



EVALUATION SCIENTIFIQUE
DES INDICATEURS

NOMBRE ANNUEL MOYEN DE JOURS DE GEL EN FRANCE METROPOLITAINE

Code indicateur : SNB-TCC-17-NJG1

Évolution du nombre annuel moyen de jours de gel sur 63 stations météorologiques de France métropolitaine

Évaluation réalisée par Afonso et Van Baaren

Synthèse réalisée par Elodie Milleret

En date du 16 mai 2018

Objectifs : D11 - Maîtriser les pressions sur la biodiversité

Dernière évaluation : 1^{ère} évaluation

Globalement, la première évaluation de cet indicateur est plutôt nuancée. Elle suggère de mieux cibler les orientations stratégiques et les objectifs concernés pour lesquels l'indicateur semble peu pertinent. Elle propose également de mieux détailler certaines illustrations et de rester prudent sur les futures représentations de zones où il n'y aura bientôt plus aucun jour de gel. Enfin, elle propose de rechercher d'autres indicateurs pouvant faire le lien entre réchauffement climatique et l'impact sur certaines espèces représentatives.

A- Présentation et interprétation de l'indicateur

L'indicateur semble peu pertinent par rapport à l'orientation stratégique dans lequel il s'inscrit, à savoir D « Assurer un usage durable et équitable de la biodiversité ». Après une lecture plus approfondie de la description de cette orientation stratégique, l'indicateur répond partiellement à la partie : « Déjà à l'œuvre, le changement climatique modifie l'environnement à des vitesses sans doute inédites dans l'histoire terrestre et est susceptible d'augmenter les effets des autres pressions ». En effet, cet indicateur mesure une conséquence des pressions environnementales en étant focalisé sur la période hivernale tout en reflétant indirectement le réchauffement climatique. Il montre comment cette pression s'accroît mais ne fait pas de lien immédiat avec la biodiversité. C'est un indicateur de changements climatiques utilisé dans le jeu d'indicateurs de l'ONERC et pertinent dans ce cadre, mais moins dans celui des indicateurs de l'ONB. Pour l'un des évaluateurs, si on considère cet indicateur comme un indicateur synthétique permettant de cibler des zones de priorité pour la mise en place de mesures de conservation, alors il serait peut-être plus pertinent au regard de l'orientation stratégique B « Préserver le vivant et sa capacité à évoluer ». De ce fait, cet indicateur serait plus pertinent au regard de l'orientation stratégique B « Préserver le vivant et sa capacité à évoluer ».

L'indicateur répond très partiellement à l'objectif D11: « Maîtriser les pressions sur la biodiversité ». L'indice permet seulement de mieux connaître l'évolution de la pression « réchauffement climatique », et non pas de « comprendre sa cause et son effet », ni « d'engager des actions concrètes de réduction visant à éviter cette pression, à réduire celles qui existent ou à compenser celles qui sont inévitables », ni « d'adopter un mode



de gouvernance fondé sur la concertation avec les parties prenantes et de s'assurer du respect des décisions prises ». Ainsi, cet indicateur dresse davantage un constat dont le lien avec l'objectif D11 n'est pas évident.

La description de l'indicateur correspond à son intitulé.

La phrase expliquant la valeur de l'indicateur est correcte et précise. Celle-ci ne s'accompagne pas d'un intervalle de confiance mais pourrait l'être puisqu'il s'agit d'une moyenne. De plus, les auteurs parlent de significativité de la diminution du nombre de jours de gel. Il y a donc une analyse statistique justifiant la possibilité de présenter un intervalle de confiance. Cela permettrait également de montrer que les données collectées sont variables d'une année à l'autre.

