

Décembre 2025



les sentinelles du climat

Normandie

Etude de la phénologie du peuplement de rhopalocères en Normandie entre 1992 et 2021

Cet article synthétise le travail réalisé par Anne-Alice CASES
durant son stage de master 2 au CEN Normandie en 2025.
Ce stage a été encadré par Fabien BUISSART, assisté d'Adrien SIMON.

Les changements climatiques en cours perturbent et modifient les conditions de vie des organismes vivants. Cela peut influencer sur leur répartition (Lemoine, 2021 ; D'Agostino et Vacher, 2021), leur phénologie (Menéndez, 2007 ; Illan et al., 2012) ou encore sur l'abondance de leurs populations. Cependant, chaque organisme n'a pas la même sensibilité à ces perturbations climatiques ni la même capacité de réponse et certains sont donc plus impactés que d'autres.

Alors que la température moyenne de la Normandie s'est élevée d'environ 0,9°C depuis le milieu du XX^{ème} siècle (Le climat en Normandie, 2020), les entomologistes normands, amateurs comme professionnels, discutent et débattent fréquemment de l'impact de ces changements de températures sur les peuplements locaux de rhopalocères : « Il y a de l'avance cette année, non ? » « tu as vu, cette espèce est déjà sortie ! » ; ou à l'inverse « avec ce printemps glacial, il y a au moins 15 jours de retard ! » Ces allégations vont bon train sur les forums et autres canaux de discussions, mais qu'en est-il réellement ? Les peuplements de papillons de Normandie ont-ils vraiment modifié leurs périodes d'activités ces dernières années ? et si oui, dans quelle proportion ?

C'est pour tenter d'apporter des éléments de réponses à ces questions que nous avons étudié l'évolution de la phénologie des espèces de rhopalocères (papillons de jours) en Normandie entre 1992 et 2021. Pour cela, trois variables phénologiques ont été analysées : la **date d'émergence**, la **date du pic d'observation** et la **durée totale de la période d'observation**. Le choix d'étudier ces variables se base sur l'étude britannique de Roy et Sparks (2000), qui ont déjà mis en évidence des décalages phénologiques pour certaines espèces de papillons en Angleterre grâce à ces paramètres.

Notre analyse s'appuie sur la base de données utilisée pour établir la liste rouge régionale des rhopalocères de Normandie (Simon & Chéreau, 2022). Ce jeu de données correspond à la synthèse des observations transmises par une trentaine de structures (associations ou collectivités publiques) à travers la région et compile les observations d'imagos de l'ordre des rhopalocères observés en Normandie sur une large période, incluant des données historiques.

Après « nettoyage » du jeu de données (exclusion des doublons et des données sans date précise), 100 000 observations ont été retenues. Les espèces présumées disparues ou très rares, comportant trop peu d'observations, ainsi que les espèces hivernantes ou migratrices ont été exclues des analyses. Au final, 79 espèces de lépidoptères (rhopalocères + zygènes) sur les 113 que compte la Normandie, ont été conservées pour être étudiées.

En premier lieu, les dates au format « aaaa-mm-jj » ont été transformées en « quantième » (ou jour julien). C'est-à-dire que chaque date a été convertie en *n-ième* jour de l'année compris entre 1 et 366. Cela permet de comparer toutes les années entre elles.

Ensuite, les trois paramètres à analyser : la **date d'émergence**, la **date du pic d'observation** et la **durée totale de la période d'observation des imagos**, ont été déterminés pour chaque année et pour chacune des six mailles de 110km de côté à l'échelle de la Normandie, à partir des données à notre disposition.

Concrètement, pour l'année « a » et le taxon « t », nous avons regardé combien d'inventaires ont été réalisés et quelles sont les dates de ces inventaires. Puis, pour chacune de ces dates, nous avons calculé le ratio d'inventaires pour lesquels le taxon « t » est observé à plus ou moins quatre jours de la date. Par exemple, pour calculer l'occurrence du 18 juin d'une année « a », nous avons calculé le ratio du nombre d'inventaires pour lesquels le taxon « t » a été observé entre le 14 juin et le 22 juin par rapport au nombre d'inventaires total réalisés sur cette période.

