



Compte-rendu du groupe de travail des axes 1+2: Structure des communautés d'organismes

Comment classer les organismes ?

Visioconférence le 14/01/22

V1 : 14/01/22

Présents : Sylvaine Simon (INRAE), Pierre Franck (INRAE), Hélène Gross (ACTA), Céline Cervek (Chambre d'agriculture Centre val de Loire), Alain Ferre (ASTREDHOR), Béatrice Rhino (CIRAD), Laurent Dutruel (Lycée Edgar Pisani)

Excusés : Jonathan Marks-Perreau (Arvalis)

Animation et rédaction du CR : Alain Ferre (Astredhor, animateur RMT)

Informations préliminaires envoyées avant le GT

Contexte et enjeux : si l'on veut mieux orienter les communautés d'organismes vers une régulation naturelle efficace, il faut comprendre leurs interactions et surtout, lorsque l'on fait varier une population (ex : augmentation des populations de coccinelles) quel va être l'impact sur les populations des autres organismes. Pour résumé, quel est l'impact d'un auxiliaire sur le fonctionnement général de l'agroécosystème.

Or, il est impossible de comprendre ou modéliser les dynamiques de population espèce par espèce. C'est pourquoi, il est avantageux de les regrouper et de les classer suivant leur biologie et leur impact sur l'agroécosystème. Ainsi, les critères de classement devront être fonction de l'impact sur les populations de ravageurs. Il convient donc de définir quels sont les différents impacts possibles.

Enfin, les critères de classement devront être définis suivant leur capacité à expliquer l'impact.

Objectifs du GT :

Les objectifs de ce GT sont donc :

- Définition et validation des effets sur l'agroécosystème,
- Définir les critères de classement

Définitions :

Phytophage : organisme consommant la culture

Ravageur : phytophage qui peut entraîner un impact économique significatif

Ennemi naturel : organisme consommant des phytophages ou des ravageurs

Prédateur : ennemi naturel consommant leur proie.

Parasitoïde : ennemi naturel dont la larve se développe au dépend d'un seul hôte et qui le tue au moment ou juste après sa nymphose.

Chasseur : ennemi naturel chassant des proies pour nourrir sa larve et qui sont stockées dans un habitat spécifique (terrier, branche...) (Hyménoptère : Crabronidae).

Auxiliaire : pollinisateur ou ennemi naturel

Mutualistes : organismes interagissant entre eux aux bénéfices des deux organismes (ex : fourmis et puceron)

Organisme neutre : organisme ne consommant ni la plante ni les phytophages. Cependant leur impact dans l'agroécosystème peut être significatif en étant une source de nourriture pour les auxiliaires ou en interagissant avec les ravageurs (ex : psoques, collemboles) (NB : il conviendrait de leur trouver un autre nom puisque l'effet sur le fonctionnement de l'agroécosystème n'est pas neutre...)

Informations et réflexions préliminaires au GT :

Pour que les participants aient les mêmes éléments pour entrer rapidement dans les échanges et les débats, voici quelques informations relatives à la biologie des ennemis naturels et à la dynamique de populations.

L'objectif principal d'une régulation naturelle efficace est d'avoir des populations de phytophages basses, d'éviter les pullulations. Au sein d'une parcelle, le milieu est assez « simple », une seule plante, quelques ravageurs (i. e. phytophages ayant un impact économique) et quelques ennemis naturels (prédateurs ou parasitoïdes). Dans ce contexte, les dynamiques de populations suivent alors un régime pullulation – éradication (modèle proie-dépendant de Lotka-Volterra) où les prédateurs sont souvent spécialisés c'est-à-dire qu'ils sont oligophages et qu'ils s'installent dans les foyers de ravageurs. L'historique de l'infestation est alors la suivante :

- 1- en début de culture, seule la plante cultivée est présente, les ressources alimentaires (en dehors de la plante elle-même) sont pauvres empêchant l'installation d'une communauté d'organismes riches. Ce sont donc les phytophages spécialisés qui s'installent en premier. Ayant peu d'ennemis naturels présents, ils s'installent vite, se reproduisent rapidement et provoquent une phase de pullulation entraînant le développement de nombreux foyers.
- 2- La constitution des foyers va attirer les prédateurs oligophages qui y pondent. Je les appelle ennemis naturels de foyer. Citons les coccinelles, syrphes, punaises *Anthocoris*, cécidomyies prédatrices de puceron ou acarien, les conioptérygiens etc.). Leur descendance va alors consommer beaucoup de proies et lorsque le niveau de prédation dépasse le taux de reproduction de leur proie, la population de ravageurs commence à diminuer. Le nombre de prédateurs continuent à

augmenter, les populations de ravageur s'effondrent alors. On parle de phase d'éradication.

