



2.ZERHO

Des capteurs connectés et un conseil numérique pour gérer la complexité des systèmes de production Zéro Pesticides

Bruno PARIS – ASTREDHOR / Chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes

Léo KERAUDREN, Emilie MAUGIN, Doïna NIJKE, Jacques FILLÂTRE, Isabelle CABEU, Sophie DESCAMPS,
Laurent CAMBOURNAC, Serge GRAVEROL, Stephen AMBROGIO

Projet DEPHY EXPE 2.ZERHO (2019-2024)

➤ *Deux objectifs :*

- **Développer** des fonctionnalités connectées pour l'aide à la décision (Règles de décision, Application métier Conseil, Capteurs connectés, Algorithmes prédictifs)
- **Reconcevoir et étudier** des systèmes de cultures privilégiant les mesures préventives et l'anticipation

➤ **Reconcevoir les systèmes de production en monoculture :**

- Approche holistique avec des combinaisons de leviers, augmentation de la biodiversité ;
- Des outils pour gérer les épidémies en systèmes complexes (cortège de bioagresseurs important, assemblage des options de gestion...)

Projet DEPHY EXPE 2.ZERHO (2019-2024)

➤ *Trois systèmes de cultures horticoles :*

- Une monoculture pour **la fleur coupée de Gerbera**, en climat méditerranéen
- Une monoculture pour **la fleur coupée de Rose**, en climat tropical
- Une **succession de plantes en pots**, en climat océanique

➤ *Un assemblage de solutions de biocontrôle et de technologies pour gérer la complexité des systèmes horticoles :*

- Des solutions technologiques (Capteurs climatiques connectés, Capteurs d'images d'insectes, des robots de thigmomorphogénèse, Pautorose...)
- Des solutions biologiques (macroorganismes, microorganismes)
- Des plantes de services, du nourrissage, des habitats...
- Des substances naturelles...

Toute la boîte à outils du biocontrôle pour :

➔ **Construire des schémas de production économes en pesticides**

➔ **Gérer ces systèmes de cultures pour une viabilité économique**



Principales contraintes en cultures ornementales

Un cortège de bio-agresseurs important

Qualité des productions
zéro défaut



Gerbera

Récoltes en continu

Culture chauffée

L'absence de vide sanitaire



Rosier tropical

Risque cyclonique

L'absence de vide sanitaire

Pas de repos végétatif
(T° élevées en continu)

Absence de réelle période
hivernale

Filière opprimée par l'importation

- Importation massive annuelle de 5 000 000 tiges
- Coût concurrentiel
- Qualité irréprochable

(de – en –, depuis le COVID et
conflit ukrainien de fév 2022, avec hausse coûts
transport et intrants)



Plantes en pot

Récoltes échelonnées

Un continuum
printemps/été/automne/hiver

vide sanitaire
1 mois

Principaux bioagresseurs sur Gerbera

Les pucerons



Aleurodes

Trialeurodes vaporariorum,
Bemisia tabaci



L'acarien tétranyque

Tetranychus urticae



Le thrips

Principalement *Frankliniella*
occidentalis



Les mineuses

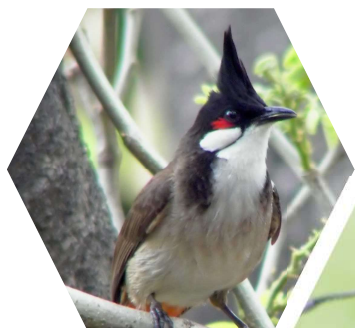


Oïdium/botrytis

Principaux bioagresseurs sur Rosier tropical

OISEAUX

Merle Maurice
ou Bulbul orphée
Pycnonotus jocosus
(dégâts / boutons en hiver)



Pucerons



Thrips

Echinothrips hawaiiensis
1 individu = déchet
+ *Frankliniella occidentalis*



Chenilles



Cicadelles



Oïdium +
Mildiou



Acarien tétranyque

Tetranychus urticae



CRATOPUS

(charançon
endémique de l'île)
Dégâts sur feuilles /
fleurs



MOUCHES des FRUITS

Batrocera dorsalis, etc...