Calculer ainsi l'occurrence à partir d'un ratio lissé sur une période de neuf jours permet de ne pas surestimer les dates avec peu d'inventaires (en particulier les dates avec un seul inventaire qui donnent nécessairement un ratio de 1 ou de 0).

Finalement, on obtient pour chaque taxon une série temporelle avec sa fréquence d'occurrence tout au long de l'année (Figure 1).

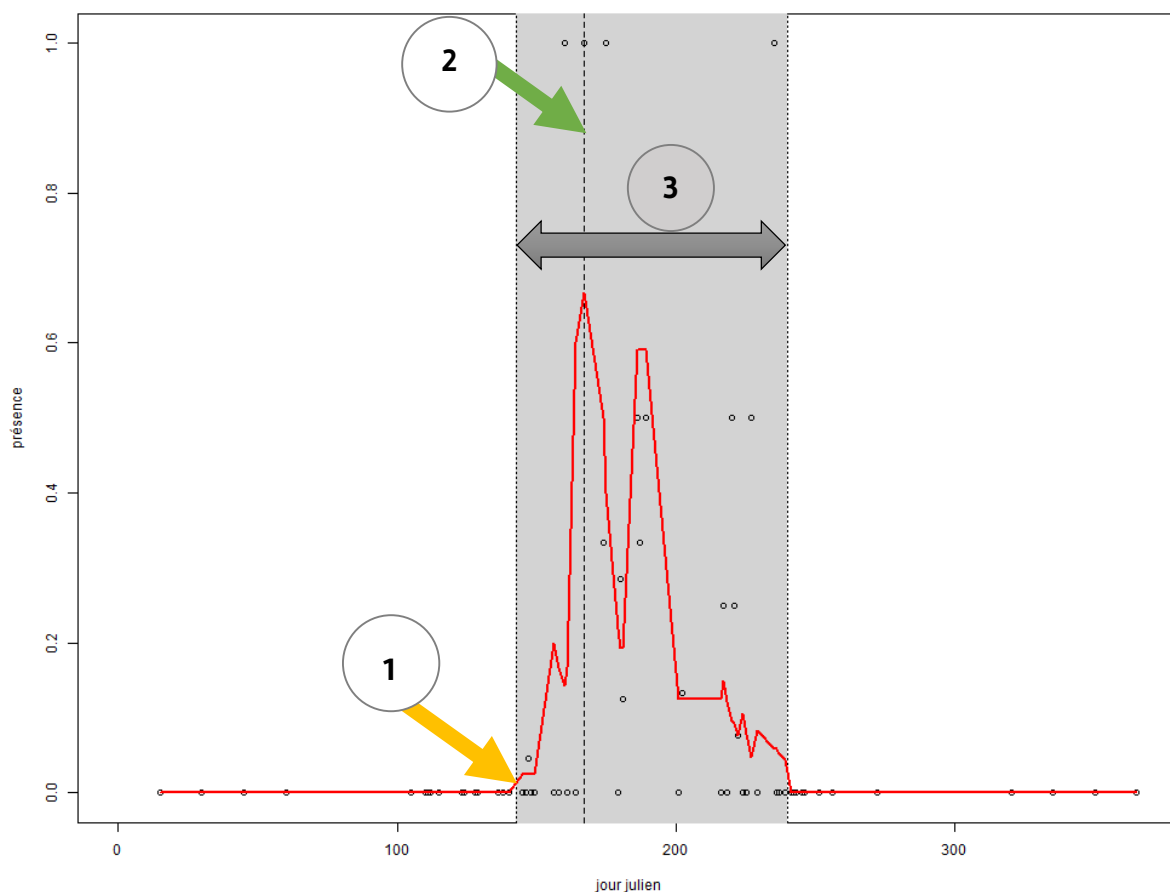


Figure 1 : Représentation graphique du calcul des trois paramètres phénologiques étudiés pour l'espèce *Maniola jurtina*, en 2020. La ligne rouge correspond à une courbe lissée des occurrences de l'espèce établie à partir de nos données. La date de première observation est représentée par la borne gauche de la zone grise, matérialisé par la flèche jaune ; Le pic d'observation est représenté par la ligne verticale en pointillée dans la zone grise, matérialisé par la flèche verte ; La durée de la période de vol correspondant à toute la zone grise.

