



Programme CasDAR Arena (2017-2020) : Anticiper les REgulations NATurelles

Note sur une technique innovante pour caractériser la régulation naturelle :

Utilisation d'un smartphone avec caméra pour observer la régulation naturelle de proies sentinelles sur des cartes de prédation

Helmut MEISS et Françoise LASSERRE-JOULIN



Sommaire :

	page
Introduction	2
I Méthodologie mise en œuvre	6
II Retour d'expérience, analyse critique	9
Conclusion	11

Introduction :

Caractériser et quantifier les régulations naturelles constitue un réel défi, tant les processus biologiques sont eux-mêmes difficiles à saisir instantanément. Il est possible d'observer ou de piéger des ravageurs d'une part, des prédateurs ou parasitoïdes d'autre part. Il est aussi possible de piéger différents organismes vivants et de les mettre en contact en laboratoire pour voir si des auxiliaires sont (théoriquement) capables d'attaquer des ravageurs *ex silico*, mais cela ne nous renseigne pas si les deux espèces rentrent vraiment en interaction dans le milieu naturel. Il est effectivement beaucoup plus rare de pouvoir observer les processus de prédation ou de parasitisme dans le milieu naturel (*in situ*).

De ce fait, toute tentative de mesure des phénomènes de régulation naturelle d'un ravageur par un auxiliaire n'a pu être réalisée que de façon indirecte, par différents types de méthodologies : utilisation de proies sentinelles, systèmes d'enclôts/exclôts, analyse de contenus stomachaux.... L'utilisation de proies sentinelles présentées pendant quelques jours dans le milieu naturel (les parcelles agricoles) est effectivement un bon moyen de savoir si des prédateurs sont actuellement présents ET capables de consommer des proies, et de quantifier ce service par rapport à différentes situations. Cela permet donc de mesurer si la pression de prédation envers la ou les proies présentées est actuellement forte ou faible en condition réelle dans la parcelle (ce qui est très intéressante !). Par contre, cela ne permet pas de savoir quel(s) espèces ou groupes fonctionnels (carabes, staphylins, fourmis, araignées, vers de terre, cloportes, mille-pattes, mollusques, ...) ont actuellement contribué à ce service de prédation. Au lieu de rester tout le temps à côté d'une carte de prédation pour observer quels organismes peuvent se présenter et consommer les proies, notre idée était d'installer une caméra qui prendra des photos de la situation à des intervalles réguliers. D'autres projets de recherche ont déjà développé des systèmes de caméra utilisant la lumière infrarouge pour pouvoir observer la prédation pendant la nuit (Pi-Scope). Par contre, ce dispositif nécessite du matériel spécial (micro-ordinateur Raspberry-Pi¹, caméra infrarouge, lampe infrarouge, batterie, câblage et boîtier « fait maison »), et est donc assez difficile à mettre en œuvre.

¹ <https://www.raspberrypi.org>

Dans le cas de cette étude, notre objectif a été de mettre en œuvre une méthodologie plus simple et accessible à des non-spécialistes, à partir d'une simple caméra d'un smartphone pour observer l'activité de prédation sur des proies sentinelles. Contrairement au dispositif « Pi-scope » qu'il faut fabriquer et paramétrer soi-même, les smartphones réunissent des caméras puissantes et relativement bien adaptées aux macros, des batteries et des dispositifs d'enregistrement dans un même appareil peu chers et que beaucoup de personnes possèdent déjà.

L'objectif de ce dispositif est donc d'observer et de caractériser directement la régulation naturelle *in situ* et utilisant la lumière de jour. Même si plusieurs auteurs pensent qu'une partie importante de la prédation peut se passer la nuit, on fait l'hypothèse qu'il existe aussi une activité diurne. Effectivement, nous avons pu réaliser de très bonnes observations en journée, avec des taux de prédation significatifs dès trois heures d'exposition des proies sentinelles. Par exemple, certaines espèces de proies considérées comme nocturnes étaient pourtant présentes en situation de prédation en plein jour.