Les illustrations correspondent au message véhiculé par l'indicateur. La carte permet d'avoir plus de précisions sur la localisation des stations utilisées pour les mesures. Sur le premier graphique, le nombre de jours de gel encore existant pourrait être ajouté. En parallèle, un graphique pourrait être ajouté présentant le cumul du nombre de jours de gel en moins depuis le début de la collecte de données afin d'avoir une meilleure représentativité de la diminution du nombre de jours de gel. Sur le site de l'ONERC, l'évolution du nombre annuel de jours de gel et la moyenne lissée sur 10 ans pour plusieurs communes est présentée. On peut remarquer que certaines régions ne présentent quasiment plus de jours de gel par an (par ex. Nice avec 1 jour de gel par an). Ceci montre que cet indicateur posera rapidement problème en France avec une confusion possible entre des zones où l'on observera une diminution du nombre de jours de gel par an et d'autres pas, simplement car il n'y aura déjà plus aucun jour de gel.

Il n'existe pas de biais de visualisation. Ce qui pourrait changer dans les prochaines années et les mises à jour de l'indicateur lorsque certaines régions ne présenteront plus aucun jour de gel à l'année. Il ne sera plus possible de mettre en évidence une diminution. La représentation graphique pourra être alors sujette à une mauvaise interprétation. Pour corriger ce possible futur biais, il faudra ajouter par exemple une « zone non concernée » en grisé.

La valeur de l'indicateur ne peut pas être mal interprétée pour le moment.

B- Définition, contexte et principales caractéristiques de l'indicateur

Selon l'évaluation, la définition actuelle de l'indicateur pose question à savoir si les stations déployées sont uniformément distribuées en termes d'altitude pouvant potentiellement influencer le nombre de jours de gel.

Certaines valeurs de l'indicateur peuvent avoir une signification particulière. Lorsqu'un indice n'évolue plus, il peut y avoir deux raisons possibles: le réchauffement climatique s'est stabilisé, ou il y a des régions qui n'ont plus aucun jour de gel.

L'objectif idéal à atteindre serait que l'indice n'évolue plus marquant un arrêt du réchauffement climatique. Mais à condition que cet arrêt ne soit pas lié à une

augmentation de la variabilité déjà observée entre les régions.

Le contexte est difficile à aborder concernant cet indicateur. On peut noter que l'indicateur semble varier suivant l'échelle géographique et temporelle sans être plus ou moins pertinent en fonction du contexte. Les régions les plus froides présentent une plus forte diminution du nombre de jours de gel. Mais cet indice ne permet pas de faire directement le lien avec la biodiversité. On pourrait croire que les régions connaissant le plus de variabilité climatique seront les plus touchées, mais les études faites à l'échelle planétaire révèlent que les espèces des régions équatoriales seront tout aussi touchées voire plus que les espèces des zones arctiques soumises à un réchauffement beaucoup plus important.

Enfin, l'échelle géographique de la France métropolitaine est adéquate. Le nombre de jours de gel varie suivant un gradient Nord-Sud. Bien qu'il existe de fortes disparités régionales à l'échelle de la France métropolitaine, la tendance générale est la même. Une déclinaison à l'échelle plus fine masquerait les disparités régionales sans modifier pour autant la tendance globale. Par ailleurs, il existe déjà des déclinaisons régionales comme pour la Région Bretagne.

Il serait intéressant de décliner cet indicateur à l'échelle européenne sauf si des aires géographiques présentent des saisons sans jours de gel. Dans ce cas, l'indice perd en partie de son sens en absence de jours de gel et les graphiques peuvent alors prêter à confusion.

Le changement d'échelle spatiale ne changera pas la pertinence de l'indicateur excepté s'il y a des aires géographiques avec et sans jour de gel. Le premier graphique donne une seule valeur sur l'ensemble de la période, un changement d'échelle temporelle est donc inapplicable. Le second graphique donne un point tous les 10 ans. Augmenter l'échelle temporelle risquerait de masquer l'évolution de l'indicateur présentant actuellement 4 points.

Un changement d'échelle spatiale et temporelle risquerait donc de changer la relation entre l'indicateur et le phénomène qu'il décrit.

