La microencapsulation

au service du biocontrôle des insectes vecteurs et ravageurs

Aurélie Perrin

SATT AXLR





Le contexte

Insectes vecteurs et ravageurs de cultures

69 milliards €/an



Destruction de 40% des récoltes mondiales



1 million de morts / an



4,6 million de tonnes de pesticides / an



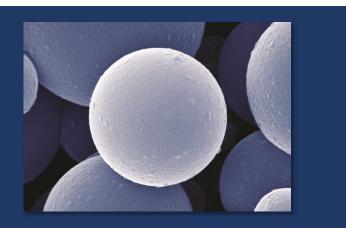




Fragile (stabilité, rémanence)

Notre solution

L'encapsulation pour une meilleure action



Protéger

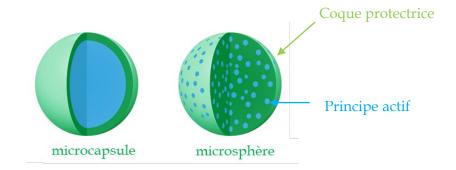
Contrôler

Optimiser

La microencapsulation, c'est quoi?

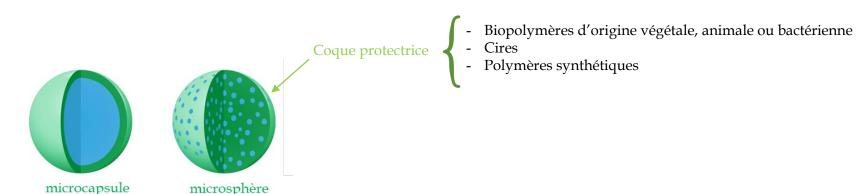
- Encapsulation = ensemble de technologies permettant l'enrobage ou le piégeage d'un ou plusieurs principes actifs au sein de particules individualisées selon différents procédés techniques.
- **Micro-encapsulation** = procédés permettant d'obtenir des microparticules d'une taille comprise entre 1µm à quelques mm

Les microparticules peuvent être creuses (microcapsules) ou pleines (microsphères)



La microencapsulation, c'est quoi?

- Encapsulation = ensemble de technologies permettant l'enrobage ou le piégeage d'un ou plusieurs principes actifs au sein de particules individualisées selon différents procédés techniques.
- Micro-encapsulation = procédés permettant d'obtenir des microparticules d'une taille comprise entre 1µm à quelques mm



Pourquoi encapsuler un principe actif?

L'encapsulation d'un principe actif répond à 4 grands objectifs :



La protection ou la stabilisation du principe actif

- vis-à-vis son environnement (ex. oxydation, pH, humidité, O2, lumière, T°C, H20, l'interaction avec d'autres composés...
- vis-à-vis du manipulateur (ex. pesticides...)

L'immobilisation *ex.* composés volatiles

La libération prolongée et contrôlée sur le site

d'action

- Libération par diffusion. dégradation, réhydratation
- Libération sous l'action d'un déclencheur (chimique, physique ou mécanique (ex. température, pH, humidité, pression...)

fonctionnalisation ou la structuration

ex. Conversion d'une huile en poudre, masquage d'odeurs et de goût, aspects esthétiques

Les domaines d'applications

- La technologie de microencapsulation est présente dans tous les secteurs d'activité de l'industrie (thérapeutique, agriculture, industrie agro-alimentaire, environnement...)
- La bioencapsulation = Encapsuler un matériel actif d'origine biologique
 - Enzymes
 - Peptides
 - ADN
 - Cellules vivantes
 - Organismes vivants (micro- ou macro-)

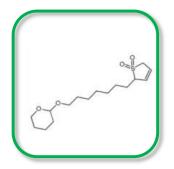
La microencapsulation au service du biocontrôle

Solutions de biocontrôle



Substances naturelles

Substances organiques ou minérales d'origine végétale, animale ou minérale ex. soufre, cuivre...



Médiateurs chimiques

Substances qui vont induire des réponses comportementales physiologiques phéromones, kairomones...



Micro-organismes

Virus **Bactéries** Champignons



Macro-organismes

Nématodes Acariens Insectes

Les acteurs du biocontrôle sont en attente de solutions de formulation, en particulier pour l'encapsulation du matériel vivant

Les projets

BioBeads

Projet de maturation initiale (IEM, MIVEGEC, DGIMI) oct. 2021 - mars 2022

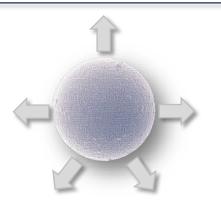




Capnea

LabEx CheMISyst

AAP solutions biomimétiques et bioinspirées (IEM, MIVEGEC, DGIMI) sept. 2021 – sept. 2022





NemaBeads

RIVOC (IEM, MIVEGEC, DGIMI) sept. 2021 – sept. 2023



FIBI

Prématuration Région Occitanie (IEM, MIVEGEC, DGIMI, ASTRE) mars 2022 – sept. 2023



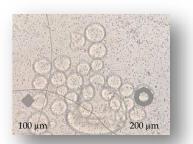
IDEA (présélectionné)

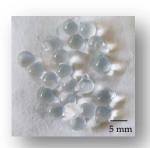
Prématuration CNRS (IEM, MIVEGEC, DGIMI, ASTRE, SPO)

Nos formulations

Formulations de biocides à l'aide d'un biopolymère biodégradable Brevet en cours de dépôt