- 3- La prédation est souvent suffisamment efficace pour les populations de ravageurs deviennent très faibles voire disparaissent. Il n'y a alors plus de foyer entraînant le départ des ennemis naturels de foyers. Il n'y a alors plus de régulateurs non plus. La parcelle redevient pauvre en organismes. Cette phase est la plus dangereuse, c'est une phase de calme avant la tempête car les ravageurs peuvent alors se réinstaller sans entrave provoquant une nouvelle phase de pullulation.

Le type de courbe des dynamiques des populations proie-dépendant est donc le suivant :

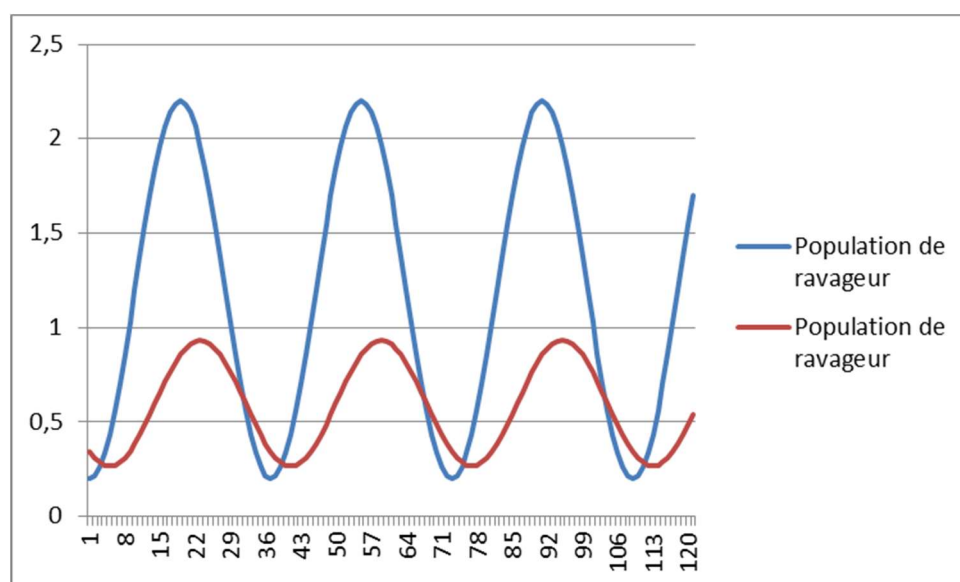


Figure 1 : dynamique des populations de ravageurs et d'ennemis naturels de foyer (approximation du modèle Lotka-Volterra)

NB : dans le modèle de Lotka-Volterra, la dynamique des populations de ravageur seul, sans prédateur, est exponentielle. Or, nous savons qu'il existe un nombre maximum de ravageurs dû à la place et à la ressource disponible sur la plante. De même, les prédateurs apparaissent dès l'apparition des ravageurs alors qu'il existe un seuil sous lequel les ennemis naturels de foyer ne s'installent pas. Enfin, dans le modèle de Lotka-Volterra, si le nombre de ravageur ou de prédateur arrive à zéro, alors il ne peut pas réaugmenter. Or, au sein des parcelles, il y a des arrivées et des départs de ravageurs et d'ennemis naturels.

Voyons maintenant ce qui se passe lorsque l'on fait varier le niveau d'ennemis naturels de foyer sans modifier les paramètres du ravageur (taux de croissance, immigration etc.). Si l'on diminue la population d'ennemis naturels de foyer (saison fraîche, semis précoce, traitement etc.), le niveau de prédation sera plus faible entraînant un taux de développement du ravageur plus important. La pullulation va donc monter plus haut avant d'atteindre la phase éradication et celle-ci va durer plus longtemps. Si le niveau de prédateurs est encore plus bas (i. e. toujours inférieur au taux de croissance du ravageur), alors on n'atteint jamais la phase d'éradication et les populations de ravageurs atteignent leur maximum (appelé K capacité du milieu). Lorsqu'il y a

éradication, le temps nécessaire pour revenir à une situation saine (durée de la phase pullulation + phase d'éradication) est allongé.