Ainsi, en appliquant cette méthodologie à l'ensemble de notre jeu de données, nous obtenons un tableau de synthèse permettant de disposer, pour chaque espèce et chaque année, d'une valeur (exprimée en jours julien) pour les trois paramètres phénologiques étudiés.

Puis, à partir de ces valeurs, nous avons testé les relations entre ces trois variables phénologiques (les variables à expliquer) et l'année d'observation (la variable explicative) au moyen d'une régression linéaire.

Les valeurs de chacun des trois paramètres ont été agrégées par périodes de cinq ans (quinquennies) afin d'atténuer les biais météorologiques associés à des « bonnes » ou « mauvaises » saisons et mettre ainsi en évidence de véritables tendances de fond.

Pour chaque modèle nous nous intéressons aux valeurs des coefficients (qui donnent le sens de la relation), des p-values (qui donnent le niveau de significativité) et du R^2 (qui donne la part de variance expliquée par le modèle).

Le tableau 1 présente les valeurs des trois paramètres phénologiques calculés à l'échelle de la Normandie, ainsi que le degré de significativité défini de la manière suivante : * = p-value < 0,05, ** = p-value < 0,01 et *** = p-value < 0,001, ns = non significatif p-value $\geq$ 0,05

La valeur du coefficient (Coef.) donne le sens de la relation. Les valeurs surlignées en vert indiquent les coefficients négatifs considérés comme significatifs, tandis que les valeurs surlignées en rouge

indiquent les coefficients positifs considérés comme significatifs. En gris les valeurs considérées comme statistiquement stable (coef <0,1).

Pour les variables « Première apparition » et « pic d'observation », un coefficient négatif doit être interprété comme une avancée moyenne de la date d'observation par année, exprimé en jours sur la période 1992–2021. Pour la variable « durée de la période de vol », un coefficient positif doit être interprété comme un allongement moyen exprimé en jour, de la durée de la période de vol de l'adulte sur la période 1992–2021.

Par exemple, pour l'espèce *Anthocharis cardamines* (l'aurore), une avancée moyenne de la première date d'observation à hauteur de 0,37 jours par an a été calculée entre 1992 et 2021, ce qui correspond à une avancée d'environ 11 jours en 30 ans. Dans le même temps, son pic d'observation a avancé d'environ 15 jours et la durée totale de la période de vol de l'adulte s'est allongée de 39 jours. Ces trois résultats sont considérés comme significatifs sur le plan statistique, ce qui suggère que les données à notre disposition sont suffisamment robustes pour fournir des résultats crédibles pour cette espèce.

Tableau 1 : Tendances à travers le temps (1992–2021) de la date de la première observation, de la date du pic d'observation et de la durée totale de la période de vol des rhopalocères et zygènes de Normandie. Le tableau rapporte les coefficients (Coef.) issus de la régression linéaire et leur significativité (Sig.). La valeur du coefficient exprime un changement par an, en nombre de jours.

Les valeurs positives, surlignées en vert, indiquent une avancée de la date de première observation et du pic d'observation ainsi qu'une diminution de la durée de la période de vol.

Les valeurs négatives, surlignées en rouge, indiquent un recul de la date de première observation et du pic d'observation ainsi qu'un allongement de la durée de la période de vol.

