

# Analyse multi-échelle de l'impact du changement global sur la diversité des communautés aphidiennes

**Coordinateur :** Maurice HULLÉ, UMR BiO3P, INRA, BP 35327, 35653 Le Rheu cedex

## Participants

- Charles- Antoine DEDRYVER, Morgane EOUZAN, Caroline Le CALLENNEC, UMR BiO3P
- Frédéric HUARD, AGROCLIM, INRA
- Michel DÉQUÉ, CNRM,
- Richard HARRINGTON, Rothamsted Research, Royaume Uni

**Mots clés :** Dynamique des populations, traits d'histoire de vie, adaptation, richesse spécifique, pucerons

## Abstract

The primary objective of this project is to investigate the effects of global change on the biodiversity of aphid communities in Western Europe. Biodiversity has been examined at 3 levels: total number of species, phenology and reproductive strategy. Data were provided by EXAMINE, the European suction traps network which has been now operating for 35 years.

392 different species have been identified. At each location, total number of species has been regularly increasing, one additional species being caught every 1 or 2 years depending on location. This is due to introduced species but also to warming which favours rare species. No general trend of increasing density has been detected, but phenological earliness of almost all species (annual date of first appearance in suction traps) is strongly correlated with temperature and especially with mean daily temperature (during more or less long periods of time lying principally in February and March) or number of days below 0°C. Strong relationships between aphid phenology and environmental variables have been found and there is strong discrimination between species with different life cycle strategies, and between species feeding on herbs and trees, suggesting the possible value of trait-based groupings in predicting responses to environmental changes.

These preliminary results suggest that 1) biodiversity has increased during the last decades; 2) there is a pool of species among which some of them reach a detectable density only during years where temperatures are high enough; 3) a set of newly introduced species succeed in settling being favoured by warming and 4) phenology of aphids is expected to advance and their abundance to increase with temperature, and the possible role of natural enemies to regulate abundant species is discussed.

## Contexte

Les insectes forment la composante la plus importante de la biodiversité en termes de richesse spécifique, avec près de 100.000 espèces décrites en Europe. Du fait de cette diversité et aussi de l'importante biomasse qu'ils représentent, ce sont des acteurs majeurs du fonctionnement des écosystèmes agricoles et forestiers, ainsi que de nombreux écosystèmes naturels. Les insectes sont aussi des indicateurs très sensibles des variations des composantes du climat, en particulier de la température, car leur physiologie dépend totalement de la température extérieure (poïkilothermie), et la rapidité de leurs cycles de vie ainsi que leur important

potentiel reproductif en font des intégrateurs et des amplificateurs des effets des variations environnementales, même lorsque ces dernières sont très faibles.

Le projet qui suit est basé sur l'étude des pucerons comme indicateurs des effets passés et à venir des changements globaux en Europe et plus particulièrement en France et en Grande Bretagne. Ce groupe d'insectes présente en effet de nombreux avantages pour ce type de recherche :

C'est un groupe limité, dont les critères de détermination sont bien établis et relativement simples. Leur forts taux de multiplication (une génération tous les 8 jours ce qui permet des réponses extrêmement rapides aux modifications climatiques) et de dispersion (réactions faciles aux changements d'occupation du sol) leur confèrent des caractéristiques biologiques qui en font d'excellents marqueurs des changements environnementaux.

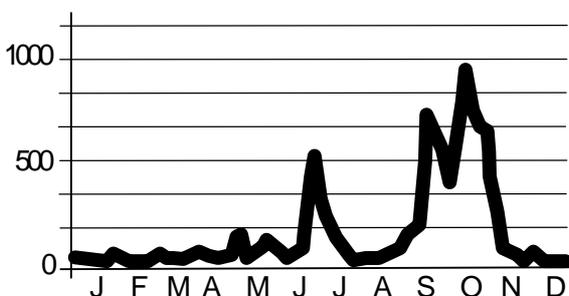
Enfin on dispose, dans le cas des formes ailées de pucerons, de la plus importante série chronologique de données de captures standardisées et ininterrompues d'insectes existant actuellement dans le monde et couvrant les 38 dernières années. Ces séries chronologiques disponibles à l'échelle nationale et européenne (<http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/examine/>) constituent un incomparable matériel d'appréciation de l'effet des changements environnementaux intervenus au cours des trois dernières décennies.

Dans ce projet, il s'est agit plus particulièrement de rechercher :

- (1) une modification de la biodiversité globale des populations de pucerons en terme de richesse spécifique,
- (2) une modification des rythmes activités des espèces en terme d'abondance et de phénologie,
- (3) une modification de la diversité génétique et phénotypique au sein de quelques espèces, et principalement une évolution du mode de reproduction chez certaines espèces.

### Méthodologie

L'analyse des données a porté sur l'exploration des résultats des captures de l'ensemble des espèces de pucerons sur 4 sites de piégeage français (Rennes, Colmar, Arras et Montpellier), 3 sites anglais (Starcross, Preston, Rothamsted) et 1 site Ecossais (Dundee). Ces sites ont été sélectionnés parmi les 73 sites du réseau Européen EXAMINE parce qu'ils illustrent des situations bio-géographiques contrastées et qu'ils fonctionnent depuis un grand nombre d'année (28 ans pour les pièges français et 38 pour les sites britanniques).