Notre dispositif se base sur la combinaison de deux méthodologies:

- L'exposition de différents proies sentinelles dans les champs : œufs d'*Ephestia kuehniella* (pyrale de la farine), graines de *Viola arvensis* (pensée des champs) et d'*Alopecurus myosuroides* (vulpin des champs), pucerons du sureau (*Aphis sambuci*), pucerons verts du pêcher (*Myzus persicae*) ou même krill de poisson, déposées sur une carte de 5 cm x 5 cm accrochée au sol (ou en végétation), et exposées en continu sur une durée d'environ une semaine (figures 1 et 2).
- Prises de vue et enregistrement de photos à intervalle constant (*time-lapse*, 1 photo par seconde) ou de courtes vidéos des activités éventuelles de prédation sur ces mêmes cartes, à l'aide d'un simple smartphone.
-

La méthodologie des proies sentinelles sur des cartes de prédation a été inspirée par les travaux de Paula Westermann (2003) et de Meiss et al. (2010) et adaptée à partir du protocole du Programme Sebiopag. Dans le cadre du programme ARENA, l'utilisation des proies sentinelles a été précisément décrite dans les rapports de stage de Lucie ROY (Master 2, 2017), Marie CLARES (Master 2, 2018), ainsi que de Soukeye GADIAGA (Licence professionnelle, 2019).



Figure 1) Prise de vue avec un smartphone (modèle : SM-G930F) d'une carte de prédation exposant des œufs d'*Ephestia kuehniella* avec des fourmis qui sont en train de consommer les œufs. Photo : Helmut MEISS.



Figure 2a) 4 cartes de prédation avec 5 types de proies à côté d'un piège Barber photographiées une fois tous les 3 secondes avec la caméra d'un smartphone (modèle : SM-G930F). La photo originale avait une résolution de 3984 x 2988 pixels. Focale : F/1.7 ; temps d'exposition : 1/100 sec., sensibilité ISO : : 80 ; distance focale : 4 mm (= distance focale 35mm : 26 mm. Photo prise par Helmut MEISS le 24 mai 2018 sur la ferme expérimentale de l'INRAE en agriculture biologique à Mirecourt (88), dans une culture mixte associant 4 espèces cultivées : le triticale, l'avoine, la féverole et le trèfle (dispositif SÉMix).



Figure 2b) La même scène photographiée environ 30 minutes après l'exposition des 4 cartes de prédation. On voit que le fort contraste entre les parties ensoleillées et ombragées rend la lecture de la scène un peu plus difficile. Mais on peut toujours bien détecter 10 carabes sur les cartes. En comparant avec la photo 2a, on voit que les œufs et le krill ont été partiellement consommés. En même temps, quelques insectes et araignées sont déjà tombés dans le piège barber. Photo : Helmut MEISS.



Figure 2c) Toujours la même scène photographiée quelques minutes après la précédente avec une meilleure luminosité. On peut toujours bien détecter 9 carabes sur les cartes. En comparant avec les photos précédentes, on voit que les œufs et le krill ont été partiellement consommés, mais toujours pas les graines de vulpin ni de pensée. Photo : Helmut MEISS.



Figure 2d) La même scène photographiée environ 1 heure après installation. On voit 4 carabes et une mouche sur les cartes. En comparant avec la photo 2a, on voit que les œufs, le krill et les pucerons ont été presque entièrement consommés (donc en moins d'une heure), contrairement aux graines. Photo : Helmut MEISS.

Dans le cadre de cette présente note, nous détaillerons comment nous avons mis en œuvre la méthodologie d'utilisation du smartphone afin de pouvoir enregistrer des événements de prédation de proies sentinelles sur la base du protocole de cartes de prédation directement *in situ* dans les parcelles agricoles.