Ainsi, diminuer les populations d'ennemis naturels de foyer provoque une augmentation de l'intensité de la pullulation et une fréquence de pullulation plus faible. Les effets sont les mêmes lorsque l'on augmente les populations de ravageurs sans augmenter les populations d'ennemis naturels (variété sensible, contagion via un champ voisin etc.).

Voyons ce qui se passe lorsque l'on augmente les populations d'ennemis naturels de foyer sans modifier les paramètres des populations de ravageurs. Avant que les ravageurs n'atteignent le seuil « foyer », les ennemis naturels ne s'installent pas. Rien n'est modifié. Après le passage du seuil, les ennemis naturels vont s'installer plus rapidement entraînant une fin de la phase pullulation plus précoce d'où une intensité plus faible. Ainsi la phase est aussi plus courte. Ensuite, comme en situation classique, lorsqu'il n'y a plus de foyer, les ennemis naturels de foyer ne s'installent plus dans la parcelle laissant la place à une nouvelle installation du ravageur provoquant une nouvelle phase de pullulation.

En résumé, augmenter les populations d'ennemis naturels de foyer entraîne des intensités maximales d'attaque plus faible mais une fréquence de pullulation plus importante.

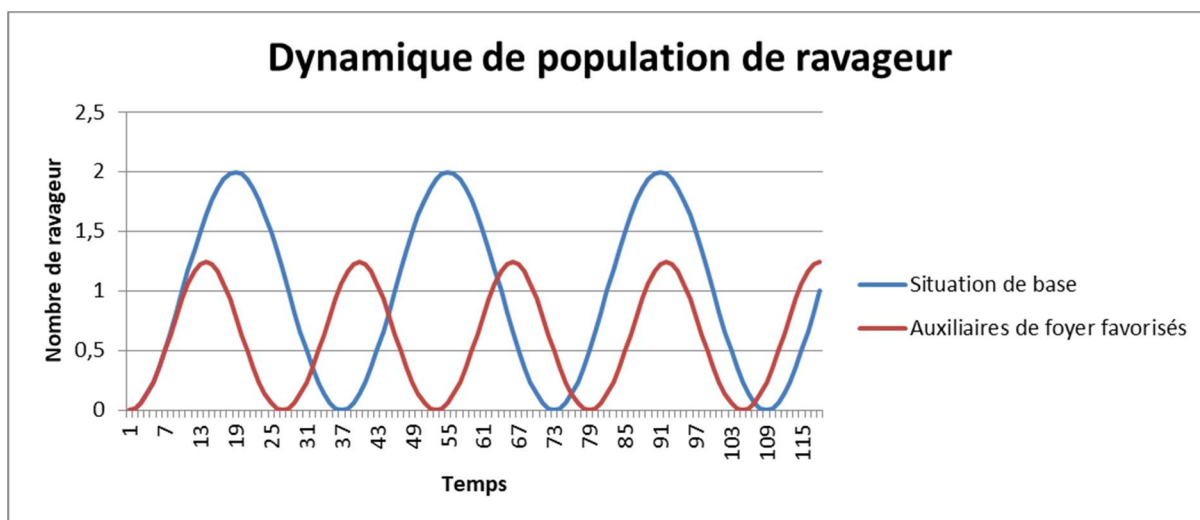


Figure 2 : dynamique de population de ravageur avec un niveau d'ennemis naturels de foyer plus important

Par cet exemple, nous avons identifié deux effets différents sur les agroécosystèmes :

- 1- Niveau d'intensité maximale des pullulations
- 2- Fréquence temporelle des pullulations

Mathématiquement, on peut assez facilement montrer que la fréquence temporelle des pullulations est corrélée avec la fréquence spatiale des foyers. Ainsi, dans une expérimentation où le facteur testé est le niveau d'ennemis naturels de foyer, on peut avec une seule notation avoir les deux informations (intensité et fréquence temporelle) en notant le niveau maximum d'infestation et la fréquence des foyers.

