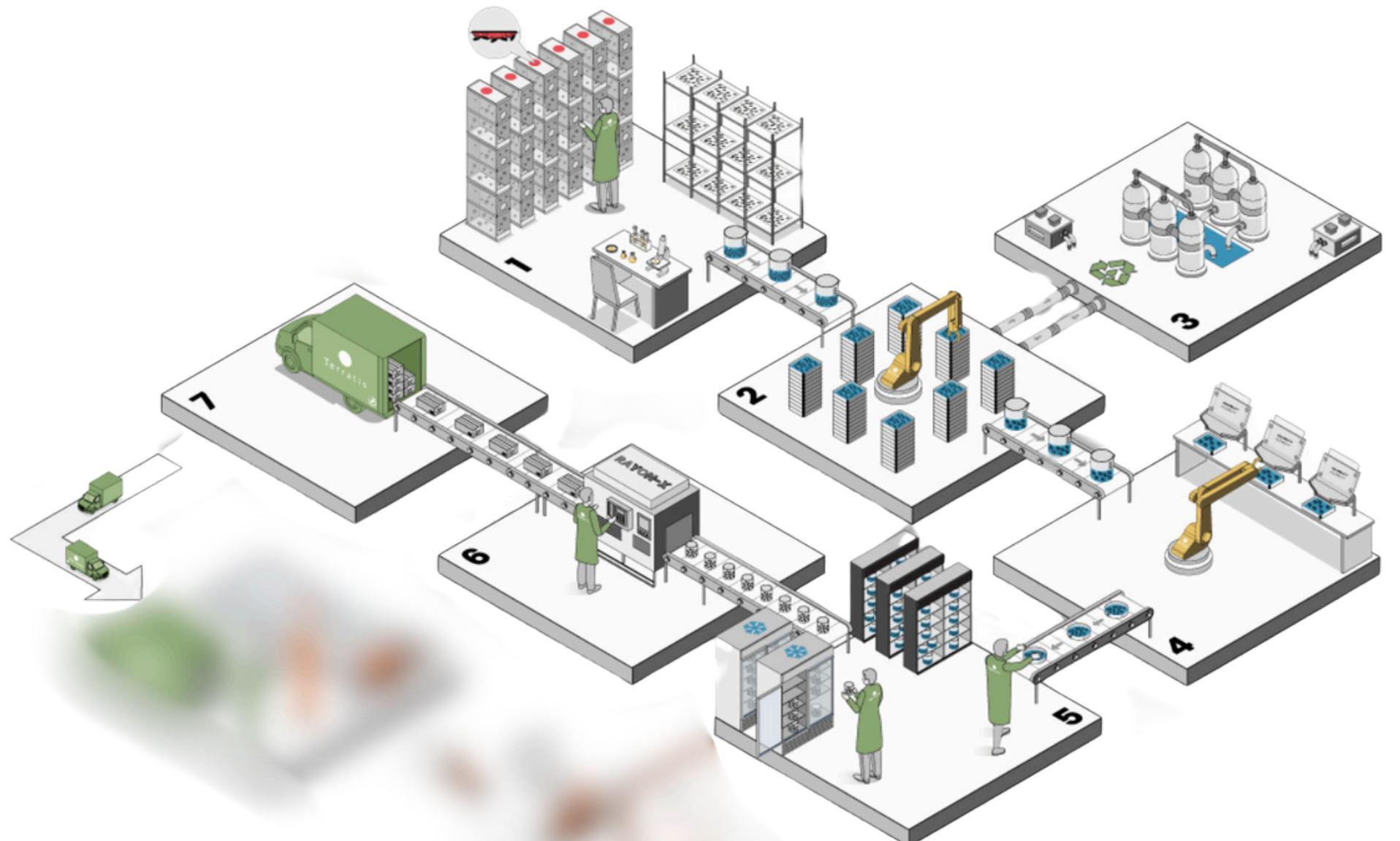


6

Ces mâles endormis sont
stérilisés par passage aux
rayons X

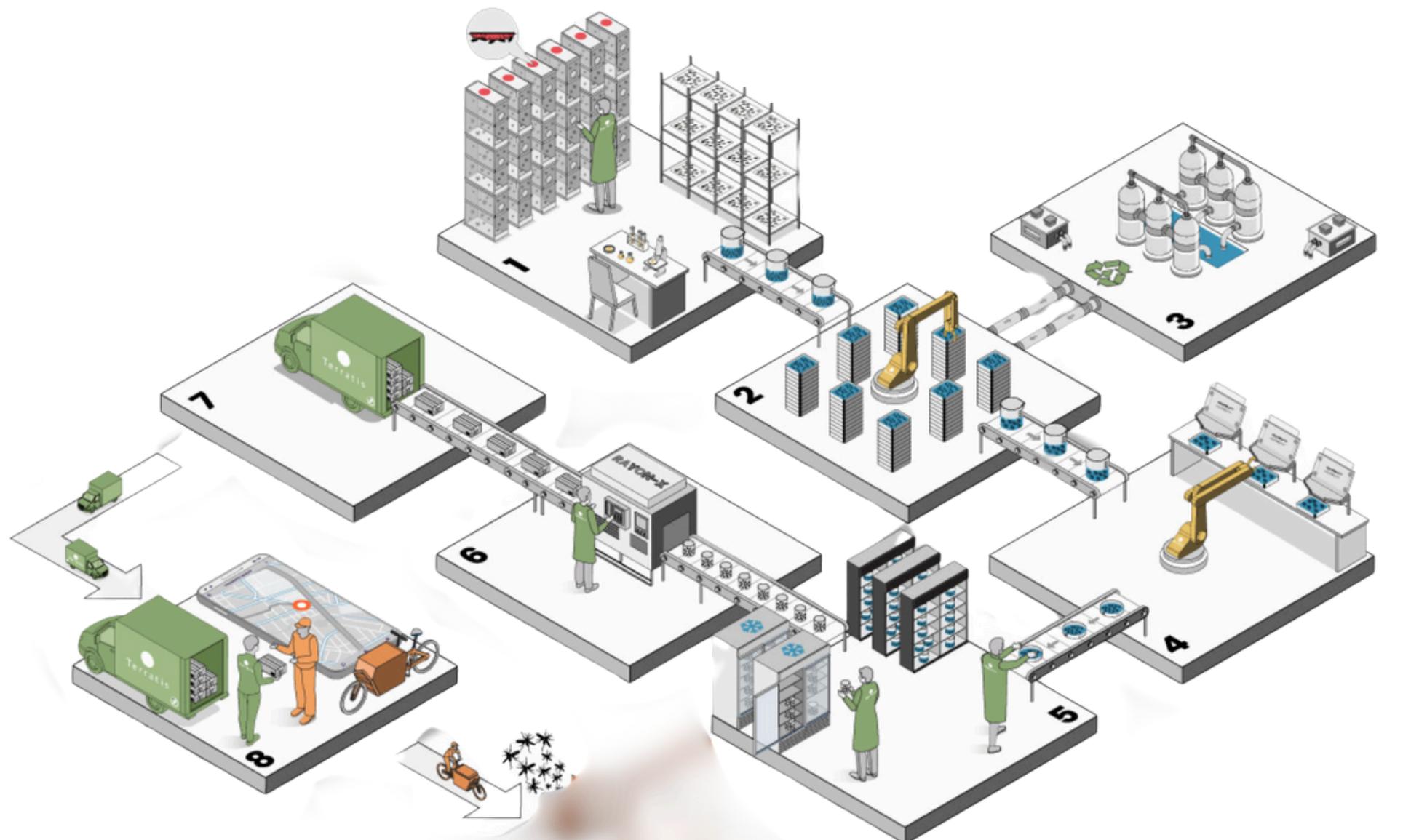


En pratique, quel process industriel ?