		Première observation		Pic d'observation		Durée de la période de vol	
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(a) espèces avec une seule période de vol par an							
<i>Adscita geryon</i>	Procris de l'Hélianthème	-0,36	ns	-0,83	ns	0,01	ns
<i>Adscita statices</i>	Procris de l'Oseille	-0,25	ns	-0,08	ns	0,37	***
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurore	-0,37	***	-0,53	***	1,30	***
<i>Apatura ilia</i>	Petit Mars changeant	-0,27	ns	-0,28	ns	0,66	***
<i>Apatura iris</i>	Grand mars changeant	-0,06	ns	-0,01	ns	0,22	*
<i>Aphantopus hyperantus</i>	Tristan	-0,66	***	-0,27	.	0,97	***
<i>Aporia crataegi</i>	Gazé	-0,75	***	-0,69	**	0,44	***
<i>Arethusana arethusa</i>	Mercure	0,13	ns	0,09	ns	0,10	ns
<i>Argynnis paphia</i>	Tabac d'Espagne	-0,45	.	0,01	ns	1,41	***
<i>Brenthis ino</i>	Nacré de la Sanguisorbe	-0,16	ns	-0,21	ns	0,31	***
<i>Callophrys rubi</i>	Thécla de la Ronce	-0,61	***	-0,59	***	0,94	***
<i>Carterocephalus palaemon</i>	Hespérie du Brome	0,26	ns	0,14	ns	0,16	*
<i>Coenonympha arcania</i>	Céphale	-0,51	*	-0,52	*	0,88	***
<i>Cupido minimus</i>	Argus frêle	-0,65	*	-0,52	.	0,79	***
<i>Euphydryas aurinia</i>	Damier de la Succise	-0,60	***	-0,45	**	0,29	***
<i>Glaucopsyche alexis</i>	Azuré des Cytises	-0,74	ns	-0,36	ns	0,40	***
<i>Hamearis lucina</i>	Lucine	-0,72	*	-0,43	.	0,65	***
<i>Hesperia comma</i>	Virgule	-0,36	ns	0,15	ns	0,13	.
<i>Heteropterus morpheus</i>	Miroir	0,24	ns	0,26	ns	0,30	*
<i>Hipparchia semele</i>	Agreste	-0,22	ns	-0,95	.	0,05	ns
<i>Jordanita globulariae</i>	Procris des Centaurées	-0,23	ns	-0,40	ns	0,01	ns
<i>Limenitis camilla</i>	Petit Sylvain	-0,44	*	-0,46	*	0,99	***
<i>Limenitis reducta</i>	Sylvain azuré	0,97	ns	0,95	ns	0,03	*
<i>Lysandra coridon</i>	Argus bleu-nacré	-0,87	**	-0,45	ns	1,20	***
<i>Maniola jurtina</i>	Myrtil	-0,84	***	-0,16	ns	1,78	***
<i>Melanargia galathea</i>	Demi-Deuil	-0,46	***	-0,17	ns	0,99	***

Etude de la phénologie du peuplement de rhopalocères en Normandie entre 1992 et 2021