D'un point de vue biologique, si populations d'ennemis naturels sont proies-dépendantes cela signifie que les individus sont tolérants entre eux et qu'ils peuvent se regrouper en grand nombre dans un foyer. Sinon leurs populations seraient plus dépendantes de leur propre population que de celle des proies. Nous pouvons donc identifier ici un premier critère biologique de classement ayant une signification sur son effet sur l'agroécosystème à savoir le niveau de grégarité allant jusqu'à la territorialité stricte. Ensuite un second critère biologique sera le spectre de proie. En effet, les ennemis naturels de foyer sont très majoritairement des espèces oligophages. Enfin, les larves vivant dans les foyers, elles sont en général peu mobiles contrairement aux adultes qui eux, devant trouver les foyers, sont très mobiles. Ces trois critères sont plus ou moins corrélés.

Dans ce premier raisonnement, nous avons considéré comme négligeables l'impact de tous les organismes autres que les ravageurs et les ennemis naturels de foyer.

Faisons maintenant le raisonnement inverse. Supposons qu'il n'y a pas d'ennemi naturel de foyer et que les autres organismes ont un impact sur les populations de ravageurs. Dans ce cadre, les ennemis naturels sont des prédateurs ou des parasitoïdes polyphages. Il s'agit par exemple des araignées, des carabes, des punaises mirides etc. Plus ils sont polyphages et plus leur niveau de population sera indépendant du niveau de population du ravageur. Ainsi, leur dynamique de population sera une courbe logistique allant de 0 à K quel que soit le niveau de population du ravageur. Leur niveau de prédation maximal est donc limité par K ($K = \text{nb proies mangées par jour}$). L'impact de ces organismes sera alors négligeable si la population de ravageur est importante car la prédation est très en dessous de la reproduction du ravageur. A contrario, leur impact peut être significatif à faible population de ravageurs car alors le niveau de prédation sera supérieur à la reproduction du ravageur. Je parle d'ennemis naturels généralistes. C'est donc pendant les phases de colonisation des parcelles par les ravageurs que ces ennemis naturels sont efficaces. Ils consomment les ravageurs essayant de s'installer empêchant le démarrage d'un foyer. Cependant, lorsque l'immigration est trop forte, tous les ravageurs arrivants ne sont pas consommés et des foyers apparaissent alors.

Si on augmente le niveau d'ennemis naturels généralistes, alors l'apparition des premiers foyers sera retardée. Lorsque la pullulation démarre, le niveau de prédation devient négligeable et alors l'intensité maximale de l'attaque ne sera pas affectée. A la fin de la phase d'éradication, le niveau de ravageur est suffisamment bas pour que l'impact des ennemis naturels généralistes redevienne significatif retardant la prochaine phase de pullulation.

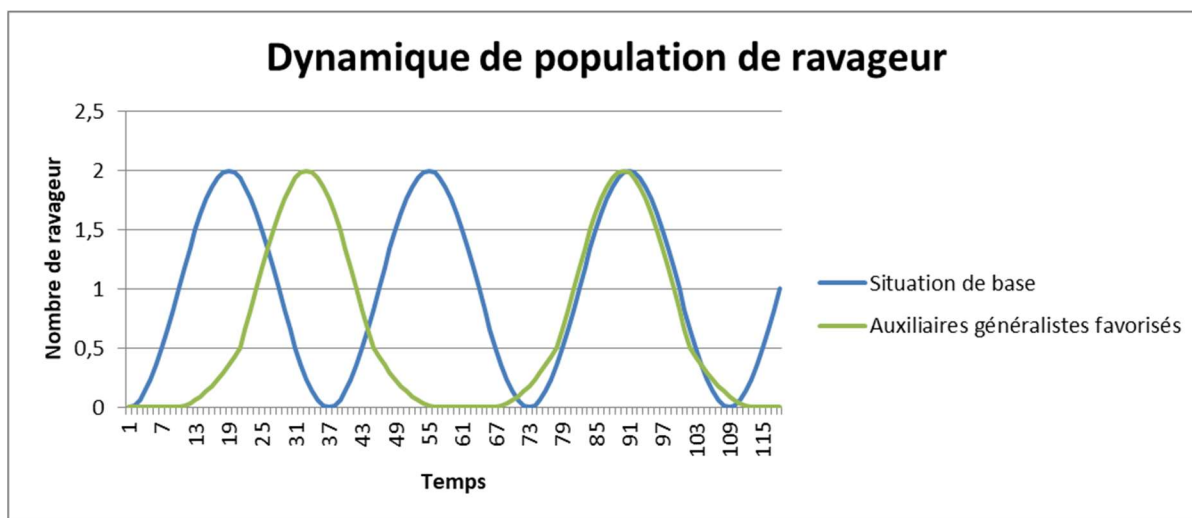


Figure 3 : dynamique de population de ravageur avec un niveau d'ennemis naturels généralistes plus important

Ainsi, théoriquement, l'augmentation du niveau d'ennemis naturels généralistes (en augmentant K par des habitats, des nourritures alternatives etc.) diminue la fréquence temporelle (et donc spatiale) des pullulations sans impact sur leur intensité maximale.