Principaux bioagresseurs sur une succession de plantes en pot

Les pucerons



Aleurodes

Trialeurodes vaporariorum/
Bemisia tabaci



L'acarien tétranyque

Tetranychus urticae



Le thrips

Principalement *Frankliniella*
occidentalis



Oïdium/botrytis



Des éléments convergents de complexité

- Des produits de qualité, zéro défaut
- Un cortège de bio-agresseurs importants
- Une biodiversité augmentée à gérer (issue du biocontrôle ou indigène)
- Des maladies qui mettent à mal les stratégies « bas intrants centrées macroorganismes »
- La question du climat est centrale dans les dynamiques épidémiques (productions chauffées – climat tropical sans repos végétatif)
- Un continuum culturel sans vide sanitaire : des cultures pérennes avec maintien des populations de ravageurs et des sources *d'inoculum* pour les maladies



- ❑ **Le diagnostic : un facteur clé pour les conseillers et les producteurs**
- ❑ **Des outils connectés pour accompagner le diagnostic et la prise de décision**

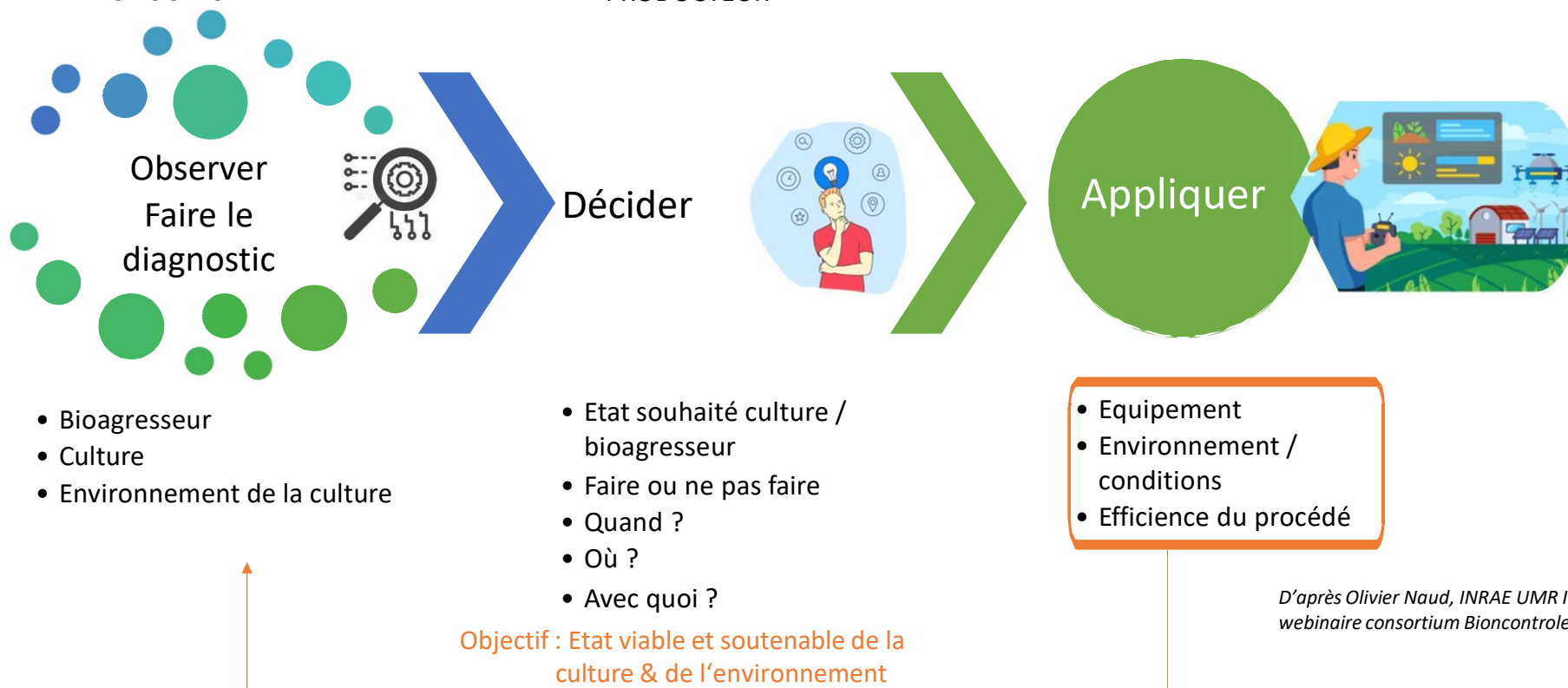
OUTILS CONNECTES ET DECISION

ACCOMPAGNER LES ACTEURS DE L'ECOSYSTEME AGRICOLE POUR LA PRISE DE DÉCISION

- EXPERIMENTATEUR
- CONSEILLER
- PRODUCTEUR

- EXPERIMENTATEUR
- CONSEILLER
- PRODUCTEUR

- PRODUCTEUR



D'après Olivier Naud, INRAE UMR ITAP, webinaire consortium Bioncontrôle

Source – Emilie MAUGIN – 2022



Des capteurs climatiques

- Les projets DEPHY EXPE 2.ZERHO et CasDAR RT S@MOSA pour équiper les sites 2.ZERHO stations conduits sans pesticide
- Les 3 sites « stations expérimentales » équipés en capteurs climatiques ;
- Objectifs : fiabilité des outils en conditions – Sélection de capteurs d'intérêt – Collecte de données en masse pour développer des modèles prédictifs