		Première observation		Pic d'observation		Durée de la période de vol	
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(a) espèces avec une seule période de vol par an							
Melitaea athalia	Mélitée du Mélampyre	-0,24	ns	-0,17	ns	0,29	*
Melitaea aurelia	Mélitée des Digitales	-1,02	*	-0,63	.	0,09	*
Melitaea parthenoides	Mélitée des Scabieuses	-1,54	ns	-1,16	ns	0,53	***
Ochlodes sylvanus	Sylvaine	-0,46	**	-0,28	.	0,90	***
Phengaris alcon	Azuré de la Croisette	0,96	ns	0,22	ns	-0,14	ns
Phengaris arion	Azuré du Serpolet	-0,08	ns	0,02	ns	0,12	**
Pyrgus malvae	Hespérie de la Mauve	-0,47	ns	-0,53	.	0,38	***
Pyronia tithonus	Amaryllis	-0,65	***	-0,21	ns	1,14	***
Quercusia quercus	Thécla du Chêne	-0,42	ns	-0,40	ns	0,56	***
Satyrrium ilicis	Thécla de l'Yeuse	-0,13	ns	-0,19	ns	0,01	ns
Satyrrium pruni	Thécla du Prunier	-0,59	ns	-0,82	.	0,06	ns
Satyrrium w-album	Thécla de l'Orme	-0,32	ns	-0,34	ns	0,04	ns
Speyeria aglaja	Grand Nacré	-0,40	ns	-0,43	ns	-0,13	*
Thecla betulae	Thécla du Bouleau	-0,66	.	-0,50	ns	0,68	***
Thymelicus acteon	Hespérie du Chiendent	-0,50	**	-0,53	**	0,10	ns
Thymelicus lineola	Hespérie du Dactyle	-0,52	***	-0,42	**	0,51	***
Thymelicus sylvestris	Hespérie de la Houlque	-0,54	**	-0,43	*	0,64	**
Zygaena carniolica	Zygène du Sainfoin	0,14	ns	0,30	ns	0,20	.
Zygaena fausta	Zygène de la Petite coronille	0,21	ns	0,05	ns	0,29	*
Zygaena filipendulae	Zygène de la Filipendule	-0,68	**	-0,36	ns	0,90	***
Zygaena loti	Zygène du Lotier	-0,23	ns	-0,30	ns	0,28	*
Zygaena minos	Zygène diaphane	-0,48	ns	-0,30	ns	0,18	*
Zygaena transalpina	Zygène transalpine	-0,17	ns	-0,33	ns	0,05	ns
Zygaena trifolii	Zygène du trèfle	-0,17	ns	-0,12	ns	0,65	**
Zygaena viciae	Zygène des Thérésiens	-0,31	ns	0,07	ns	-0,14	**
(b) espèces avec deux périodes de vol ou plus par an							
Araschnia levana	Carte géographique	-0,78	*	-0,86	**	1,94	***
Aricia agestis	Collier-de-coraïl	-1,67	***	-0,70	.	2,76	***
Boloria dia	Petite Violette	-2,43	***	-1,27	ns	3,10	***
Boloria selene	Petit Collier argenté	0,26	ns	0,30	ns	-0,08	ns
Brenthis daphne ¹	Nacré de la Ronce	1,13	ns	1,35	ns	0,14	***
Carcharodus alceae	Hespérie de l'Alcée	-1,11	**	-0,89	*	2,21	***
Celastrina argiolus	Azuré des Nerpruns	-1,10	***	-0,29	ns	3,17	***
Coenonympha pamphilus	Fadet commun	-1,16	***	0,13	ns	2,53	***
Colias alfacariensis	Fluoré	-2,25	***	-1,71	***	2,34	***
Cyaniris semiargus	Azuré des Anthyllides	-0,52	ns	-0,31	ns	0,67	*
Erynnis tages	Point de Hongrie	-1,12	***	-1,21	***	2,48	***
Iphiclides podalirius	Flambé	-1,88	***	-1,63	**	2,09	***
Lasiommata maera	Némusien	-1,44	*	-1,31	*	0,54	**
Lasiommata megera	Mégère	-1,20	***	-0,56	.	2,71	***
Leptidea sinapis	Piérade du Lotier	-0,90	**	-0,91	**	1,80	***
Lycaena phlaeas	Cuivré commun	-1,09	**	-0,39	ns	2,67	***
Lycaena tityrus	Cuivré fuligineux	-0,73	*	-0,61	.	1,06	***
Lysandra bellargus	Azuré bleu-céleste	-1,25	***	-0,50	ns	2,31	***
Melitaea cinxia	Mélitée du Plantain	-0,25	ns	-0,19	ns	0,65	***
Melitaea phoebe	Mélitée des Centaurées	-0,84	ns	-0,70	ns	0,15	ns
Papilio machaon	Machaon	-1,02	***	-1,03	***	1,80	***
Pararge aegeria	Tircis	-1,93	***	-0,13	ns	3,86	***
Pieris brassicae	Piérade du Chou	-1,87	***	-0,48	ns	3,31	***
Pieris napi	Piérade du Navet	-0,63	*	0,53	ns	2,07	***
Pieris rapae	Piérade de la Rave	-1,33	***	0,22	ns	2,59	***
Plebejus argus	Azuré de l'Ajonc	-0,49	ns	-0,40	ns	0,59	**

		Première observation		Pic d'observation	Durée de la période de vol		
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
(a) espèces avec une seule période de vol par an							
<i>Polyommatus icarus</i>	Azuré de la Bugrane	-1,23	***	-0,24	ns	2,30	***
<i>Spialia sertorius</i>	Hespérie des Sanguisorbes	-0,72	***	-0,61	**	1,22	***

« ns » $p > 0.1$ (non significatif), « . » $p < 0.1$ (tendance significative), « * » $p < 0.05$ (significatif), « ** » $p < 0.01$ (très significatif), « *** » $p < 0.001$ (très fortement significatif).

RESULTATS

Les résultats des analyses en régression linéaire montrent clairement des changements phénologiques chez les papillons de Normandie.

Par exemple, concernant la première date d'observation, 70 espèces sur 79 (88,5%) présentent un coefficient négatif, dont 41 – soit plus de la moitié – sont considérés comme significatifs. Ces résultats suggèrent que sur les trente dernières années, des individus émergent de plus en plus tôt d'une saison à l'autre pour au moins la moitié des espèces de rhopalocères de Normandie. Seules neuf espèces, généralement rares à l'échelle de la région et donc peu observées, possèdent des coefficients positifs (exprimant un recul de la première date d'observation), mais non significatifs.