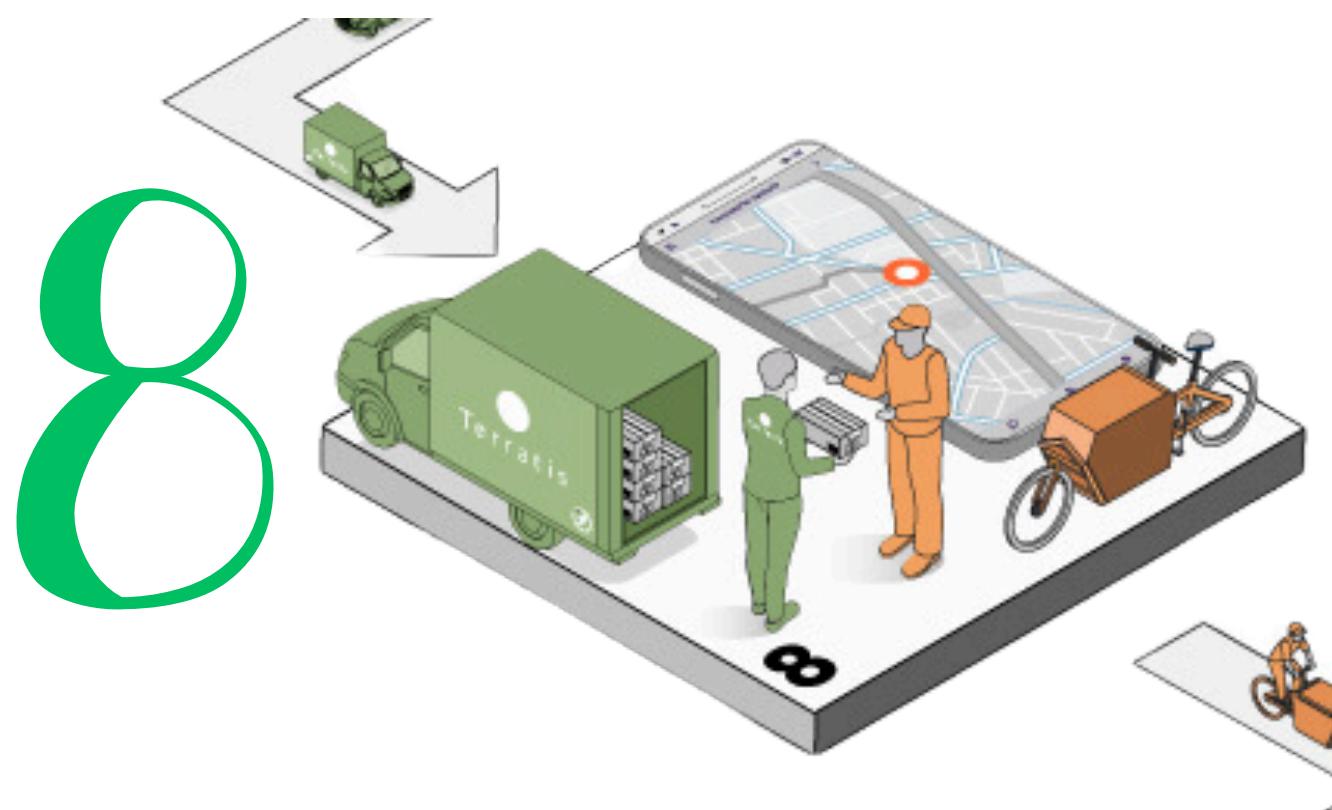


Ils sont ensuite empaquetés et transportés à froid jusqu'au site de lâcher

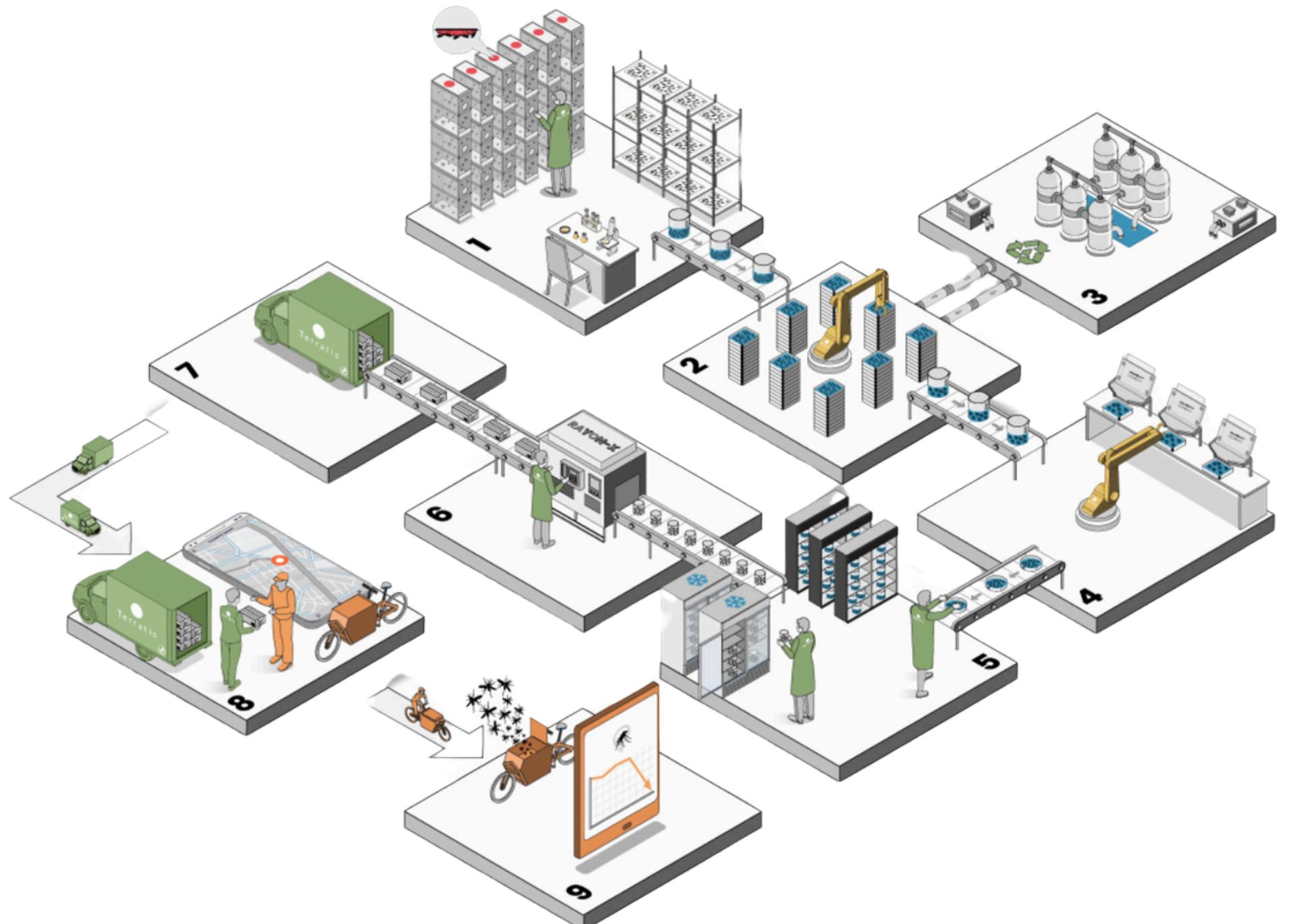
En pratique, quel process industriel ?



Sur site, ils sont confiés ainsi que l'itinéraire à suivre à un prestataire en charge des lâchers



En pratique, quel process industriel ?



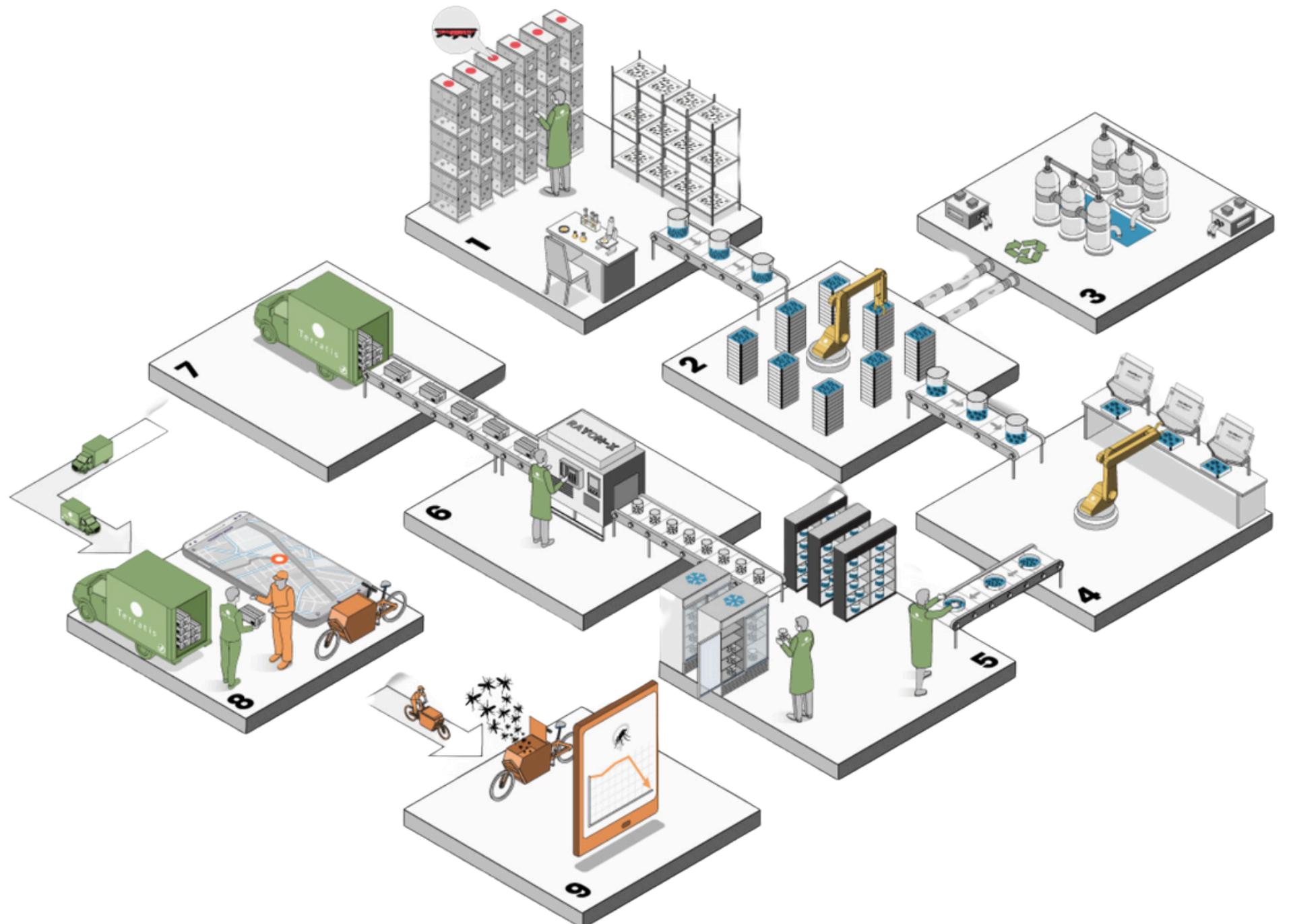
Q

Le lendemain matin, le prestataire réalise les lâchers à l'aide d'un dispositif spécifique.

Tout au long de la saison, l'efficacité est mesurée et transmise aux clients



En pratique, quel process industriel ?