I Méthodologie de mise en œuvre

L'objectif général de cette méthodologie est de voir dans quelle mesure il est possible de développer un outil simple d'observation de la régulation, en continu, accessible à des non spécialistes (qui ne peuvent pas se fabriquer un Pi-scope...), et sans que l'observateur ne ressente la nécessité d'être présent sur place et d'observer la carte en continu (ce qui peut aussi perturber et empêcher des prédateurs de venir).

Il s'agit de pouvoir obtenir des prises de vue sous forme de photos régulières ou de vidéos permettant d'attester de façon claire et non équivoque quels étaient les groupes (guildes) ou espèces de prédateurs à l'origine de la disparition de proies artificielles (disposées sur des cartes de prédation, et déposées au sol ou en végétation comme indiqué précédemment).

1/ Choix du smartphone :

Plusieurs critères obligatoires et facultatifs vont guider le choix d'un modèle de smartphone, mais une grande partie des marques et modèles actuels sont tout à fait utilisables.

Critères obligatoires :

- Présence d'une caméra

Critères facultatifs :

- Grand espace de stockage de données (interne ou carte de mémoire amovible) permettant d'enregistrer plus de photos/vidéos et de meilleure qualité (meilleure résolution = fichiers plus grands)
- Smartphone résistant à l'humidité et à la poussière
- Caméra avec une petite 'distance de mise au point' permettant de se rapprocher plus de la scène et ainsi d'obtenir des prises de vue avec une meilleure résolution montrant plus de détails, et permettant de mieux reconnaître les organismes.
- Caméra avec une bonne résolution...

Si l'opérateur souhaite laisser son smartphone sur place sans surveillance, il sera utile d'utiliser un modèle pas trop cher ou un vieux smartphone secondaire qu'il n'utilise plus pour téléphoner... Dans tous les cas, les données sont stockées dans l'appareil, une carte SIM et une connexion de données n'est donc pas nécessaire.

Pas de protection physique, mais dissimulation possible du smartphone :

En effet, au vu de la nature du dispositif, il paraît difficile de préconiser un système particulier de protection.

Toutefois, le dispositif s'avère très discret lorsque la végétation est suffisamment dense et à une hauteur minimale de 30 cm, si bien qu'il est vraiment impossible de l'apercevoir à plus d'une vingtaine de mètres du dispositif, d'autant plus si on parvient à le dissimuler dans le feuillage de la culture, tout en restant proche des passages de roues de tracteurs pour le repérer.

Durée observation :

La durée d'observation possible et utile avec ce dispositif dépend de plusieurs paramètres :

- La durée de batterie du smartphone (qui peut être considérablement allongée si l'écran du smartphone n'est pas allumé pendant la série de prises de vues). Sans écran allumé, plus de 24 h d'enregistrement sont facilement envisageables. La capacité de la batterie peut être étendue avec une batterie supplémentaire, peu chère, reliée par un câble USB au smartphone

- La capacité de stocker des données dans la mémoire interne ou la carte de mémoire (la durée d'enregistrement peut donc être rallongée si on réduit la résolution des images, la compression et qualité des fichiers, ou la fréquence des images). Les mémoires disponibles actuellement (32 Go ou plus) sont largement suffisantes pour enregistrer de très nombreuses photos ou vidéos. Lors des différentes séances de prises de vues, nous avons enregistré environ 18 Go de données (photos et vidéos, ~ 7000 fichiers).
- La vitesse avec laquelle les proies vont être consommées. Dans notre cas où la prédation a parfois commencé directement après l'exposition des proies sentinelles, il était utile d'installer et de déclencher d'abord la caméra, puis d'exposer la carte de prédation seulement une fois que la série de déclenchements a été commencé.

Pratiquement, le dispositif peut être installé en début et repris en fin de journée de travail. L'utilisateur peut effectuer d'autres mesures ou travaux entretemps s'il s'agit de la journée.