*Ci-contre un exemple de données obtenues à partir d'un piège : courbe de capture pour une espèce, un piège et une année donnée, qui permet de définir la date de début de vol et l'abondance totale.*

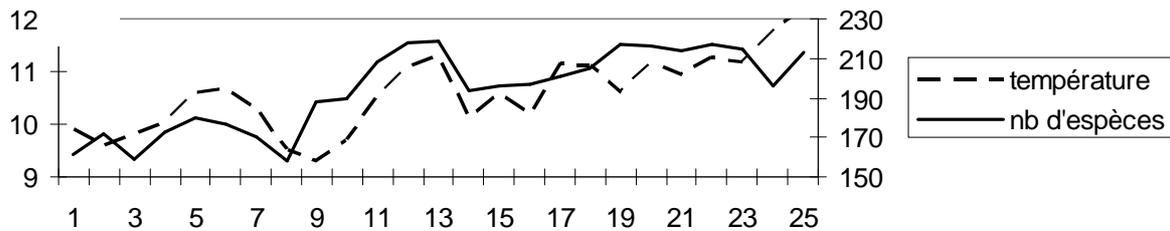
*Toutes ces courbes ont été analysées pour 8 des pièges EXAMINE, soit un total de 50 000 courbes.*

Les données météorologiques proviennent de Météo France, du réseau britannique et du projet ATEAM (<http://www.pik-potsdam.de/ateam/>) dont la base de données a été associée à celle d'EXAMINE.

## Principaux résultats

### Richesse spécifique

Le nombre moyen d'espèces capturées chaque année sur les 8 sites a augmenté. Il était en moyenne de 169 par an entre 1978 et 1982, il est actuellement de 211 (graphique ci-dessous). Le nombre total d'espèces recensées dans les pièges est passé quand à lui de 270 à 392. Cette augmentation a été plus importante au début de la période étudiée qu'actuellement. Le ralentissement observé est régulier.



Le nombre total d'espèce est corrélé avec la température moyenne annuelle. Cette relation est vraie pour chacun des 8 pièges, à divers degrés cependant selon les situations géographiques. Cette augmentation (qui a été en moyenne de 8 espèces supplémentaires par °C) tend en effet à être plus importante dans les sites les plus océaniques comme le SW de l'Angleterre.

Cette augmentation de richesse spécifique, n'a pas été accompagnée d'une augmentation du nombre total de pucerons capturés. Elle correspond donc bien à une augmentation de biodiversité.

Il est proposé le scénario suivant pour expliquer l'augmentation générale de biodiversité des communautés aphidiennes observée en Europe depuis près de 30 ans :

- L'augmentation de biodiversité est due essentiellement à l'augmentation du nombre des espèces rares ;
- Le stock d'espèces rares est composé d'espèces déjà présentes sur nos territoires mais restant à un état cryptique tant que la température est insuffisante et d'espèces régulièrement introduites ;
- L'augmentation de biodiversité percevable au moyen des pièges est donc due en partie à une augmentation d'activité d'espèces cryptiques et en partie à des introductions d'espèces nouvelles dont la sédentarisation a elle-même été favorisée par l'augmentation des températures.

Ce scénario sous-entend que l'action favorable de la température ne produit pas le même effet sur les espèces abondantes que sur les espèces rares, car sinon nous aurions aussi observé une augmentation générale des effectifs pour toutes les espèces, ce qui n'a pas été le cas.

L'une des hypothèses avancées pour expliquer cette différence d'effet implique l'action des ennemis naturels des pucerons, eux-mêmes favorisés par l'augmentation de température et limitant plus efficacement les populations d'espèces abondantes que celle des espèces rares, plus difficiles à exploiter.

### Rythmes d'activité : la phénologie

Nous nous sommes intéressés essentiellement à la date de début des migrations de printemps. Cet évènement est considéré, au même titre que l'abondance, comme un indicateur de

l'intensité du rythme d'activité des insectes car il est corrélé avec le début et la durée de leur période d'activité.

On observe un gradient Nord-Sud des dates de migration avec plus de 2,5 mois entre Dundee en Ecosse, et Montpellier au sud. Une variabilité aussi importante est observée au niveau de chacun des sites entre les espèces précoces et tardives.

		Dundee	Rothamsted	Rennes	Montpellier
Date moyenne de début de migration au cours des 30 dernières années	Ensemble des espèces	19 juin	25 mai	6 mai	28 mars
	Espèce la plus précoce	21 mai	8 mai	5 mars	18 jan.
	Espèce la plus tardive	28 juil	17 juin	22 juin	1 <sup>er</sup> juil

Gain en précocité (en jours/an) depuis 30 ans	Moyenne	0,5	0,5	1	1
	Minimum	1	1	3,8	2,1
	Maximum	0,1	0,1	0,3	0,2

Pour 95% des 384 combinaisons espèce x piège observées, les captures ont été de plus en plus précoces au cours des dernières décennies. Ce gain de précocité a été d'environ 1 jour/an en moyenne. Il varie entre 0 et près de 4 jours/an selon les espèces et les sites. L'effet observé sur la phénologie des espèces semble plus important en France, avec une valeur moyenne de 1 jour/an qu' au Royaume-Uni (0,5 jour/an).