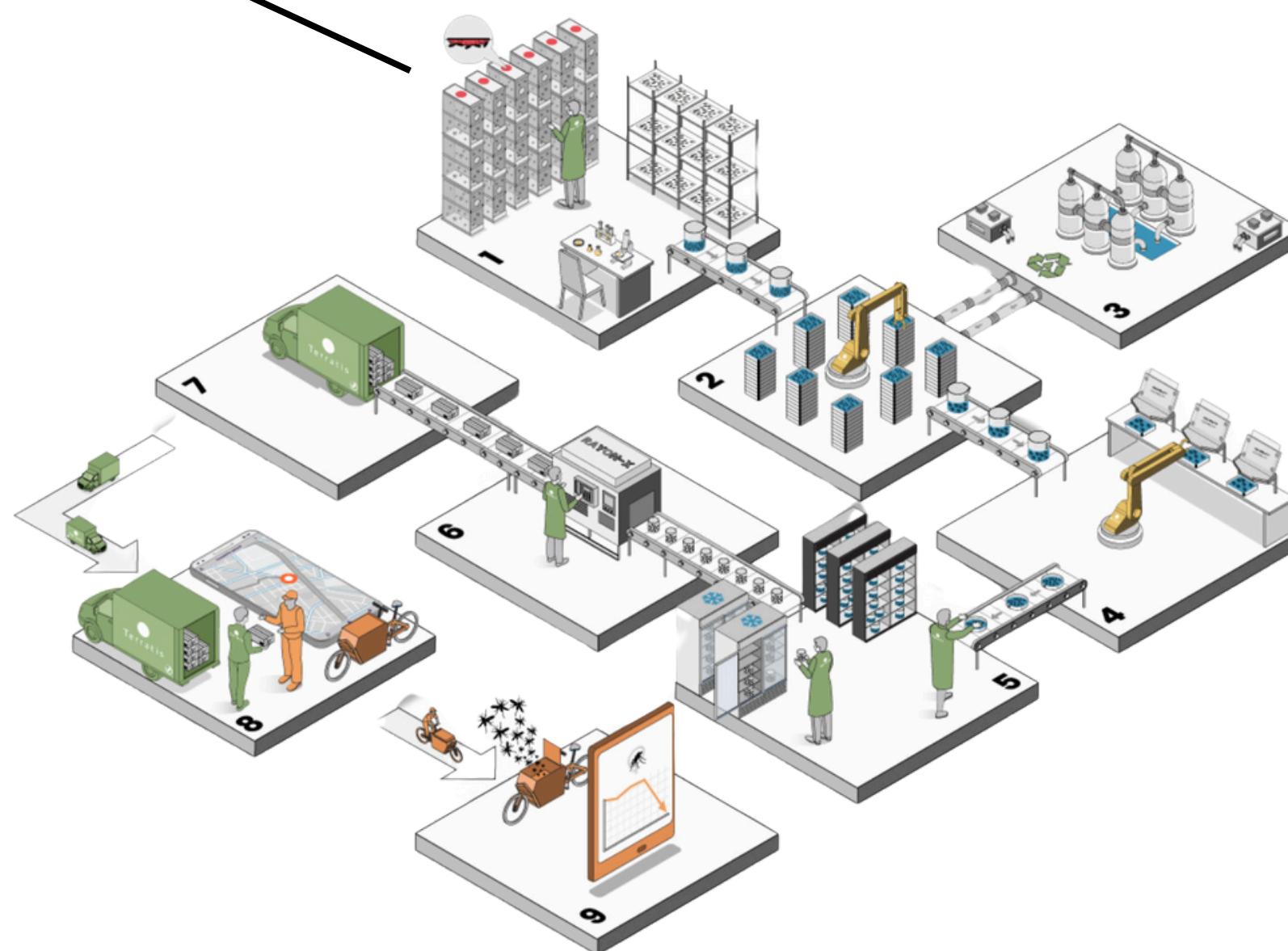


Un processus complet assurant
circularité et traçabilité

Vers une production plus rentable : l'industrialisation

Elevage adulte

- Sélection de souche pour améliorer le rendement
- Développement de cages semi-autonomes



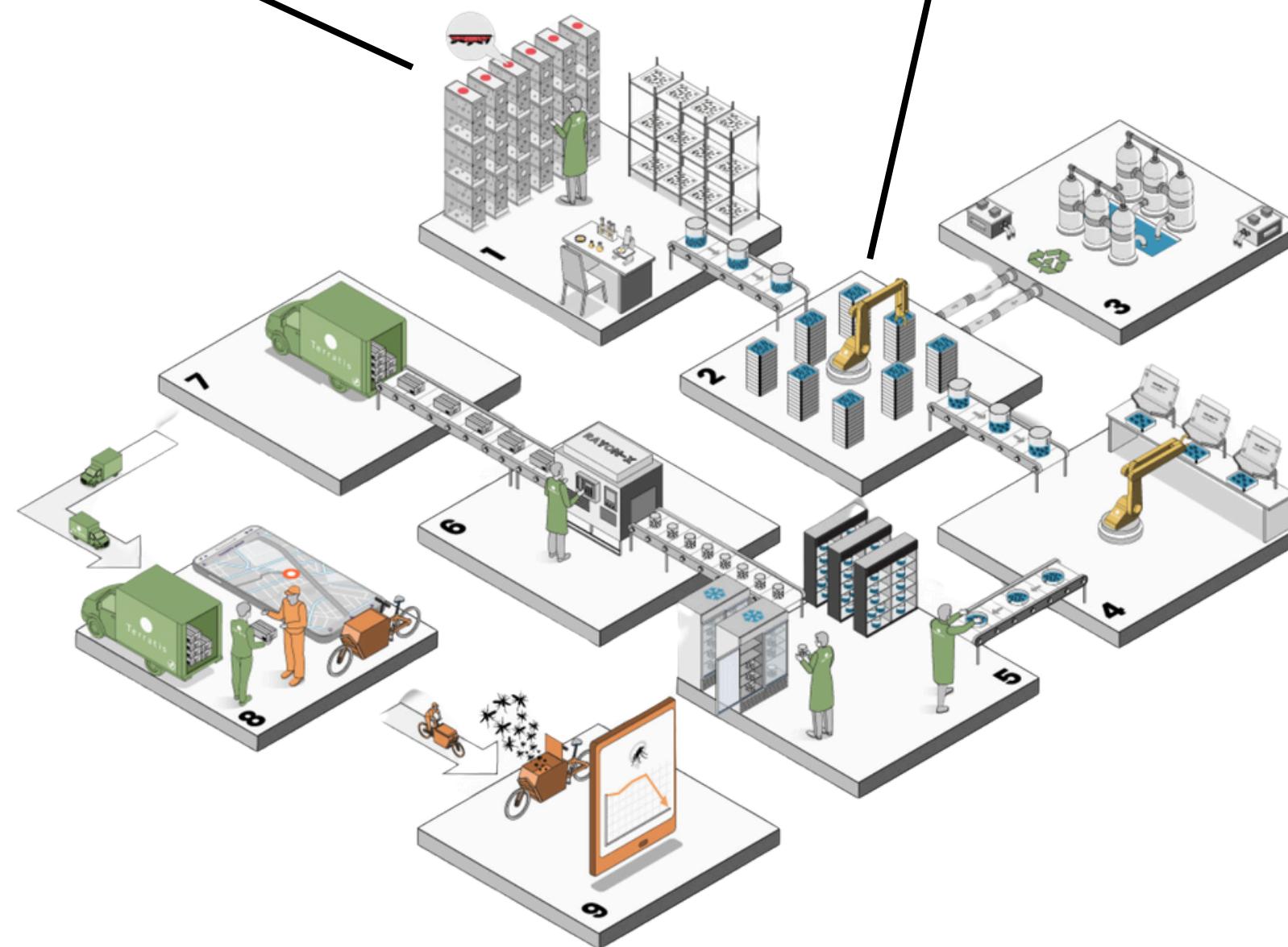
Vers une production plus rentable : l'industrialisation

Elevage adulte

- Sélection de souche pour améliorer le rendement
- Développement de cages semi-autonomes

Elevage larvaire

- Automatisation complète de l'élevage larvaire



Vers une production plus rentable : l'industrialisation

Elevage adulte

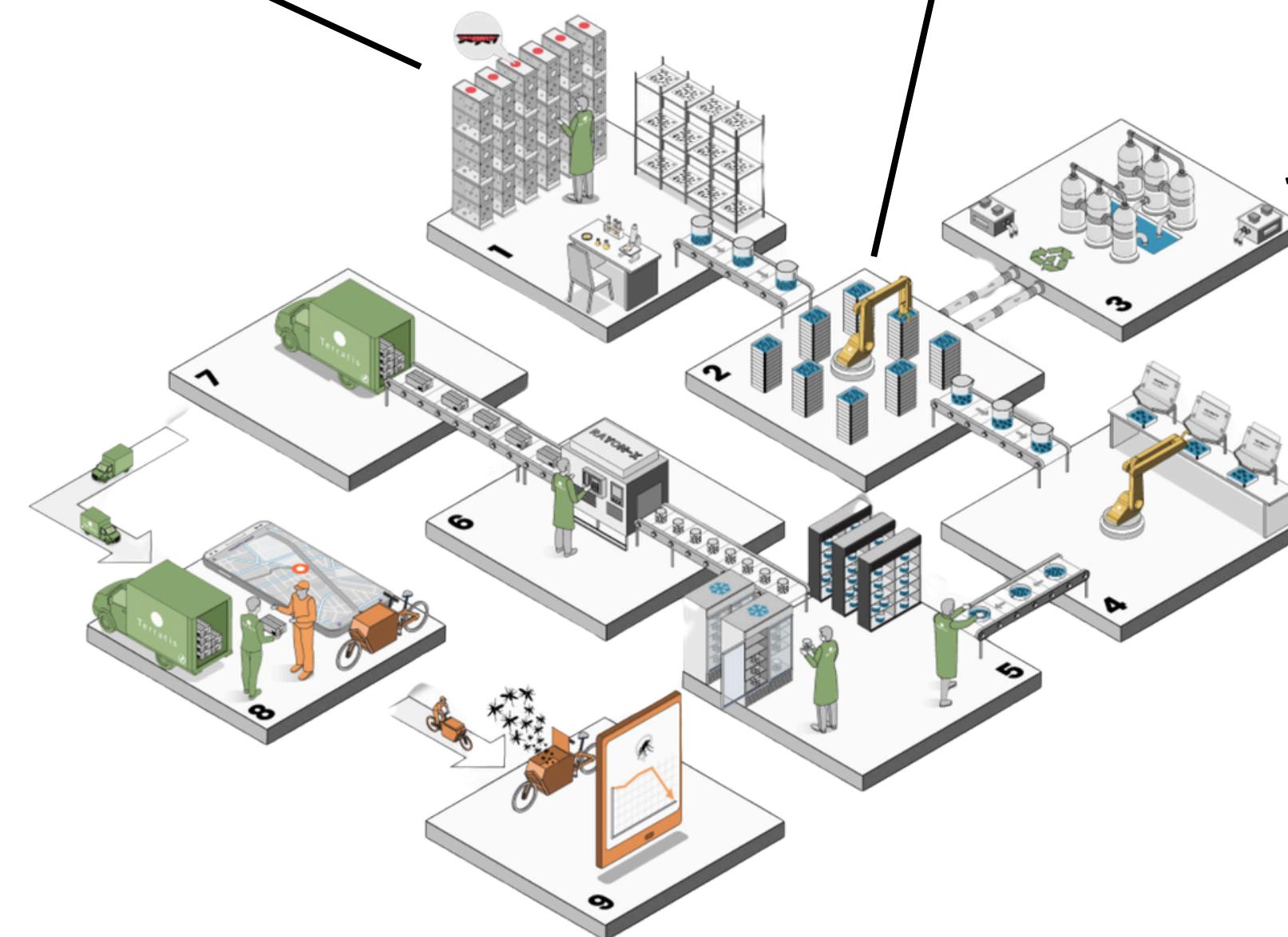
- Sélection de souche pour améliorer le rendement
- Développement de cages semi-autonomes