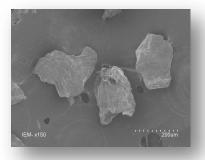
Taille comprise entre 100µm et 5mm





Formulation liquide ou sèche





Les modèles



Micro-organismes



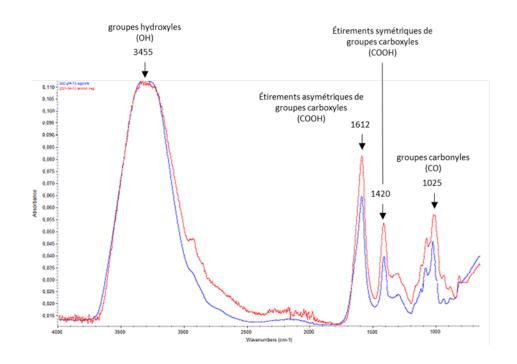
Macro-organismes

Caractérisation physico-chimique

Spectres IRTF de microparticules vides (bleu) ou avec biocide (rouge)

Observation des profils chimique en spectroscopie infrarouge à transformée de Fourrier (IRTF) :

Les profils chimiques des microparticules vides et avec biocides sont sensiblement comparables : l'encapsulation n'a pas d'influence sur groupements chimiques présents à la surface des microbilles.

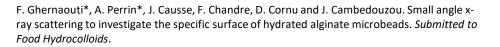


Caractérisation structurale

Analyse de la surface spécifique des microcapsules par diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS) :

Méthode expérimentale permettant d'étudier les propriétés structurales d'un matériau, en particulier des données texturales (surface spécifique en phase aqueuse ou humide).

Fig. (a) la surface spécifique des capsules est faible avant séchage et (b) à tendance à réduire lors du séchage



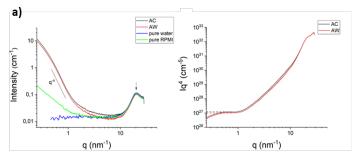


Figure 2. a) SAXS profiles of samples AC, AW, pure water and pure RPMI medium. The arrow points toward the feature characteristic of intermolecular distance of water, and the black line follows a q-4 law. b) Porod plots of samples AC and AW. The dashed lines materialize the value of Ig4 when g tends to 0 for AC (black) and AW (red).

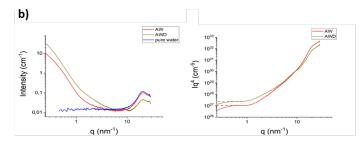
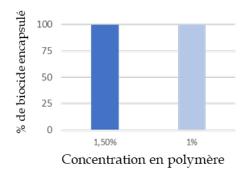


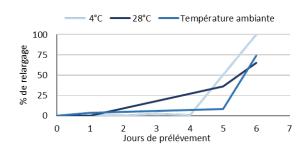
Figure 3. a) SAXS profiles of samples AW, AWD, and pure water. b) Porod plots of samples AW and AWD. The dashed lines materialize the value of Iq4 when q tends to 0 for AW (red) and AW (dark yellow).

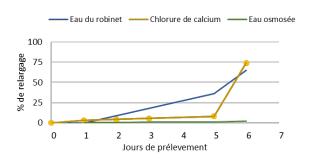
Caractérisation fonctionnelle

Taux d'encapsulation des biocides = 100%



Cinétique de relargage : impact de la température et des conditions ioniques de la solution dans laquelle sont immergées les microparticules





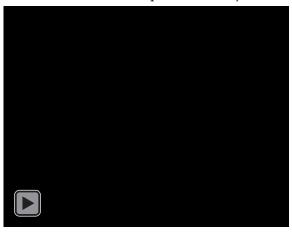
Caractérisation biologique

- Mise au point de méthode de quantification des biocides à l'intérieur ou après relargage, par qPCR (modèles VEP)
- Tests d'efficacité sur modèles ravageurs et vecteurs (modèles VEP et NEP)

Les usages

Usage direct dans les gites larvaire contre des insectes vecteurs

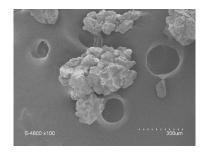
> Ex. nématodes entomopathogènes du sol dans une larve de moustique, Aedes albopictus



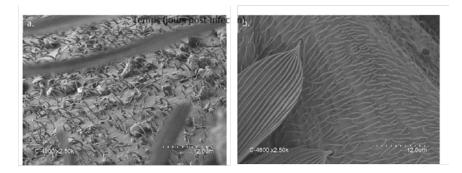
Usage direct contre des ravageurs de culture (Spodoptera frugiperda)

Les usages

Usage via l'entomovection (ex. en association avec la technique de l'insecte stérile), Projets: Revolinc, IDEA



Biocapsules sèches observées en MEB



Observation en MEB de cuticules de moustiques imprégnées par des biocapsules sèches (a), en comparaison avec un témoin non imprégné (b),

Les usages

En co-formulation avec des insecticides chimiques *Projet* : FIBI

Association d'un biocide d'origine naturel avec un insecticide chimique

















Fabrice Chandre Marie Rossignol Bethsabée Scheid Carole Ginibre Hélène Sobry (M1) Edouard Bessette (M2)





Jérémy Bouyer Thierry Baldet



Mylène Ogliastro Anne Sophie Gosselin Alain Givaudan Jean-Claude Ogier Sylvie Pagès Ludivine Perri (BTS) Noun Ibrahim Magdy Fouad (M1)



Christophe Lagneau Charles Jeannin Jean-Baptiste Ferré



David Cornu Julien Cambedouzou Feriel Ghernaouti (M2)



Virginie Galéoté Thérèse Marlin Charline Mathiot (M2) Fabien Gourc (M2)