C- Production de l'indicateur

Selon l'évaluation, il serait préférable d'indiquer « au cours de la période de 24h » plutôt que « au cours de la journée » et ce parce que les gelées sont principalement nocturnes dans la description de l'indicateur. Il manque également des informations sur la prise en compte de la variabilité des altitudes au sein d'un même territoire. Par ailleurs, les explications données sont celles du site de l'ONERC d'où une certaine interrogation sur la nécessité d'avoir le même indicateur présent sur deux sites différents. L'évaluation propose donc de créer un indice mettant en évidence le lien entre la baisse du nombre de jours de gel et la biodiversité et de donner en tant que référence le site de l'ONERC pour les données météorologiques.



La manière dont la valeur de l'indicateur est calculée est claire. Cependant, il subsiste un point d'incertitude concernant le second graphique. En effet, il est indiqué « Pour la réalisation du graphique, on a calculé pour chaque décennie le nombre de jours de gel annuel moyen pour chaque station. On obtient ainsi une distribution de cette grandeur pour les 63 stations ». Cela suppose que le second graphique repose sur des moyennes faites sur une station donnée sur 10 ans moyennées sur 63 stations. Mais ceci n'est pas clairement explicité sur la page de l'indicateur. Il manque également la prise en compte d'une certaine variabilité temporelle.

La méthode employée pour calculer la valeur de l'indicateur est justifiée et ne nécessite pas d'améliorations. Elle est par ailleurs comparable à ce qui est fait dans d'autres pays, permettant ainsi une éventuelle déclinaison de l'indicateur à des échelles géographiques plus larges.

Aucune pondération n'a été mise en place lors du calcul de l'indicateur. Un biais reste possible du fait du peu de prise en compte de la variabilité spatiale entre stations/départements/régions. En effet, les données sont collectées sur 63 stations soit à une échelle infra-nationale. La valeur de l'indicateur à l'échelle d'un territoire localisé peut donc être difficile à interpréter.

D- Analyse de l'indicateur

- **Robustesse** : la robustesse est évaluée comme bonne. L'apparition de zones sans jour de gel sur l'année en France métropolitaine pourra potentiellement changer la valeur de l'indicateur. Pour pallier à cela, les zones concernées pourraient être supprimées de la cartographie. Il est par ailleurs important de prendre davantage en compte l'homogénéité de la répartition spatiale des stations afin de ne pas surreprésenter les régions où les températures s'éloignent le plus de la moyenne.

Le pas de temps annuel est parfaitement adapté. Un changement du pas de temps affecterait la robustesse de l'indicateur puisque cela nécessiterait d'acquérir des données de façon rétrospective, ce qui serait probablement moins précis.

Un changement de l'échelle territoriale affecterait la robustesse de l'indicateur si des zones ne présentant aucun jour de gel sont incluses masquant ainsi une partie de la variabilité de cet indicateur. Mais si aucune zone sans jour de gel n'est incluse, la robustesse ne serait pas affectée.

- **Précision** : la précision est jugée relativement bonne.

La plus grande imprécision se situe au niveau du deuxième graphique du fait de la forte variabilité entre les stations où sont prises les mesures. En effet, les régions situées le



plus à l'est ont perdu davantage de jours de gel par an que les autres régions. De plus, la présence de microclimats peut rajouter de l'imprécision. La variabilité territoriale apparaît sur la carte de France, mais n'apparaît pas sur le second graphique montrant l'évolution temporelle. Il y a également un manque d'informations concernant la précision avec laquelle les données ont été acquises dans toutes les stations. Certaines données manquantes ont été estimées par modélisation mathématique. Il y a peu de chances d'éviter ces imprécisions, l'estimation de l'indicateur étant basée sur des données existantes. Il pourrait être envisagé d'accompagner le second graphique avec le premier et indiquer la marge de variabilité sur le second.

La résolution spatiale actuelle de l'indicateur est adaptée. Mais le phénomène étant très variable spatialement, cette résolution mériterait d'être déclinée localement.

Un changement de l'intervalle de temps entre deux collectes de données n'est pas envisageable sans modifier la définition même de l'indicateur.

L'indicateur n'est pas précis quelle que soit l'échelle géographique car les données sont dépendantes de mesures réalisées sur une soixantaine de stations distribuées de façon non homogène, ce qui a nécessité de réaliser des extrapolations spatiales pour estimer les données manquantes.