Elevage larvaire

- Automatisation complète de l'élevage larvaire

Gestion des eaux d'élevage

Développement d'un processus de traitement des eaux usées pour leur réutilisation



Vers une production plus rentable : l'industrialisation

Elevage adulte

- Sélection de souche pour améliorer le rendement
- Développement de cages semi-autonomes

Elevage larvaire

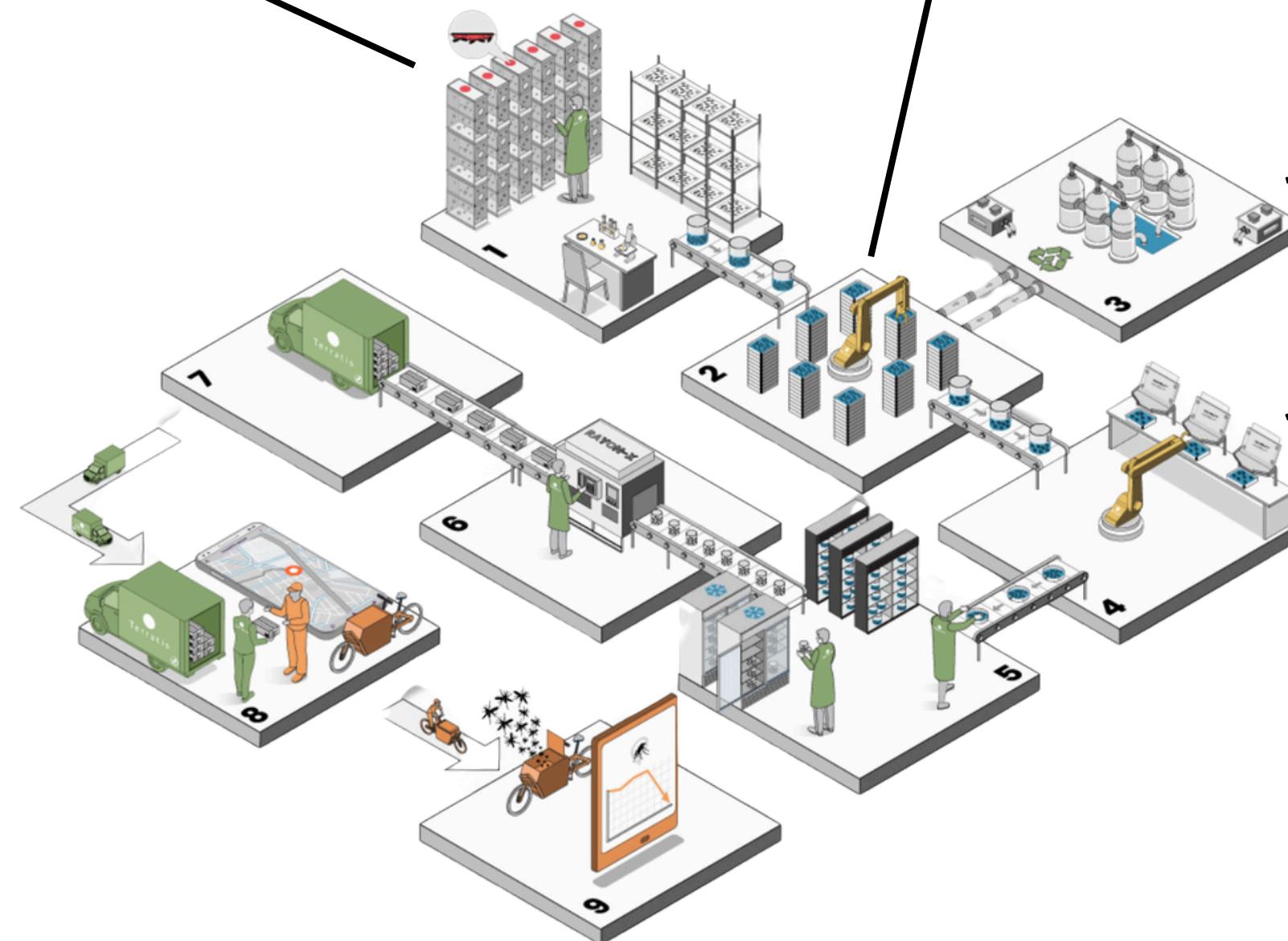
- Automatisation complète de l'élevage larvaire

Gestion des eaux d'élevage

Développement d'un processus de traitement des eaux usées pour leur réutilisation

Sexage

- Amélioration des sexeurs existants et exploration d'autres méthodes



Vers une production plus rentable : l'industrialisation

Elevage adulte

- Sélection de souche pour améliorer le rendement
- Développement de cages semi-autonomes

Elevage larvaire

- Automatisation complète de l'élevage larvaire

Gestion des eaux d'élevage

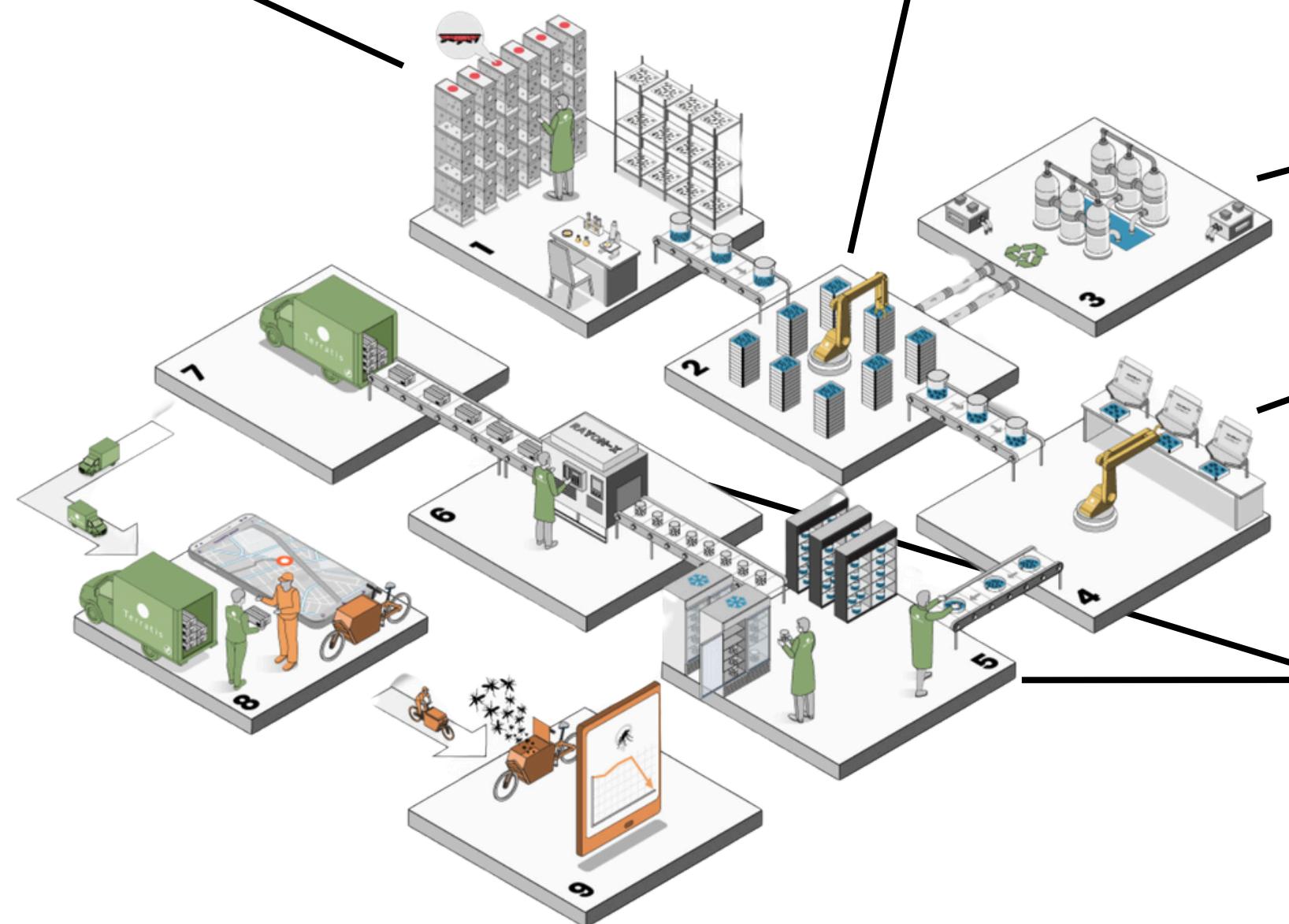
Développement d'un processus de traitement des eaux usées pour leur réutilisation

Sexage

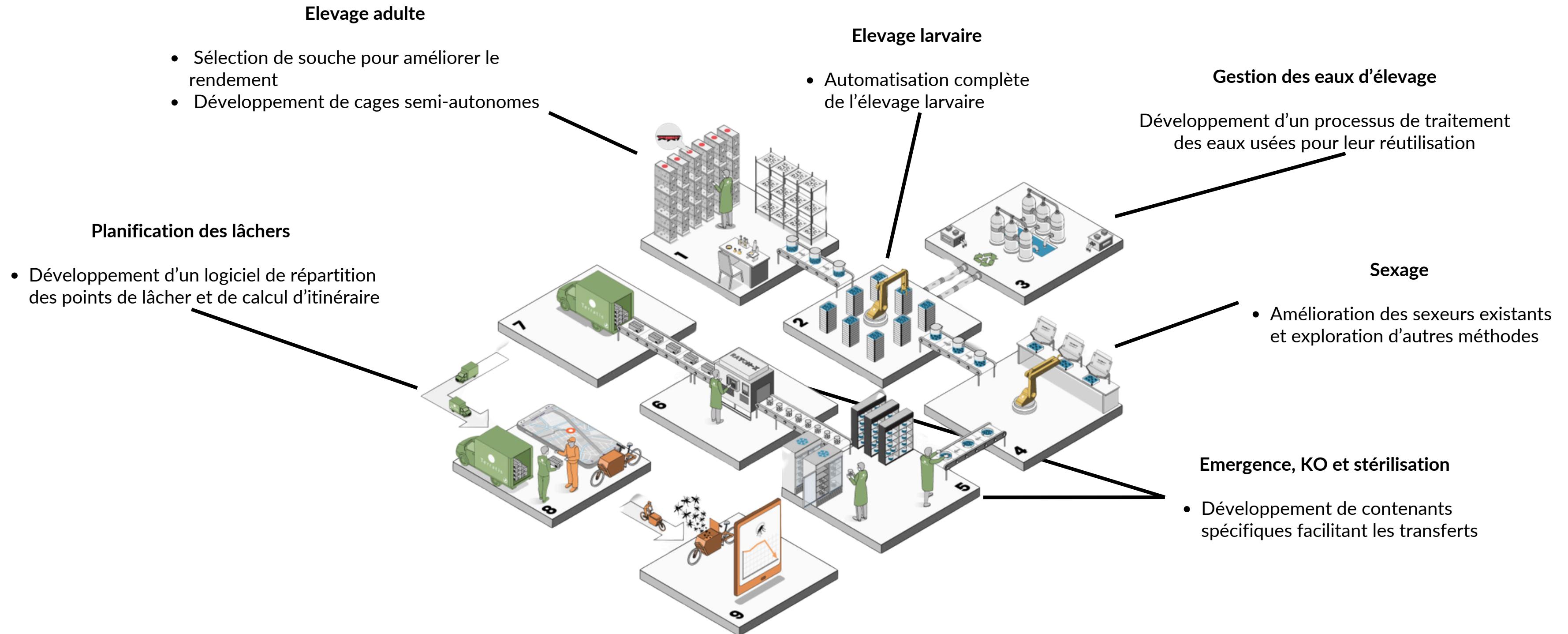
- Amélioration des sexeurs existants et exploration d'autres méthodes