2/ Réglages du smartphone :

Avant toute mise en place sur le terrain, il convient de préparer et régler le smartphone. Deux cas de figure ont été testés : l'enregistrement en continu sous le mode « vidéo », prises de vues à intervalle régulier « photos en rafale » ou « time lapse » (1 image tous les 5 secondes par exemple).

Pour les vidéos, l'application standard du smartphone (sous Android) avec des réglages automatiques a été utilisée, mais une multitude d'applications existent avec une multitude de réglages possibles.

Pour pouvoir réaliser et paramétrer les « photos en rafale », nous avons testé 4 applications différentes (et il en existe encore plein d'autres !). L'application qui nous est parue la plus utile pour régler l'intervalle des photos (etc...) est « Open Camera² ». Cette application permet de faire tous les réglages d'une manière manuelle, et ne va pas perturber le processus de travail avec de la publicité. D'autres applications testées sont « Timer Camera » et « Chrono Snap ».

D'autres modèles de smartphones plus récents, ou disposant de systèmes d'exploitation plus récents, ont probablement des applications de caméra préinstallés qui permettent déjà de réaliser des photos à intervalle régulier.

3/ Accroche du smartphone dans le milieu naturel :

Une phase essentielle à la réussite de l'enregistrement photo ou vidéo est de trouver un support simple pour accrocher le smartphone dans l'espace naturel afin que ce dernier reste fixe, toujours à la bonne distance, et centré sur la carte de prédation où sont disposées les proies sentinelles « offertes » aux prédateurs potentiels.

² <https://sourceforge.net/projects/opencamera/>

<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.sourceforge.opencamera&hl=fr>

Pour cela, nous avons utilisé :

- Des tiges (petit poteau) en bois enfoncées dans le sol utilisant un marteau.
- Des « Supports de téléphone en col de Cygne » qui peuvent être fixée sur le poteau grâce à une pince et qui peuvent tenir le smartphone grâce à une seconde pince. Ce matériel a été acheté en ligne (cout : entre 2 et 10 €/pièce selon le modèle incluant les frais de port, figure 3).

Le tout doit être assez robuste pour supporter le poids de la pince et du smartphone. Un 2^e poteau était parfois utile pour solidifier le tout. Ce système de fixation peut être adapté selon le matériel disponible et selon la durée de prise de vue envisagée.



Figure 3: Support du smartphone en « col de Cygne » avec deux pinces, et installation en milieu naturel

II Retour d'expérience, analyse critique :

Pour réaliser un bilan de cette technique innovante, nous avons eu à cœur d'énoncer ses avantages et inconvénients (cf. synthèse dans le tableau 1).

Ce dispositif de prise de vue grâce à des simples smartphones utilisant la lumière naturelle de jour peut être combiné avec celle réalisée à partir du dispositif de prise de vue pendant la nuit plus complexe grâce au Pi-Scope (ref système caméra Pi-Scope A. Gardarin, M. Barzman).

Tableau 1 : Analyse des avantages et limites de la méthodologie d'observation de la régulation naturelle à l'aide d'un smartphone

Méthodologie « smartphone »	Avantages	Limites et solutions possibles
Matériel	Matériel simple et facilement accessible dans le commerce ou déjà disponible (vieux smartphone...)	Pas de dispositif de sécurisation du smartphone à priori possible (mais dissimulation facile dans végétation dense). Taille de la mémoire du smartphone ou de la carte mémoire. Mais les mémoires disponibles actuellement (32 Go ou plus) sont largement suffisantes, car lors des différentes séances de prises de vues, nous n'avons enregistré qu'environ 18 Go de données (photos et vidéos, ~ 7000 fichiers). La capacité de la batterie peut être étendue avec une batterie supplémentaire peu chère reliée par un câble USB au smartphone
Complexité d'utilisation	Très facile : une seule application à télécharger (Open Camera), peu de réglages à faire.	Analyse des photos en rafale est chronophage si manuelle (des logiciels d'analyse d'image pourront être utilisés)
Accessibilité	Utilisable par des non-spécialistes	
Coût	Peu coûteux à l'achat	
Qualité des images	Les images prises avec la lumière de jour sont de très bonne qualité, les organismes sont facilement	L'apparition du soleil peut augmenter le contraste entre des parties ombragées et ensoleillées de la scène (figure 2c) qui peut éventuellement compliquer la lecture automatique par