Une station extérieure



Une station intérieure
avec un panel de capteurs

Des capteurs climatiques adaptés à tous les besoins



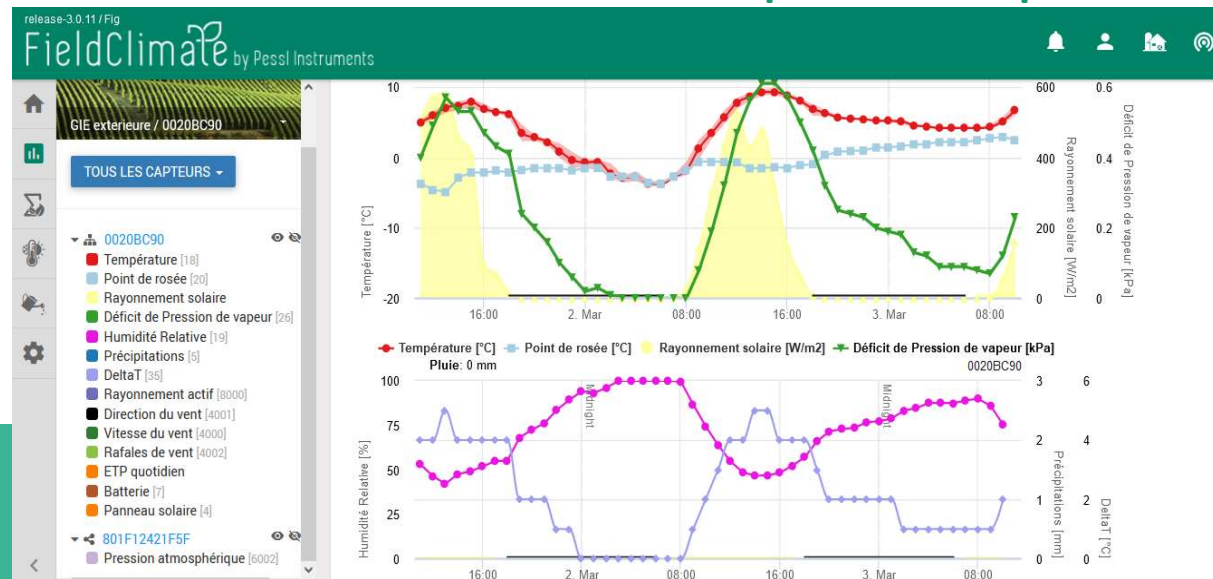
➤ Thermohygromètres LoRa

- Capteurs compacts et robustes (conditions saturantes chaudes – tropicales)
- Transmission des données en bas débit → faible consommation d'énergie
- Faciles à installer
- Modulables pour une utilisation souple (ex : suivi hygrométrie spécifique pour application de Botanigard WP)
- Risque de perte de données en cas de déconnexion de l'antenne

➤ Des stations climatiques complètes :

- Connexion fiable 4G par cartes sim
- Stockage de données en cas de perte de réseau
- Modulables
- Autonomes (panneau PV)

Centralisation des données sur une plateforme unique

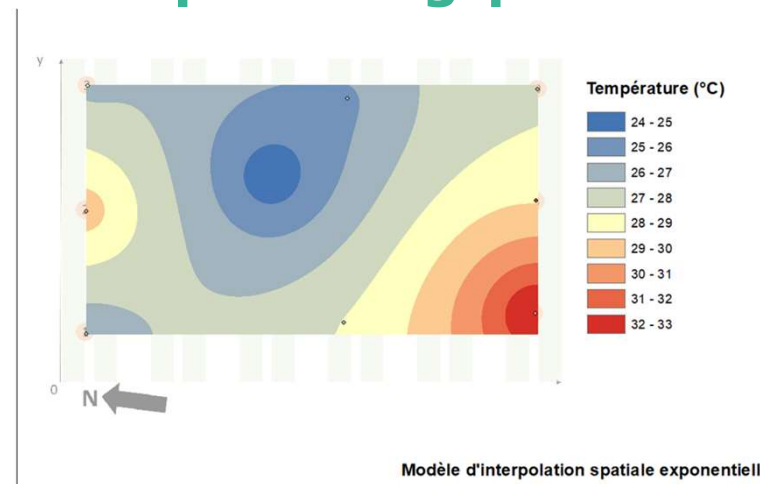


La spatialisation des données μ -climatiques et épidémiologiques



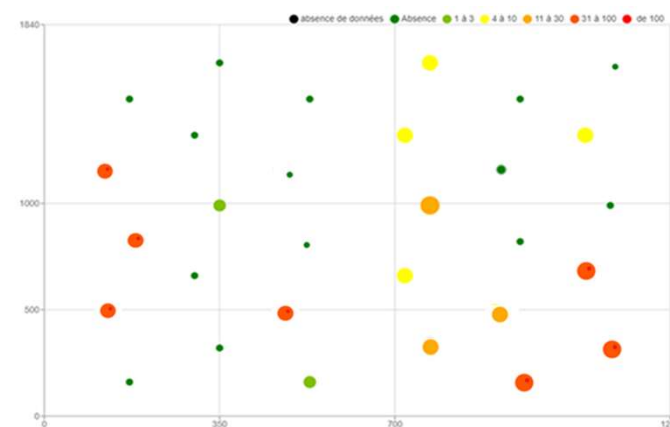
➤ Cartographies température et hygrométrie

Points chauds et froids → corrélation avec les occurrences des épidémies ?