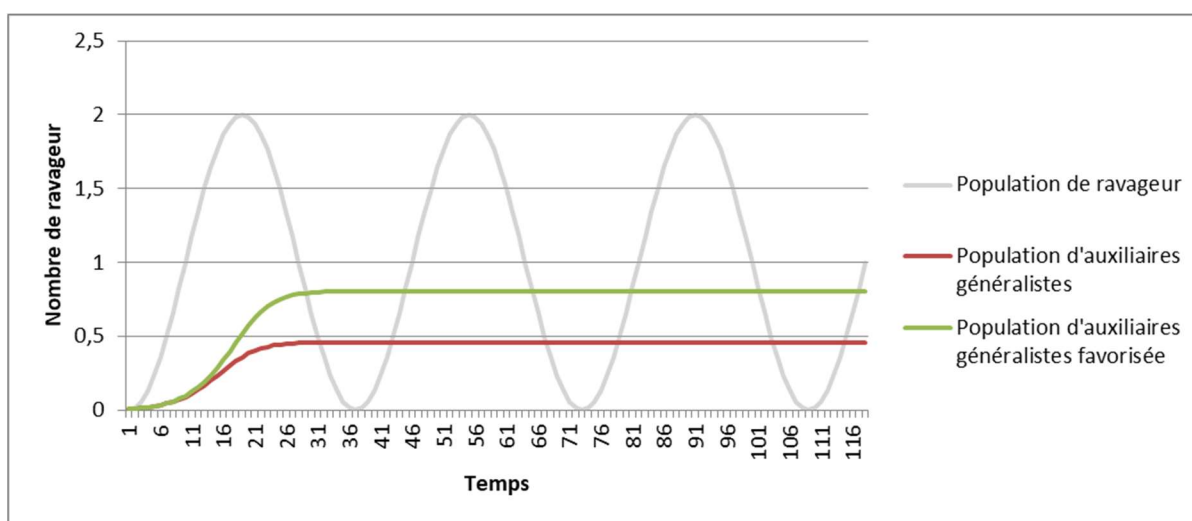
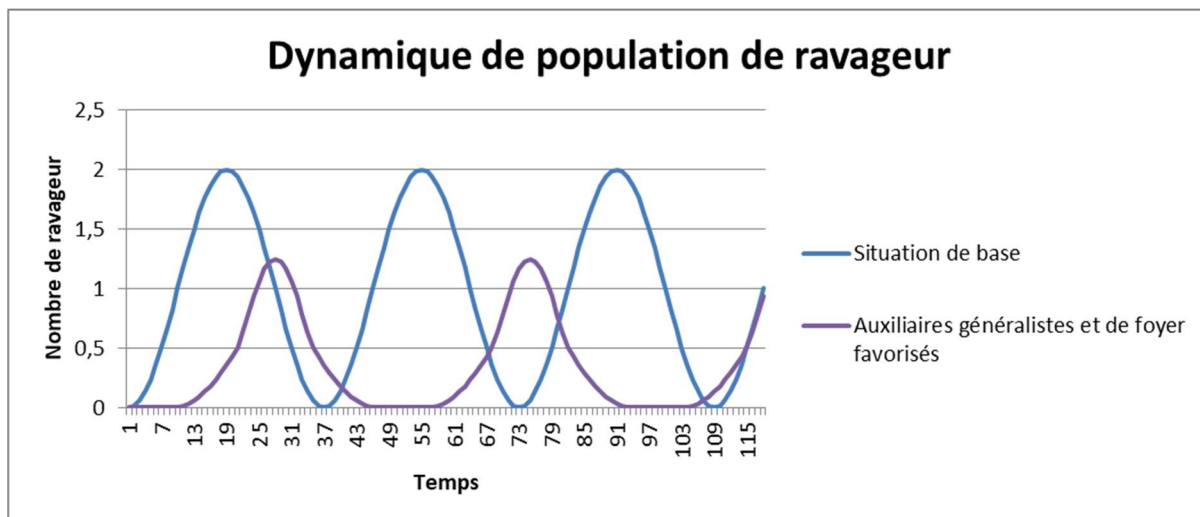