	reconnaissables et on peut discriminer des comportements d'alimentation par rapport à d'autres comportements	un logiciel d'analyse d'images. Pas de prises de vues pendant la nuit, seulement en utilisant des sources de lumière infrarouge, et avec des caméras spécifiques, ou des smartphones où le filtre de la lumière infrarouge a été manuellement enlevé.
--	--	---

Conclusion : le smartphone, pour quels usages d'observation de la régulation ?

Le recours à un simple smartphone pointé sur une carte de prédation (exposant des proies sentinelles pour caractériser *in situ* la régulation naturelle) constitue une technologie innovante très séduisante car facilement accessible par des non-spécialistes. En effet, il n'est point nécessaire d'être un as du numérique pour télécharger l'application nécessaire, et réaliser les prises de vues au sein des parcelles agricoles. De plus, le dispositif pour installer l'appareil est des plus simples, facile d'accès dans n'importe quel magasin de bricolage ou commerce en ligne.

Toutefois, cette technologie nécessite de recourir ensuite à un logiciel d'analyse d'image adapté si l'on souhaite valoriser les images d'un point de vue quantitatif, c'est-à-dire comptabiliser de façon plus fine les contacts entre proies et prédateurs.

Il s'agit donc de réfléchir pour quels usages on peut utiliser le smartphone de façon pertinente dans une perspective d'analyse de la régulation naturelle.

Son niveau d'accessibilité très élevé permet d'envisager d'utiliser un tel outil dans des séquences de sensibilisation quant à la réalité et l'efficacité de la régulation naturelle. Il apparaît très accessible à un groupe d'agriculteurs de mettre en œuvre une telle technologie dans leurs parcelles, soit en groupe avec un conseiller, pour comparer et analyser leurs observations, soit de façon individuelle pour ceux qui sont intéressés. En parallèle, préparer quelques cartes de prédation avec du papier de verre standard, un peu de colle de bois standard et du krill de poisson (ou d'autres proies sentinelles) semble tout à fait accessible à quiconque.

Un recours à ce type de technologie serait probablement aussi très pertinent dans le cadre des observations BSV, afin de mesurer qualitativement un niveau d'activité biologique sur quelques heures d'observation, car des mesures in-situ sont toujours plus précises que des éventuelles indicateurs ou autres outils de prévision se basant sur des moyennes régionales.

Dans le cadre d'une formation pour des conseillers ou agriculteurs, un tel outil serait facilement mobilisable par des formateurs lors de TP en parcelles agricoles, afin de mesurer la pression de prédation et de déterminer des espèces auxiliaires participant à celle-ci. Ceci pourra sensibiliser divers types de publics à la réalité de la régulation naturelle. Dans ce cadre, il serait possible d'envisager même un certain niveau d'analyse quantitative des taxons présents par les apprenants eux-mêmes.

Remerciements

Les auteurs remercient les techniciens (Claude GALLOIS) et stagiaires qui ont participé aux expérimentations : Lucie ROY (2017), Marie CLARES (2018), Solène DEMANGE et Soukeye GADIAGA (2019), Komla Xola DOHOKOU et Simon HOUNPKE (2020)

Liste des Références citées :

Meiss, H., le Lagadec, L., Munier-Jolain, N., Waldhardt, R., & Petit, S. (2010). Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.03.009>

Westerman, P. R., Wes, J. S., Kropff, M. J., & van der Werf, W. (2003). Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology*, 40(5). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00850.x>