Au niveau de la période de vol, 62 espèces sur 79 (78,5%) présentent un coefficient positif considéré comme significatif. Ces résultats suggèrent que sur les trente dernières années, quatre espèces sur cinq de papillons de jour en Normandie sont actifs sur une période de plus en plus longue au cours de la saison. Neuf espèces apparaissent stables et seules deux indiquent un très faible raccourcissement de leur période de vol.

Enfin, le troisième paramètre, relatif au pic d'observation, présente des résultats plus imprécis. 60 espèces sur 79 (76%) possèdent un coefficient négatif suggérant une avancée de la date du pic d'observation, mais ces résultats ne sont significatifs que pour 16 taxons. L'évaluation de la date du pic d'observation est complexe à calculer à partir de données opportunistes et se trouve confrontée à de nombreux biais. Au regard du caractère imprécis de ce paramètre, nous ne l'étudions pas plus en détail.



La date d'émergence de l'aurore (*Anthocharis cardamines*) a avancé d'environ 11 jours entre 1992 et 2021 et sa période de vol s'est allongée de plus d'un mois.

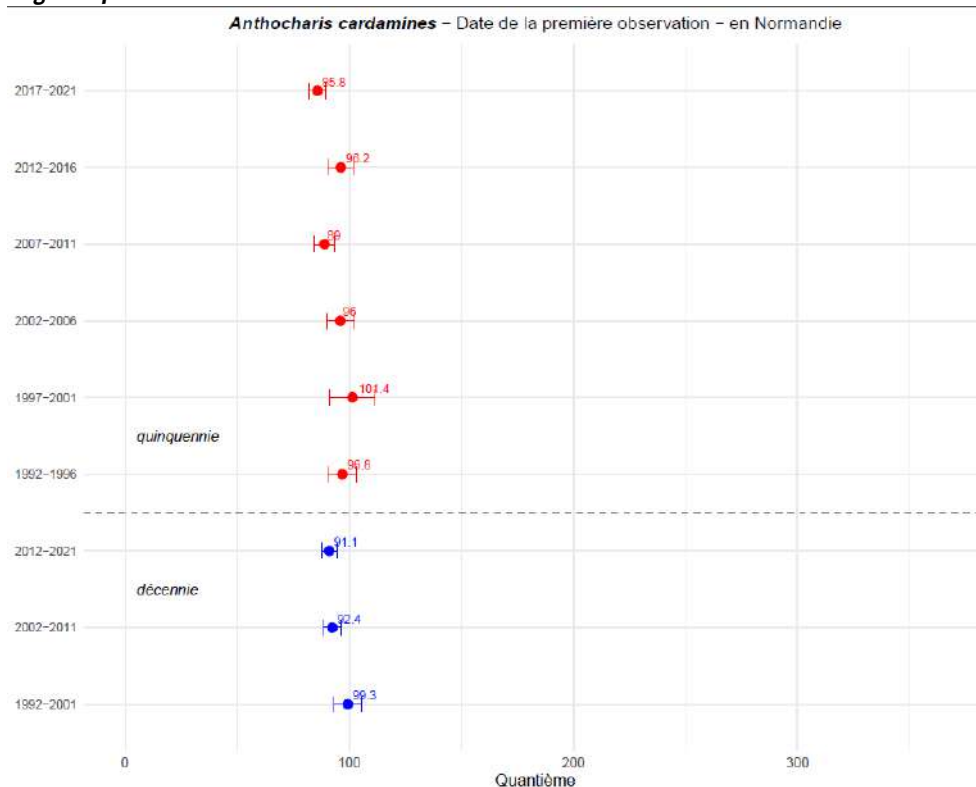


Figure 2: Evolution de la première date moyenne d'observation de l'aurore (*Anthocharis cardamines*) par période de cinq et dix ans en Normandie

Evolution du peuplement de rhopalocères à l'échelle de la Normandie

La Figure 3 montre l'évolution de la date moyenne de première apparition par période de cinq ans (quinquennie) pour tous les rhopalocères de Normandie. Une nette tendance générale à l'avancement de ce paramètre est observée entre 1992 et 2021, avec une date moyenne d'observation qui s'est décalée de plus de 22 jours en 30 ans.