➤ Des cartographies épidémiologiques

Des foyers de bioagresseurs récurrents et une dynamique hétérogène



➤ Des jeux de données à exploiter sur un temps long

- Une diversité de données d'intérêt pour la recherche
- Un partenariat de projet en cours de construction pour modéliser les dynamiques avec l'IDELE (Data'Stat)

Des capteurs d'images



- Deux types de pièges testés :
 - Dispositif à phéromones (Lépidoptères)
 - Dispositifs à panneaux chromatiques englués
- Objectifs : valider la fiabilité/pérennité des outils, des algorithmes de reconnaissance, les faire évoluer, évaluer les indicateurs populationnels pour la prise de décision



- 7 dispositifs installés selon diverses modalités expérimentales (fixe + mobile)
- Coûts unitaires :
 - iScout color trap : 1100€ HT + 300€ HT abonnement/an
 - Iscout Phéromone : 1000€ HT + 300€ HT abonnement/an

Des capteurs d'images



➤ **Pièges chromatiques** : difficulté pour les petits insectes (thrips, pucerons...) et des confusions lors de présences importantes → adapter la focale car trop peu de pixels pour la détermination jusqu'à l'ordre

→ l'imagerie photo n'est pas toujours suffisamment précise ni suffisante

→ d'autres pistes de recherche sont à inventer (acoustique, olfactif, énergie...)?!

➤ **Pièges à phéromones** : une performance de la reconnaissance des Lépidoptères par l'algorithme (97% taux de reconnaissance)

→ Envoi automatique des photos sur Fieddimate, choix des horaires photos et du nombre de photos/jour (limite : batterie / PhotoVoltaire)

→ Un algorithme implémentable pour la reconnaissance de nouveaux lépidoptères – Attention à la valorisation de l'expertise

→ une problématique pour la détection précoce des premiers vols (attraction seulement des mâles) quid des premières femelles !

Un conseil connecté : une application métier BACO



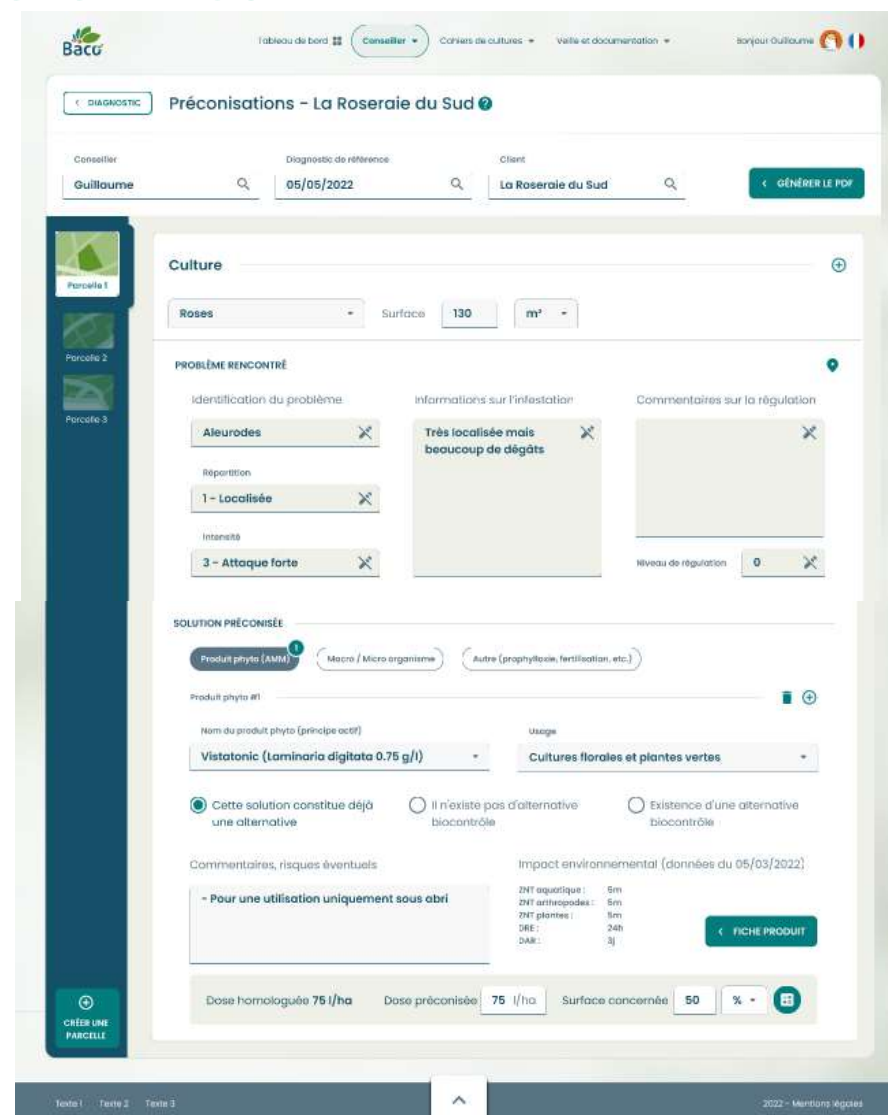
➤ **Objectifs** : vers plus d'agroécologie dans des systèmes horticoles