Emergence, KO et stérilisation

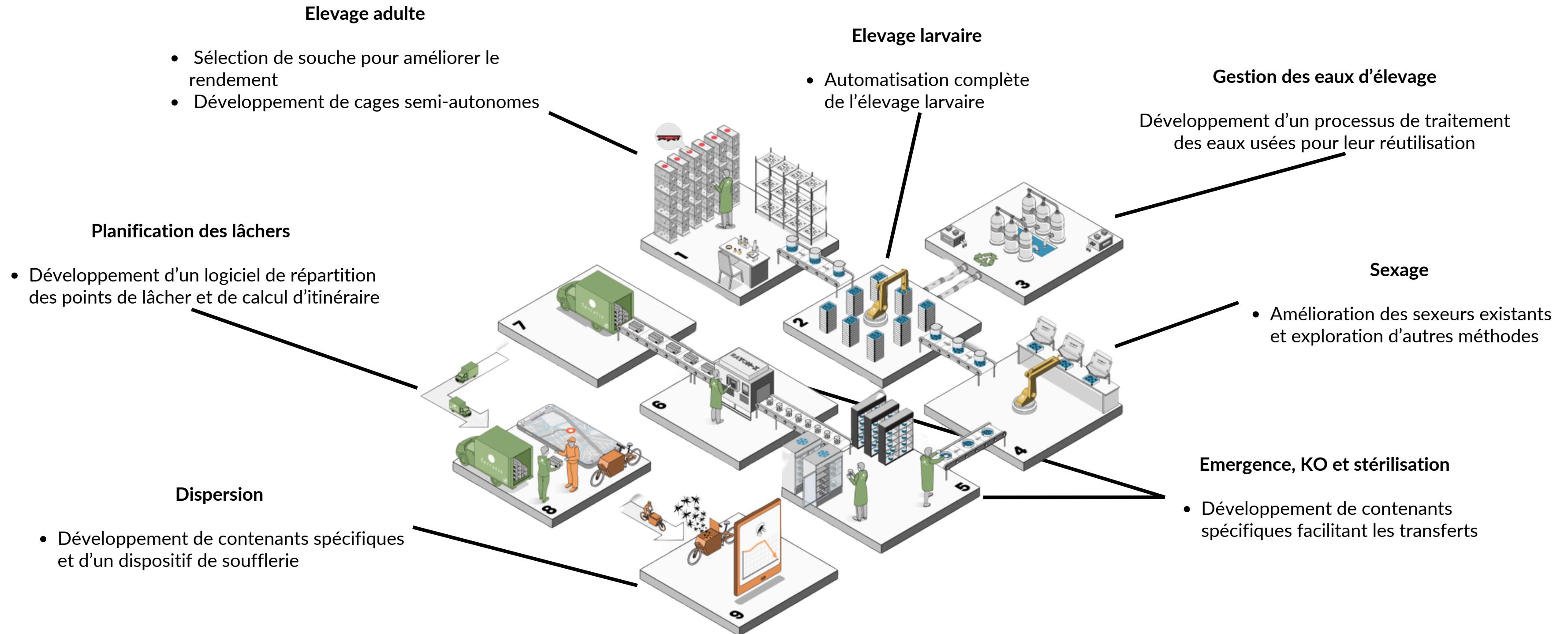
- Développement de contenants spécifiques facilitant les transferts



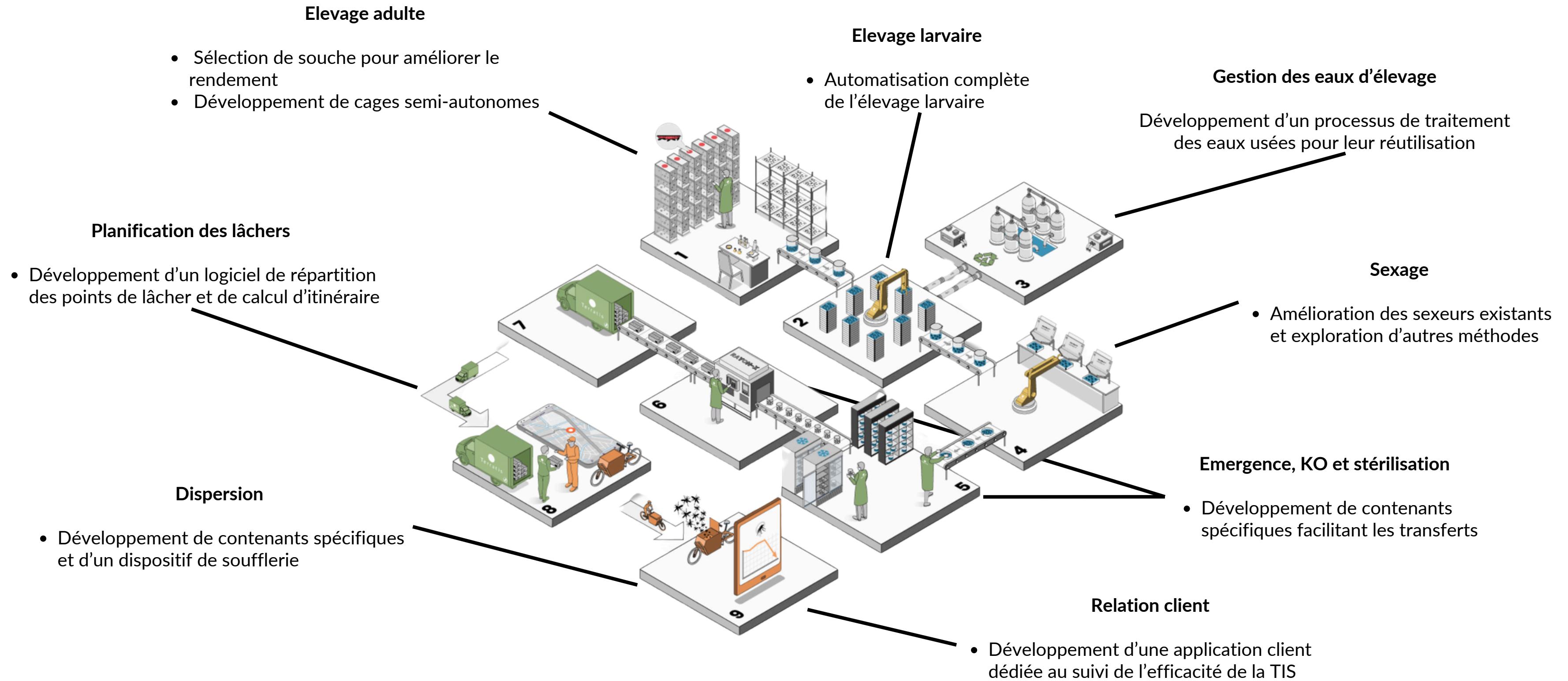
Vers une production plus rentable : l'industrialisation



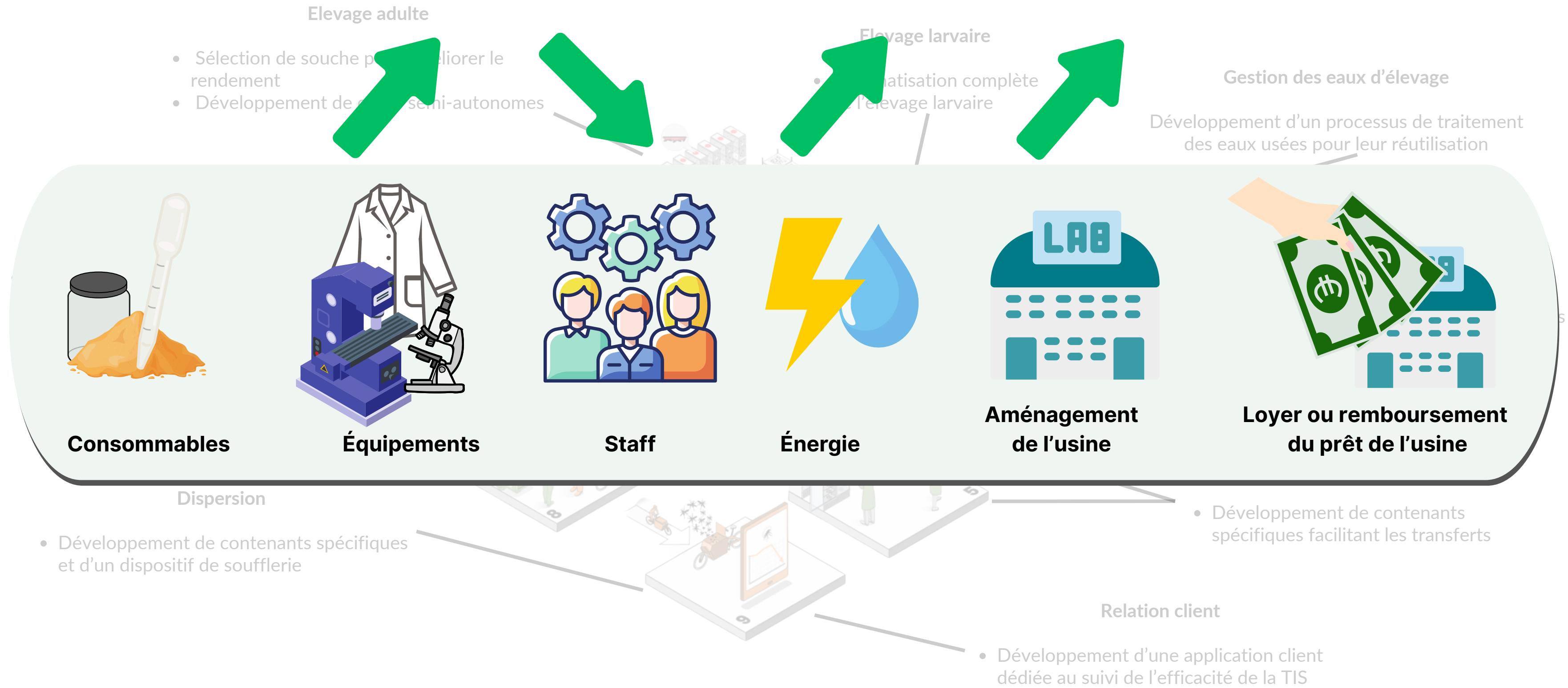
Vers une production plus rentable : l'industrialisation