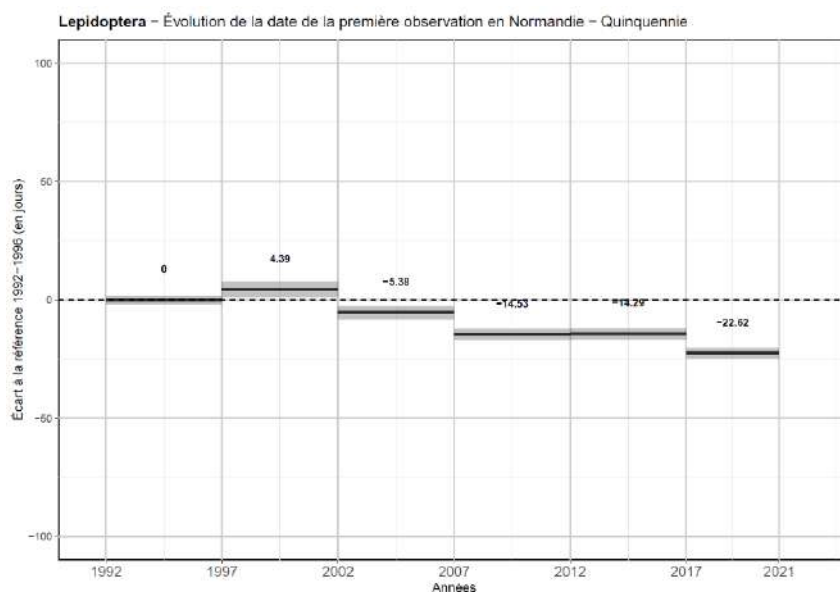


Figure 3: Evolution de la date moyenne de première apparition des rhopalocères en Normandie entre 1992 et 2021 par période de cinq ans. La date moyenne de première apparition sur la période 1992-1996 a été prise comme référence. Les quinquennies suivantes montrent un écart à cette référence en nombre de jours. Cet écart est représenté par les lignes noires tandis que la zone grise indique l'intervalle de confiance à 95 %. La date moyenne de première observation semble avancer au court du temps avec une différence moyenne de 22,62 jours entre la période 1992-1996 et 2017-2021.

La Figure 4 montre l'évolution de la durée totale moyenne de la période de vol par période de cinq ans (quinquennie) pour tous les rhopalocères de Normandie. Une nette tendance générale à l'allongement de ce paramètre est observée entre 1992 et 2021 avec une période d'observation qui s'est allongée de plus de 25 jours en 30 ans.

Etude de la phénologie du peuplement de rhopalocères en Normandie entre 1992 et 2021