➔ Une nécessaire évolution du conseil agricole

- Permettre la réalisation d'un diagnostic de terrain fiable (bioagresseurs et biorégulateurs) pour générer des indicateurs de pression et de biorégulation
- Faciliter la préconisation des méthodes alternatives de protection des plantes
- Respecter la réglementation sur la traçabilité et stimuler le conseil vers plus de biocontrôle
- Intégrer et diffuser les innovations au plus grand nombre pour élaborer une stratégie d'entreprise
- Exploiter les données du conseil : bilans de campagne par territoire, par système de cultures, par bioagresseur, par biorégulateur → une épidémiosurveillance dynamisée et cartographiée
- Prédire pour faciliter la décision à partir des données des diagnostics et des conseils collectés : Quel positionnement des produits de biocontrôle pour optimiser la production.

➔ Changer de paradigme : vers un système zéro pesticides ?(*)

Un conseil connecté : l'application métier BACO



Conclusion 1

Pilotage des systèmes 2.ZERHO :

- **En station** : Des systèmes de production horticoles **zéro pesticide**, avec des marges de progrès, encore des difficultés saisonnières et des problématiques spécifiques (thrips, pucerons)
- **En exploitation** : une PBI en progression avec une meilleure acceptabilité, faciliter la diffusion des outils du biocontrôle, un appui précieux du numérique (connaissance et mise en œuvre des leviers)

Des éléments clés à retenir :

- **Le diagnostic épidémiologique** à la parcelle : essentiel au pilotage et à la prise de décision
- Une **complexité induite** par les combinaisons de leviers agroécologiques
- Pas un objectif de substitution mais **d'augmentation de la biodiversité fonctionnelle**
- **La température et l'hygrométrie spatialisée** : maîtriser l'épidémiosurveillance pour anticiper le risque



Serre Plantes en pot Station ASTREDHOR Sud-Ouest



Serre Rosier producteur ARMEFLHOR

Conclusion 2

Des outils connectés en phase exploratoire :

Capteurs:

Outils et méthodes pour gérer, apprendre et diffuser capteurs climatiques et capteurs de présence des insectes

→ En test sur sites 2.ZERHO (robustesse, fiabilité, représentativité...), construction de jeux de données complets et exploitation : un travail de longue haleine

Conseil agroécologique connecté : une phase de test
Une relation de conseil adaptée pour amplifier, diffuser et proposer **des solutions et un langage commun agroécologique** aux acteurs de l'écosystème agricole

→ En bêtestest auprès d'un panel de conseillers et sur les sites producteurs 2.ZERHO



Capteur Iscout chromatique sur chariot de Thigmomorphogenèse
Astredhor Sud-Ouest



Co-conception d'outils pour le conseil agroécologique
ASTREDHOR FioriMed

MERCI de votre attention

INRAE



 **ASTREDHOR**
VEGETAL - EXPERTISE - INNOVATION


armeflhor


**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
ALPES-MARITIMES

ÉCOPHYTO
DEPHY | RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui technique et financier de l'Office français de la Biodiversité.


GOVERNEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité


OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