Figure 4 : Dynamique de population des ennemis naturels généralistes

Considérons maintenant les deux types d'ennemis naturels à la fois. Les ennemis naturels généralistes agissent à faible population de ravageur et les ennemis naturels de foyer à forte population. Leur action est donc complémentaire. D'un point de vue de la temporalité, suivant l'historique d'une attaque dans un champ, comme il n'y a pas de ravageurs en début de culture, ce sont les ennemis naturels généralistes qui agissent en premier. Ils sont donc à favoriser en premier lieu. Les ennemis naturels de foyer n'interviendront qu'au moment des premiers foyers. Pour qu'ils arrivent rapidement dans la parcelle, il est important d'en avoir une population importante en bordure de parcelle (intérêt des IAE).

Lorsque que l'on favorise les deux types d'ennemis naturels, la fréquence des pullulations sera réduite par l'action des généralistes comme le niveau maximal des foyers par l'action des ennemis naturels de foyer.



Avec les deux critères de notation que nous avons cité, nous pouvons savoir quels types d'ennemis naturels à agit comme le montre le tableau suivant.

Tableau 1 : Lien entre type d'ennemis naturels agissant et population de ravageur

Fréquence spatiale des foyers	Niveau maximal des foyers ¹	Ennemis naturels généraliste favorisés ?	Ennemis naturels de foyer favorisés ?
Augmenté	Diminué	Non	Oui
Diminué	Egale	Oui	Non
Diminué	Diminué	Oui	Oui

¹ : Les critères de notation pertinents sont $\ln(\text{nb ravageur} + 1)$ ou la fréquence d'organes avec au moins 1 ravageur ($\frac{1}{N}$ différent de la fréquence de foyers)

Tout ce raisonnement est valable pour les ravageurs formant des foyers avec des régulateurs se reproduisant rapidement et à tout moment de la culture.

Pour les autres types d'organismes, peut-on avoir le même type de raisonnement ? Proposition de critères biologiques candidats.

Tableau 2 : Proposition de critères de classification des ravageurs

Phagie	Foyer	Temps de génération	Nombre de génération par an	

Monophage	Oui	Court (qq jours)	Plusieurs (tant que les conditions sont bonnes)	
Polyphage	Non	Long (1 an)	1 an	
			Au mieux 1 an	

Tableau 3 : Proposition de critères de classification des ennemis naturels

Phagie	Grégarité/ territorialité	Temps de génération	Nombre de génération par an	Capacité de déplacement
Monophage	Grégaire	Court (qq jours)	Plusieurs (tant que les conditions sont bonnes)	Faible (échelle de la parcelle)
Oligophage	Tolérant	Long (1 an)	1 an	Moyen (échelle environnement)
Polyphage	Territorial		Au mieux 1 an	Elevée (échelle paysage)

Questions :

- Que pensez-vous de ce système de classification et d'interprétation ?
- Quels sont différents types de ravageurs et quels sont leurs critères biologiques associés ?
- Quels sont les différents types d'ennemis naturels et quels sont leurs critères biologiques associés ?
- Quels impacts de chaque catégorie d'ennemis naturels sur le développement des ravageurs ? Existe-t-il d'autres effets sur les dynamiques de population (autre que l'intensité et la fréquence) ?
- Comment prendre en compte les organismes « neutres » ?

Résumé des discussions pendant le GT :

Rappel : la structure des communautés reflète les forces en présence. Elle est importante pour comprendre la régulation naturelle. Cependant, il est impossible de la décrire précisément, d'où la nécessité de simplifier les choses par exemple en agrégeant plusieurs organismes qui ont le même rôle dans l'agroécosystème (ex : mettre ensemble tous les prédateurs de foyers). Les questions qui se posent sont donc :

- Sur quels critères peut-on regrouper ces organismes pour former des méta-organisme ?
- Quel est le rôle de chaque méta-organisme sur la régulation naturelle (par effet direct de prédation ou par effet indirect comme la fourniture de ressource complémentaire ou le mutualisme) ?
- Quels sont les indicateurs généraux qui décrivent l'état d'un agroécosystème

Remarques concernant le document préliminaire :

- Bien nommer les choses. Il est important d'avoir des définitions précises.
- Ce type de courbes, de dynamiques est difficile à retrouver dans une culture. Ces dynamiques peuvent être observées dans des systèmes de culture simples (serre, début de culture, hors-sol...).
- Il est important d'intégrer à la réflexion les mutualistes comme les fourmis
- Il est important d'intégrer les organismes « neutres » comme les psoques et collemboles qui permettent la stabilité des populations d'auxiliaires généralistes.