Ce sont essentiellement les températures moyennes de février et de mars ainsi que le nombre de jour de gel durant l'hiver qui expliquent aux mieux ces gains de précocités. Les conditions climatiques de cette période critique conditionnent effectivement la survie hivernale des espèces soit par des effets d'accumulation thermique (température moyenne) soit par des effets létaux (gel).

Les gains de précocité semblent dépendre de certaines caractéristiques biologiques des pucerons comme le mode de reproduction et le nombre de plantes hôtes utilisées (tableau ci-dessous):

		Date de migration moyenne	Gain de précocité (jr/an)
Espèces asexuées		3 mai (+/- 14jrs)	0,90 (0,27jr/an)
Espèces sexuées		29 mai (+/- 12jrs)	0,75 (0,24jr/an)
Espèce vivant sur 1 seule plante	Herbacée	13 mai (+/- 18jrs)	1,07 (0,32jr/an)
	Arbustive	2 juin (+/- 20jrs)	0,78 (0,31jr/an)
Sur 2 types de plantes		6 mai (+/- 18jrs)	0,77 (0,21jr/an)

Ces résultats sont préliminaires et doivent être analysés comme tels. Les espèces sexuées qui sont plus tardives (29 mai contre 3 mai) seraient aussi moins sensibles aux changements climatiques (gains de précocité plus faibles), de même les espèces alternant entre deux types d'hôtes qui elles sont plus précoces (6 mai contre 13 mai ou 2 juin) seraient aussi moins sensibles. L'interprétation de ces résultats relève d'hypothèses qui doivent être vérifiées expérimentalement.

Des modèles plus généraux s'appuyant sur les données disponibles à l'échelle européenne sur le climat et l'occupation du sol, ont permis de confirmer nos premières analyses. La réponse phénologique des espèces aux changements climatiques (date de début de migration) peut être modélisée et une typologie des réponses établie en fonction de leurs caractéristiques

biologiques. Ces résultats ouvrent des perspectives de recherche intéressantes sur les effets de l'environnement sur la distribution géographique des traits d'histoire de vie.

### **Conclusion et perspectives**

Cette étude de l'effet des changements globaux intervenus au cours des trois dernières décennies sur la communauté des espèces aphidiennes est la première réalisée à une aussi vaste échelle.

Parmi les résultats principaux, il a été montré (i) une augmentation de biodiversité à l'échelle européenne imputable à l'augmentation de température et impliquant le rôle des ennemis naturels, (ii) une précocité de plus en plus importante des périodes d'activités des espèces et (iii) une typologie des réponses des espèces aux changements globaux selon deux caractéristiques biologiques majeurs que sont les modes de reproduction et d'utilisation des plantes hôtes.

Nous avons initié aussi l'analyse des réponses au changement au niveau intra-spécifique, génétique et phénotypique, avec l'étude de la proportion des mâles dans les captures comme marqueur du mode de reproduction.

Cette étude a soulevé aussi un grand nombre d'interrogations. Les principales concernent (i) les mécanismes qui expliqueraient une réponse différentielle à l'augmentation de température selon l'abondance des espèces, (ii) l'identification des facteurs environnementaux expliquant au mieux les changements observés sur les populations de pucerons et (iii) la structuration des modes de reproduction des différentes espèces à l'échelle européenne. Ces interrogations sont autant de perspectives de recherche dont certaines sont d'ores et déjà engagées ou font l'objet de propositions de projets.

### **Références bibliographiques**

Bale JS, Masters GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, Brown VK, Butterfield J, Buse A, Coulson JC, Farrar J, Good JEG, Harrington R, Hartley S, Jones TH, Lindroth RL, Press MC, Symrnioudis I, Watt AD & Whittaker JB (2002) Herbivory in global climate change : direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change biology*, **8** (1), 1-16

Cocu N., Harrington R., Rounsevell M., Worner S.P., Hullé M., 2005: Geographical location, climate and land use influences on the phenology and numbers of the aphid, *Myzus persicae*, in Europe. *Journal of Biogeography* 32, 615-632.

Harrington R, Bale JS & Tatchell GM (1995) Aphids in a changing climate. *Insects in a changing environment* (ed. by R. Harrington and N.E. Stork), pp.125-155. Academic Press, London.

Hullé M, Renoust M, Turpeau E (1998). New aphid species detected by permanent aerial sampling programmes in France. In : *Aphids in natural and managed ecosystems*. Nieto- Nafría J.M. & Dixon A.F.G. Eds, Universidad de León, Spain, 365-369.