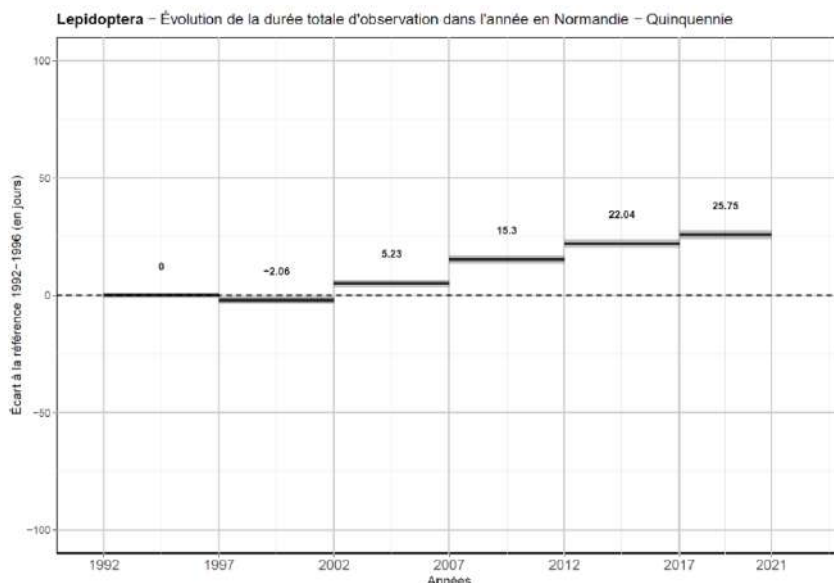


Figure 4 : Evolution de la durée totale moyenne de la période de vol des rhopalocères en Normandie entre 1992 et 2021 par période de cinq ans. La durée totale moyenne de la période de vol sur la période 1992-1996 a été prise comme référence. Les quinquennies suivantes montrent un écart à cette référence en nombre de jours. Cet écart est représenté par les lignes noires, tandis que la zone grise indique l'intervalle de confiance à 95 %. La durée totale moyenne de la période de vol semble s'allonger au court du temps avec une différence moyenne de 25,75 jours entre la période 1992-1996 et 2017-2021.

Conclusion

Cette première étude sur les paramètres phénologiques des rhopalocères de Normandie confirme qu'une modification de la période d'activité des papillons de jour est en cours à l'échelle régionale sur les trois dernières décennies.

Ces évolutions se traduisent par une avancée globale des dates d'émergence des imagos, dans des proportions variables selon les taxons, mais également par un allongement progressif de leur période d'observation.

Les changements climatiques en cours, et plus particulièrement l'augmentation constatée ces dernières décennies des températures moyennes annuelles, constitue l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer ces évolutions. Cette hausse des températures, dont l'ampleur atteint +1° C en Normandie depuis le milieu du XX^{ème} siècle, se traduit par une période de conditions climatiques favorables à l'activité des rhopalocères qui commence de plus en plus tôt au printemps et se termine de plus en plus tard à l'automne.

Une étude mettant en lien la phénologie et les données météorologiques permettrait de confirmer cette hypothèse.

La modification de la phénologie chez les espèces de lépidoptères pose plusieurs questions. D'une part, si le papillon modifie sa phénologie, qu'en sera-t-il de sa plante-hôte ? En cas de désynchronisation, l'espèce pourrait se trouver en difficulté pour accomplir son cycle de vie, notamment la ponte et le développement de la chenille. D'autre part, il est possible que le décalage phénologie, manifesté par une émergence plus tôt dans l'année, favorise l'apparition d'une seconde génération plus tardive chez les espèces actuellement univoltines. Dans cette situation, pour assurer la réalisation de son cycle de vie, cette nouvelle génération doit pouvoir trouver une ressource alimentaire suffisante et un partenaire pour se reproduire.

Références bibliographiques

D'Agostino Roberto et Jean-Pierre Vacher. 2021. Évolution temporelle de la répartition des Orthoptères dans le massif vosgien : possibles effets des changements climatiques sur la biodiversité. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar. 17 (2) : 10-17. mars 31.

DREAL. 2020. Le climat en Normandie. Profil Normandie. Normandie, éd. 2020.

Illán Javier Gutiérrez, David Gutiérrez, Sonia B. Díez, et Robert J. Wilson. 2012. « Elevational Trends in Butterfly Phenology: Implications for Species Responses to Climate Change ». Ecological Entomology 37 (2): 134-44. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2012.01345.x>.

Lemoine Nathan P. 2021. « Phenology Dictates the Impact of Climate Change on Geographic Distributions of Six Co-Occurring North American Grasshoppers ». Ecology and Evolution 11 (24): 18575-90. <https://doi.org/10.1002/ece3.8463>.

Menéndez R. 2007. « How are insects responding to global warming? » Tijdschrift voor Entomologie 150(2), 355.

Roy D.B. et Tim Sparks. 2000. « Phenology of British butterflies and climate change ». Global Change Biology 6 (avril): 407-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00322.x>.

Settele Josef, Otakar Kudrna, Alexander Harpke, et Ingolf Kühn. 2008. Climatic Risk Atlas of European Butterflies. Pensoft.

Simon Adrien & Chéreau Loïc. 2022. Liste rouge des rhopalocères et des zygènes de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. CEN Normandie & GRECIA. 16 pages.



les sentinelles
du climat

Normandie

Avec le soutien de



AGENCE
eau
seine
NORMANDIE



PRÉFET
DE LA RÉGION
NORMANDIE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



FRANCE
NATION
VERTE
Agir • Mobiliser • Accélérer