- Sensibilité : l'indicateur est considéré comme sensible. Le plus petit changement qu'il peut détecter est d'un jour de gel. Cette sensibilité est largement suffisante au regard de la définition de l'indicateur. Le plus grand changement qui puisse être mesuré est le nombre total de jours de gel actuel.

L'échelle temporelle ne permet pas de détecter des événements brefs et extrêmes et n'est pas applicable pour cet indicateur.

Concernant le second graphique montrant une mesure tous les 10 ans, il est nécessaire de conserver les 4 valeurs disponibles afin de montrer une tendance. En-dessous de 3 points, il semble difficile de montrer une quelconque évolution.

L'évaluation a soulevé des appréciations divergentes sur l'utilisation de l'indicateur pour alerter sur des changements inhabituels. Un des évaluateurs mentionne que ce n'est pas la vocation de cet indicateur puisqu'il est présenté comme une moyenne sur une période de 10 ans. Un autre évaluateur estime que cet indicateur peut tout à fait alerter sur des changements inhabituels notamment parce qu'il reflète de façon pertinente les changements climatiques.

Il y a peu de risque que l'indice perçoive un changement qui n'a pas eu lieu. Pour un des experts, il n'est d'ailleurs pas envisageable que l'indicateur ne détecte pas un changement qui a eu lieu. Pour l'autre expert, cela est possible dans la mesure où le pas de temps est relativement long et que l'indicateur est une moyenne et ne prend donc pas en compte la variance des données. Accompagner l'indicateur d'un intervalle de

confiance pourrait pallier en partie à ce problème.

Selon un des évaluateurs, la sensibilité de l'indicateur est la même quelle que soit l'échelle territoriale. Selon un autre évaluateur, le nombre de jours de gel est dépendant du paysage local et de sa composition influençant ainsi les températures. Ce qui expliquerait la variabilité de réactivité de l'indicateur suivant l'échelle de territorialisation choisie.

- Efficacité/Fiabilité : l'indicateur est considéré comme moyennement fiable, du fait de la difficulté à séparer ce qui relève de la biodiversité et ce qui relève du reste.

Un changement du pas de temps n'aurait pas d'incidence sur la fiabilité de l'indicateur, de même qu'un changement d'échelle géographique.

- Pertinence vis-à-vis de la biodiversité : Vis-à-vis du lien entre l'indicateur et la biodiversité, l'évaluation diverge. Pour un des experts, l'indicateur n'a pas de lien direct avec la biodiversité en général car il mesure seulement une des composantes du changement climatique soit la diminution du nombre moyen de jours de gel par an, qui a des actions sur la biodiversité, mais différentes d'une espèce à l'autre. Pour un autre, le lien est direct puisque la diminution du nombre moyen de jours de gel influence directement l'aire de répartition des espèces et leur reproduction. De même pour le fonctionnement des écosystèmes et les services écosystémiques.

La littérature scientifique a montré à plusieurs reprises les conséquences des conditions climatiques hivernales sur la biodiversité (abondance, diversité, aire de répartition). Par exemple, de nombreuses espèces d'insectes peuvent désormais être actives tout au long de l'hiver et se reproduire ainsi toute l'année. D'autres, au contraire, vont manquer de jours de gel nécessaires pour leur germination, ce qui est le cas chez de nombreuses espèces de plantes.

Les valeurs de l'indicateur peuvent être utilisées pour refléter l'augmentation de la fréquence des hivers doux. Il peut être un bon indicateur pour alerter les politiques et l'opinion publique sur l'impact concret du réchauffement climatique mais il ne poursuit pas d'objectifs politiques ou économiques en dehors de celui de limiter le réchauffement climatique.

Sur le site <http://orecc.auvergnerrhonealpes.fr>, il existe un indicateur liant les jours de gel et les abricotiers. Il serait intéressant de tester cet indicateur sur des espèces particulièrement sensibles au gel ce qui le rendrait davantage pertinent par rapport à la biodiversité et non comme simple mesure d'un des aspects météorologiques des changements climatiques.