Vers une production plus rentable : l'industrialisation



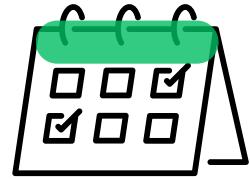
L'industrialisation : un investissement fort pour une rentabilité à forte production



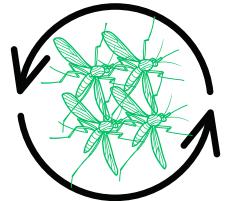
Un déploiement et un suivi également coûteux



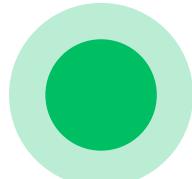
3000 mâles stériles par hectare traité



de fin avril à mi-octobre



1 à 2 fois par semaine



zone tampon d'un rayon de 200m autour de la zone à protéger



réseau de pièges dans la zone protégée et dans la zone tampon pour le suivi d'efficacité

Freins réglementaires à l'industrialisation de la TIS

- **Absence de cadre réglementaire encadrant les lâchers commerciaux :**
 - représente une incertitude pour certains clients
- **Installations d'élevage d'insectes diptères : ICPE n°2150**
 - implantation à 50 à 100m de toute activité humaine
 - l'absence de nuisance future est difficile à démontrer pour y déroger
 - difficulté à trouver un tel site à proximité de grandes villes



Activités 2025 de Terratis

2 clients :

- **Ville de Brive la Gaillarde**

- toute la saison
- env. 100ha
- 300k mâles stériles /semaine au pic de la saison

- **Ville de Montpellier**

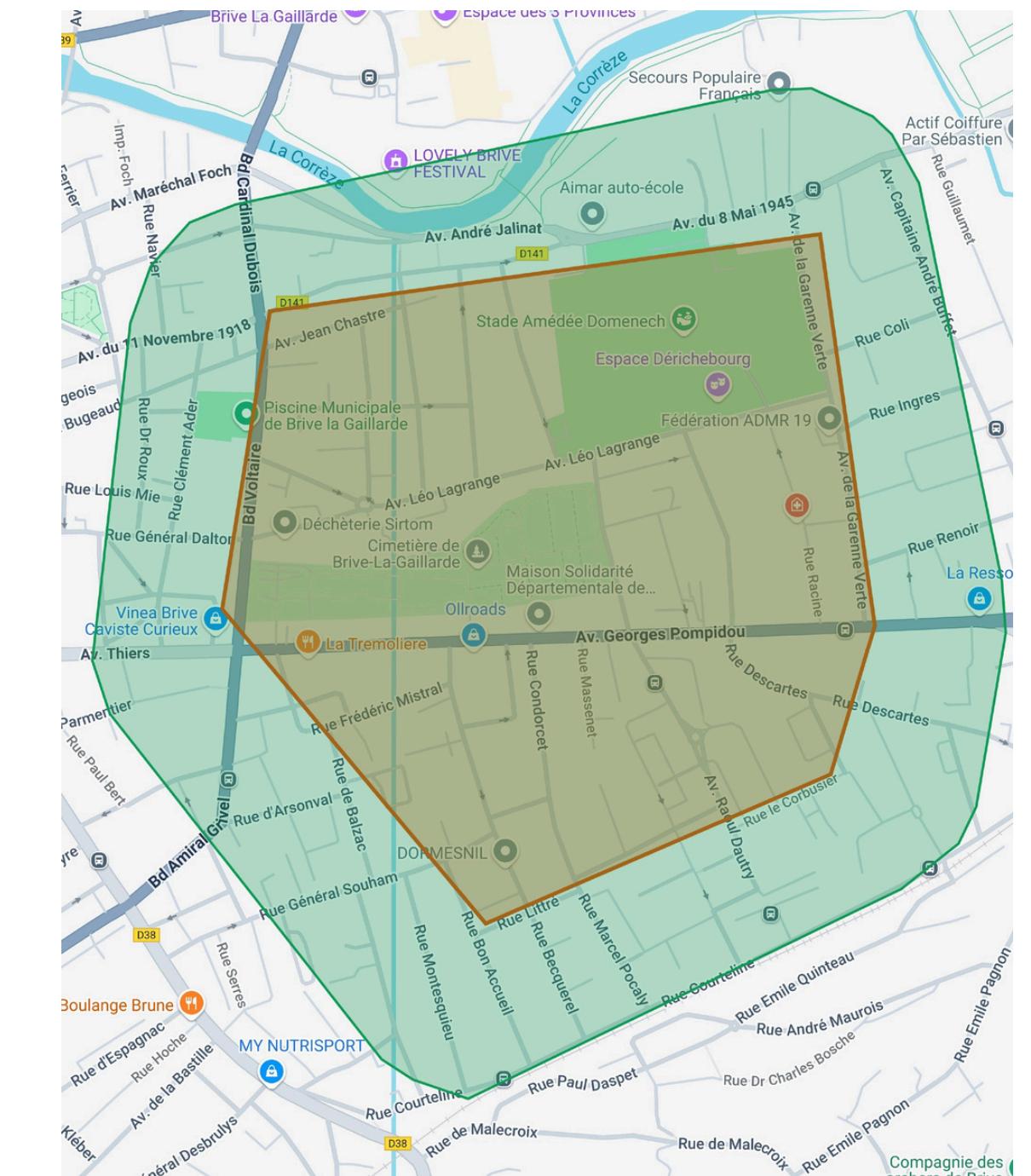
- à partir de mi-août
- env. 50ha
- 180k mâles stériles /semaine

→ stérilisation des pontes hivernantes avant de lancer une saison complète

→ dans le cadre d'une collaboration avec IRD, Altopicus et EID pour une évaluation d'efficacité avancée

Cas pratique de Brive la Gaillarde

- 58 points de lâcher, 3h30 de déploiement, 2 fois par semaine
 - 1 staff interne dédié aux lâchers : 1 AR à Brive par semaine
 - 2eme AR à Brive effectué par un partenaire terrain (Altopictus)
- 56 pièges pondoirs dont 14 dans la zone protégée
 - 1 staff R&D en appui ½ journée/semaine pour le suivi des pièges



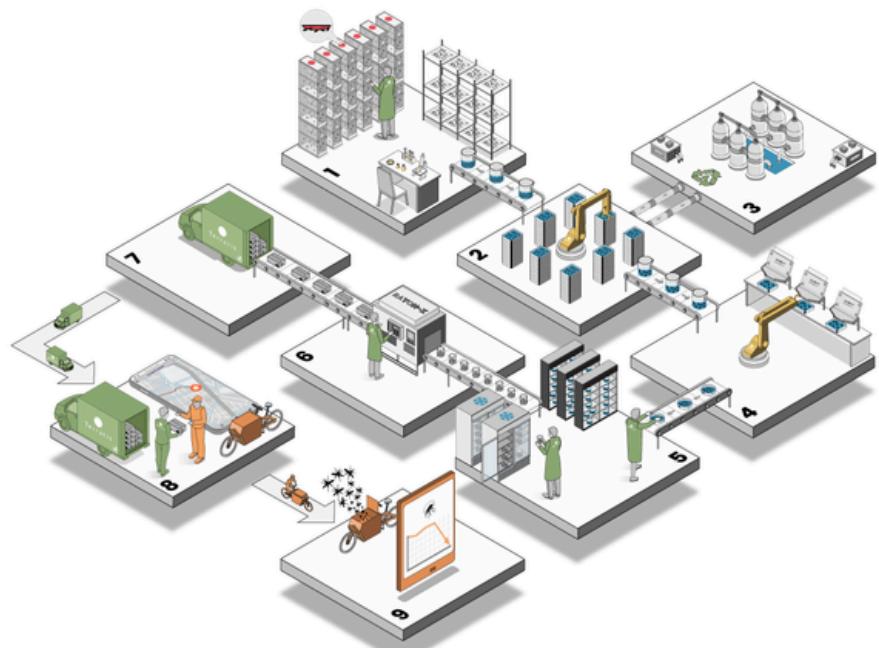
Feuille de route de Terratis

2028

2024 - Mars 2025

LANCEMENT

- Site prod. pilote 200m²
- Equipe 7 pers.



2025 - 2027

Phase PILOTE

- Optimisation des procédés de prod.
- Démo commerciales

2026 & 2027

Construction & validation 1ere usine

Capacité de production

- 2M/sem en l'état
- Jusqu'à 5M/sem avec innovations

Phase INDUSTRIELLE

- Usine 3000m² opérationnelle
- Marchés Moustiques et Agri

Capacité de production

- 100M/sem moustique
- 1 à plusieurs ravageurs agri



Célia LUTRAT

Responsable Innovation

celia.lutrat@terratis.fr



Merci pour votre attention !

Avez-vous des questions ?