Remarques concernant les objectifs de ce GT :

- Nécessité d'avoir un cadre flexible pour s'adapter aux situations particulières.
- Le regroupement d'espèces peut varier suivant la situation considérée.

Questions, réponses :

- Quelle est l'échelle d'analyse ? espèce, population, communauté ? Le niveau pertinent semble être la population associée à ses traits fonctionnels.
- Où mettre les parasitoïdes ? en auxiliaire de foyer ou en auxiliaire généraliste ? Dans le cadre du raisonnement expliqué dans le document préliminaire, la distinction prédateur / parasitoïde n'a plus de sens. Les parasitoïdes sont à reclasser en auxiliaires de foyer ou auxiliaires généralistes suivant leur biologie. Par exemple, concernant les parasitoïdes de puceron, les *Praon* parasite souvent des pucerons ailés ou des adultes isolés, ils seraient donc plus à considérer comme des auxiliaires généralistes. Par contre, les *Trioxys* ou les *Lysiphlebus* forment souvent des regroupements denses de momies au sein des foyers de puceron. Ils seraient donc à considérer comme des auxiliaires de foyer.



Gauche : momies de *Praon* isolées ; droite : momies groupées de *Lysiphlebus*

(Crédit : gauche : Arexhor PL ;

droite : <https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/News/2018/05/28/bohlenlaeuse.jpg>)

Propositions :

- Possibilité de mettre en évidence des liens entre organismes (liens pas uniquement trophiques) en regardant la concomitance entre deux espèces.
- Il est important de pouvoir identifier les organismes. D'où des difficultés de mise en œuvre car difficile de tout identifier. Pour contourner ce problème, ne serait-il pas possible de cibler des espèces indicatrices, représentatives d'un groupe homogène d'organismes ? Ces espèces devraient être ubiquistes et courantes (ex : *Sphaerophoria scripta* pour les syrphes, *Harpalus* pour les carabe, *Harmonia* pour les coccinelles)..
- Possibilité de faire des analyses par régression multiples pour hiérarchiser le rôle de chaque prédateur.

Critères biologiques proposés :

Phagie	Temporalité	Comportement	Mobilité
Importance du spectre d'hôtes (de la monophagie à l'omnivorie)	Temps de génération	Développement en foyer ou isolé	Capacité de dispersion
Préférence alimentaire par stade (plante et organe pour les phytophage, insecte et stade pour les EN)	Nombre de génération par an	Niveau de territorialité	Capacité de prospection
Stade qui cause les dégâts ou stade prédateur	Période d'activité prédatrice, Période d'attaque des ravageurs	Strate, organe prospectés	
Voracité par stade (qualitatif et/ou quantitatif)	Critère d'entrée et de sortie de diapause	Signaux attractifs (couleur, odeur etc.)	

Critères proposés pour décrire l'état d'un agro-écosystème vis-à-vis de la régulation naturelle :

Population de ravageurs	Population de « neutre »	Population de mutualiste	Population d'ennemis naturels	Généralement
Intensité maximale des foyers	Abondance	Abondance	Nombre d'espèces par groupe (redondance)	Ratio auxiliaire spécifique / ravageur
Fréquence spatiale des foyers			Ratio auxiliaires spécifiques/aux. généralistes	Nombre d'espèces
			Abondance	Nombre d'échelons dans la chaîne trophique

Suite des travaux :

Ce GT propose de poursuivre les travaux suivant les objectifs suivant :

- Ecriture d'un glossaire
- Valider les critères et proposer les termes descriptifs pour chaque critère (ex : monophage, oligophage, polyphage, omnivore)
- Recenser les BDD incluant des traits biologiques
- Récupérer une base taxonomique ([Taxaref](#))
- Créer la structure de la BDD
- Travailler sur les groupes homogènes et leurs espèces indicatrices.