- Données : L'évaluation a soulevé un manque important de clarté concernant le second graphique. Il est indiqué « Pour la réalisation du graphique, on a calculé pour chaque décennie le nombre de jours de gel annuel moyen pour chaque station. On obtient ainsi une distribution de cette grandeur pour les 63 stations ». Il semblerait donc que le second graphique ait été réalisé à partir d'une première moyenne faite sur une station donnée sur 10 ans, puis une seconde moyenne faite sur les moyennes des 63 stations. Enfin, il faudrait faire apparaître la distribution en altitude des stations et prendre en compte la variabilité temporelle des jours de gel.

La déclinaison pour l'Outre-mer n'est pas utile compte tenu des températures moyennes sur ces territoires.

E- Propositions d'amélioration

Cet indicateur est relativement simple mais n'a pas de lien direct avec la biodiversité. De plus, il existe déjà dans le cadre de l'observation des changements climatiques (ONERC) et est plus approprié dans ce contexte. Sa portée pour l'ONB est donc questionnée par l'évaluation.

L'évaluation propose de lier l'indicateur à un élément de la biodiversité pour continuer à être pris en compte par l'ONB. Elle propose également de faire apparaître le gradient d'altitude permettant ainsi de mieux observer l'évolution du réchauffement climatique sur les milieux de moyenne montagne et de haute altitude.

Elle suggère de rechercher d'autres indicateurs potentiels faisant le lien entre changement climatique et la biodiversité générale. Néanmoins, l'évaluation soulève qu'il peut être difficile de mettre en place une telle action. Le nombre de jours de gel est un facteur impactant uniquement pour certaines espèces. Il pourrait être proposé d'établir un indicateur qui lie le nombre de jours de gel et certaines espèces représentatives de leur catégorie (espèces qui nécessitent d'un certain nombre de jours de gel pour germer, espèces qui entrent en diapause sous certaines conditions etc...).

Cet indicateur pourrait être complété par la création d'un autre ciblant les altitudes supérieures à 1000 m.

L'évaluation souligne les efforts conséquents déjà employés par Météo France pour l'acquisition et la mobilisation des données.

Enfin, cet indicateur ne fait pas l'objet d'usage politique ni de méthode de gestion environnementale. Ceci pourrait être amélioré en proposant d'autres indicateurs. Cet indicateur pourrait être utilisé à l'échelle internationale comme mesure des

conséquences du réchauffement climatique.

F- Bibliographie de l'évaluation

- Parmesan, C. 2006 Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37, 637–669. (doi:10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100)
- Daniel Janzen. 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. *American Naturalist*. 101 (919)
- Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations? By: Both, Christiaan; van Asch, Margriet; Bijlsma, Rob G.; et al. *JOURNAL OF ANIMAL ECOLOGY* Volume: 78 Issue: 1 Pages: 73-83 Published: JAN 2009
- Predicting adaptation of phenology in response to climate change, an insect herbivore example. By: van Asch, Margriet; van Tienderen, Peter H.; Holleman, Leonard J. M.; et al. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY* Volume: 13 Issue: 8 Pages: 1596-1604 Published: AUG 2007
- Phenology of forest caterpillars and their host trees: The importance of synchrony. By: van Asch, Margriet; Visser, Marcel E. *ANNUAL REVIEW OF ENTOMOLOGY* Book Series: Annual Review of Entomology Volume: 52 Pages: 37-55 Published: 2007
- Tougeron K., Le Lann C., Brodeur J. & van Baaren J. 2017. Are aphid parasitoids from mild winter climates losing their winter diapause? *Oecologia* 183:(3), 619-629.
- Andrade TO, Krespi L, Bonnardot V, van Baaren J & Outreman Y. 2016. Impact of climate conditions on the diversity and function of a guild of aphid parasitoids. Les deux derniers auteurs sont co-derniers auteurs. *Oecologia* 180 p 877-888. Online <http://link.springer.com/article/10.1007/s00442-015-3502-4>
- Hance T., van Baaren J., Vernon, P., Boivin G., 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52, 107-126