Pause café, retour à 11h30

Situation réglementaire

par Fabrice Chandre

Règlementation des nouvelles méthodes de LAV

Situation réglementaire

par Fabrice Chandre

Règlementation des nouvelles méthodes de LAV

Une expérience pratique

par Patrick Mavingui

Règlementation des nouvelles méthodes de LAV

Le labo : la partie facile ?

par Jean-Bernard Duchemin

24 JUIN 2025

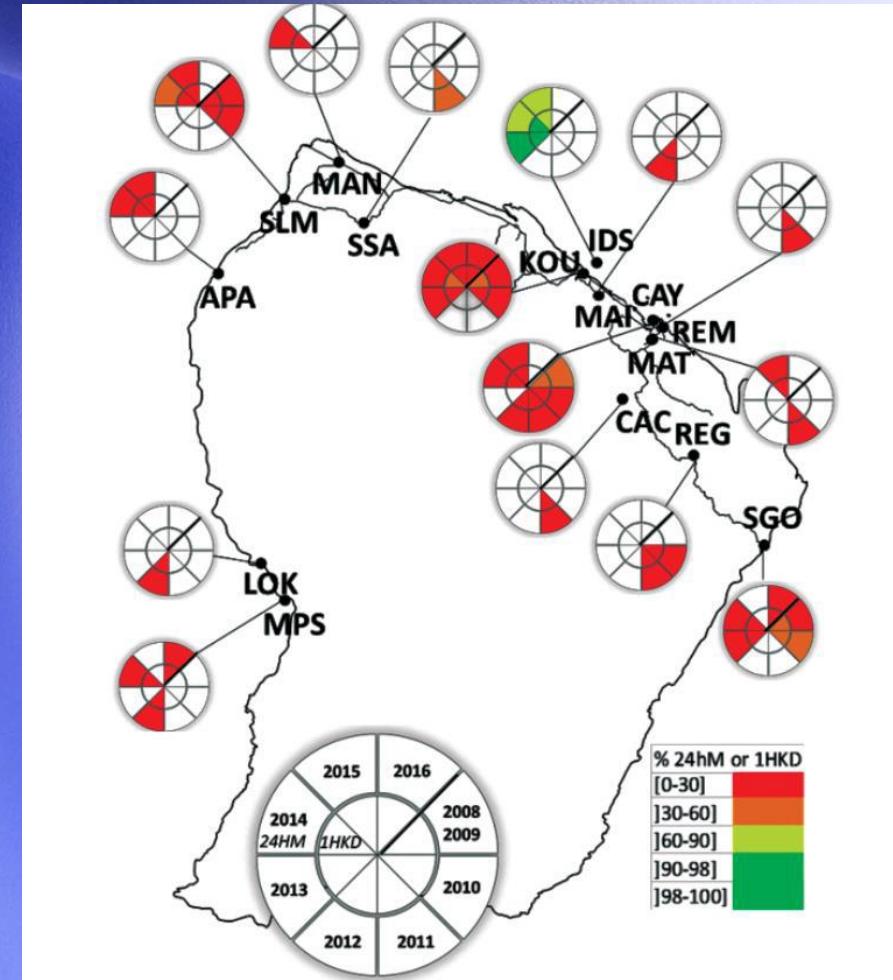
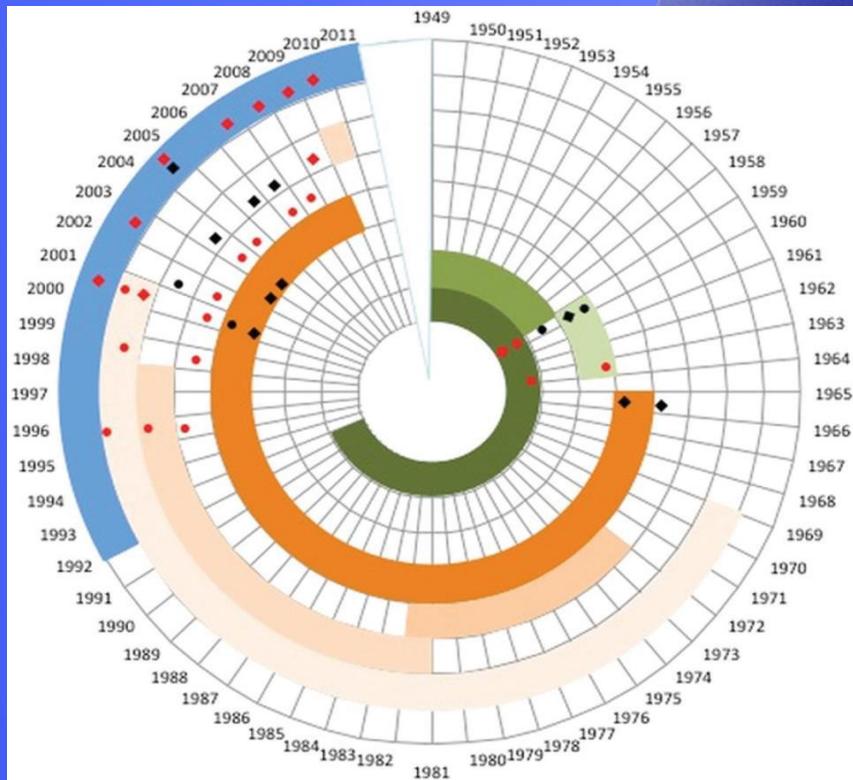
Le labo : la partie facile ?

Institut Pasteur de Guyane
Jean-Bernard Duchemin



CONTEXTE

Résistance insecticides en Guyane



Projet de thèse Emmanuelle CLERVIL

*Plaidoyer technique pour une méthode innovante
en Guyane : les Wolbachia*

- 2021-2024.
- Bourse Institut Pasteur
- Supervisée par Jocelyn Raude et Jean-Bernard Duchemin
- Trois objectifs :

Prévalence des Wolbachia en Guyane

Construction de lignée locale infectée en milieu confiné

Retour société ?



Résultats – 1

Présence Wolbachia en Guyane

Oui, cette bactérie est présente en Guyane

- Présente chez environ 66% des espèces de moustiques (29/44)
- N= 507 spécimens testés par 16S et wsp
- Eventail de prévalence *Wolbachia* de 5.6% chez *Psorophora ferox* à 100% chez *Culex quinquefasciatus*
- 0% chez *Aedes aegypti*.



Résultats – 2

Construction lignée infectée

Ca commence...

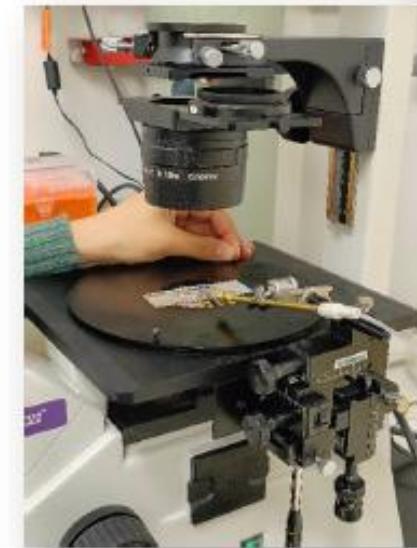
- Collaboration Australie (Ary Hoffman, Univ. Melbourne & Prasad Paradkar, CSIRO)
- Transfert technologie Australie => Guyane (Séjour étudiante)
- Don de deux lignées *Ae aegypti* infectées par *Wolbachia*



Pr Ary Hoffmann

Solution 1 : Micro-injection

A partir d'espèces de moustique (locales) naturellement infectées par *Wolbachia*.



Obtention de wAlbBQ et wMelM

Résultats – 2 bis

Construction lignée infectée

Ca continue

Transfert de deux lignées *Ae aegypti* infectées par *Wolbachia* d'Australie en Guyane :

Préfecture Guyane

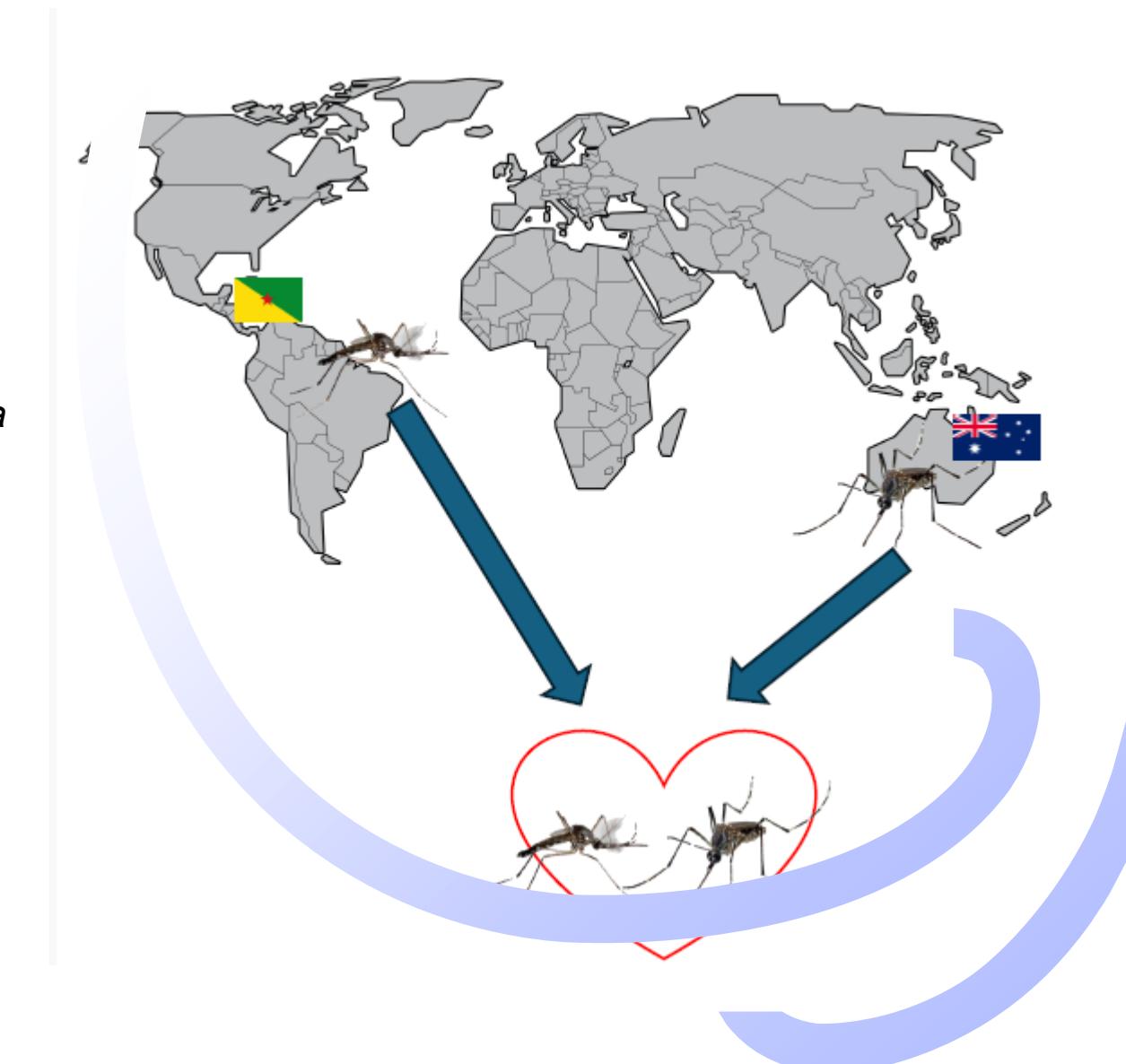
DSV Guyane

DSV Paris

IP Paris (service expéditions)

Douanes

Fret

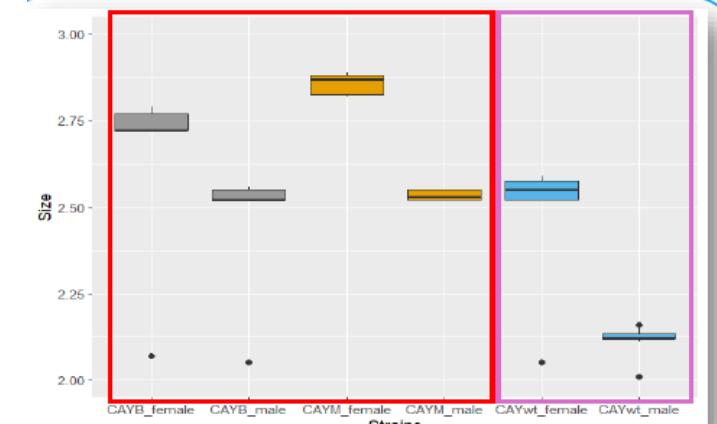


Résultats – 2 ter

Construction lignée infectée

Back-cross sur lignée récoltée sur le terrain (Cayenne) x :

- wMeIM
- wAlbBQ
- Premiers tests fitness à 4 générations



Taille moyenne des ailes des individus selon les lignées

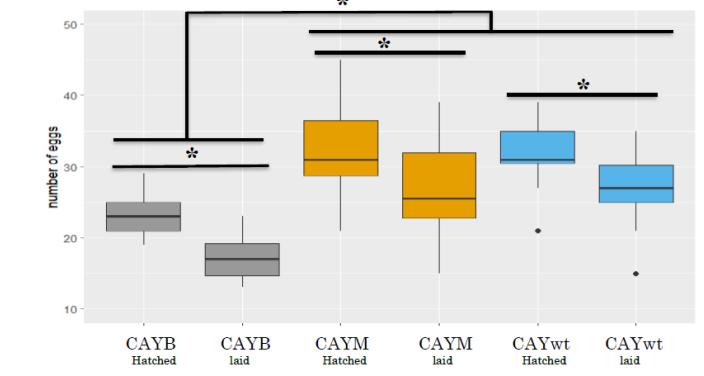


Figure 25: Mean eggs laid and hatched per strain

Test insecticide en tubes OMS :
Papiers imprégnés de Deltaméthrine (dose diagnostique 0,06%)

Survie :

- CAYwt : 95%
- CAYB : 92 %
- CAYM : 87 %
- wMeIM : 0 %
- wAlbB : 0 %

Résultats – 2 quat

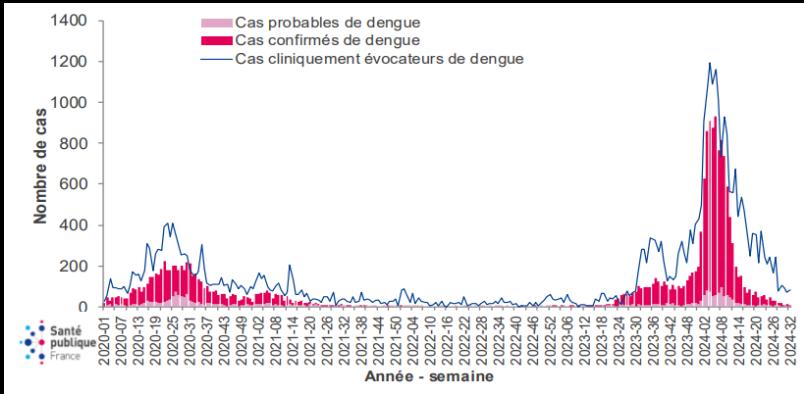
Construction lignée infectée

Premiers tests compétence vectorielle à 6 générations

Virus ZIKA (et pas Chikungunya... pour l'instant)



Et la population, elle en pense quoi ?



La Wolbachia Invité: Jean Bernard DUCHEMIN

Diffusé le 22/03/2025 | 49 min

II

^ Fermer la description

Présenté par Fabien SUBLLET



Résultats – 3

Sondages scolaires

Enquêtes d'opinion des lycéens face au nouvelles méthodes de lutte anti-vectorielle

- Représentation de la diversité de la Guyane
- Jeunes concernés par leur futur
- Comité éthique ? (avis Institut Pasteur) – Anonyme
- Avis Rectorat
- Directions établissements
- Enseignants

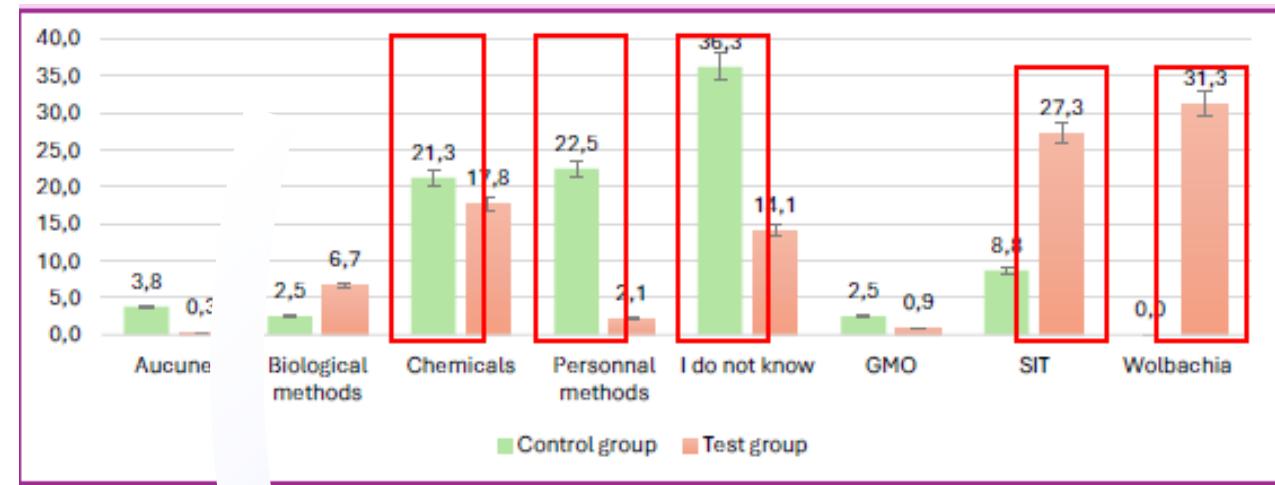


Résultats – 3 bis

Sondages scolaires

Enquêtes d'opinion des lycéens face aux nouvelles méthodes de lutte anti-vectorielle

- Réprésentation de la diversité de la Guyane
- Jeunes concernés par leur futur
- Comité éthique ? (avis Institut Pasteur) - Anonyme



Quelle méthode de lutte antivectorielle est-ce qu'ils préfèrent voir appliquer autour de chez eux ?

Différence significative observée entre groupe contrôle et groupe test.

Chi² test: X-squared = 108.04, df = 7; p-value = 2.2e-16

ET LA SUITE ?

**Inscription action Plan Régional Santé
Environnement Guyane (PRSE)**

Financement post-doc

**Communication population (ARS-Guy,
GPS, Croix-rouge)**

**Communication vers politiques, élus,
communes**

Journée LAV Arbo-France !

INSTITUT
Pasteur

Titre de diapositive



Règlementation

A ADOPTÉ LA PRÉSENTE DÉCISION:

Article premier

Les bactéries du genre Wolbachia ou toute préparation contenant ces bactéries destinées à être inoculées dans des moustiques dans le but de produire des moustiques infectés de manière non naturelle à des fins de lutte contre les vecteurs constituent un produit biocide au sens de l'article 3, paragraphe 1, point a), du règlement (UE) no 528/2012.

Les moustiques infectés de manière non naturelle, quelle que soit la technique d'infection utilisée, ne sont considérés ni comme un produit biocide, ni comme un article traité, au sens de l'article 3, paragraphe 1, points a) et l), respectivement, du règlement (UE) no 528/2012.

Article 2

La présente décision entre en vigueur le vingtième jour suivant celui de sa publication au Journal officiel de l'Union européenne.

Fait à Bruxelles, le 29 octobre 2018.

Par la Commission

Le président

Jean-Claude JUNCKER

Merci à

- Emmanuelle Clervil
- Jocelyn Raude, EHSEP
- ARS – Guy (Solène, Francky, Marion, Adrien,...) + PRSE (Marion)
- Collectivité Territoriale de la Guyane (Dr J. Rwigitinywa)
- Institut Pasteur (Anna-Bella, Nicolas et les autres)
- Arbo-France
- Ary and Prasad
- Collectif MuzéLaRue, artiste : SCIMO



Déjeuner, retour à 14h30

Avec la table ronde

Table ronde

Avec : Fabrice Chandre, Manuel Etienne, Louis Clément Gouagna, Nicolas Pocquet, Anubis Vega-Rua, Hervé Bossin, Jean Bernard Duchemin, Johana Fite, Cyrille Czeher, Brigitte Autran, et Hervé Raoul.

- Quel rationnel d'utilisation de ces nouvelles méthodes (métropole et TUM) dans un contexte de nuisance ou sanitaire ?
- Comment évaluer l'impact de ces méthodes ?
- Comment (et peut-on) faire évoluer la réglementation ?

Merci d'avoir suivi cette deuxième
journée !

Journées Scientifiques Annuelles d'Arbo-France

Moyens innovants de lutte contre les vecteurs d'arbovirus

23-24 juin 2025, Val de Grâce - Paris