

Avis sur l'indicateur ONB « Déplacement des espèces lié au changement climatique » relatif aux versions 2014 et 2015 de cet indicateur

Frédéric Gosselin (Irstea Nogent sur Vernisson)

Pascal Irz (SOeS Orléans)

1 Qu'est-ce que l'indicateur ?

1.1 Les données

Le programme STOC-EPS a été initié en 1989 par le Centre de Recherches par le Bagueage des Populations d'Oiseaux (CRBPO) du Muséum national d'histoire naturelle et fait partie des différents programmes de sciences participatives que regroupe Vigie-Nature.

Les relevés de terrain (écoute et observation) permettent d'évaluer les variations d'abondance dans le temps et dans l'espace des populations d'oiseaux échantillonnées à l'échelle de la France. A ce jour, 129 espèces sont concernées par le calcul du CTI. Les relevés sont réalisés par un réseau d'environ 1000 observateurs professionnels et amateurs et représentent en moyenne 856 carrés prospectés par an en France (depuis 2001). On notera que le protocole a été modifié en 2001 afin de gagner en représentativité. Depuis cette date, l'échantillonnage est « aléatoire stratifié » alors que le choix des sites était auparavant laissé à l'observateur.

Enfin, les aires de répartition des oiseaux communs sont tirées de [l'Atlas des oiseaux nicheurs d'Europe](#).

1.2 La méthode

L'indicateur concerné est mis à jour annuellement sur le [site web de l'ONB](#). On peut y lire :

« Cet indicateur présente les variations interannuelles de l'Indice Thermique moyen des Communautés (CTI) d'oiseaux en réponse au changement climatique, ainsi que la distance moyenne de déplacement vers le Nord équivalente à cette recomposition des communautés, et la comparaison de ce déplacement par rapport au réchauffement climatique. »

Au plan méthodologique, le CTI est adossé à une publication initiale (Devictor et al. 2008) sur les Oiseaux en France métropolitaine, dont les résultats ont par la suite été élargis aux Papillons et confirmés à l'échelle européenne (Devictor et al. 2012).

Les étapes de construction de l'indicateur annuel sont les suivantes (Devictor et al. 2008) :

1. Détermination des indices thermiques par espèce (species temperature index, STI, égal à la moyenne des températures moyennes de l'aire de répartition de l'espèce).

2. A partir des relevés des observateurs, pour chaque point d'écoute et pour chaque année, un indice (community temperature index, CTI) est obtenu en moyennant les STI des espèces présentes dans l'assemblage (moyennes pondérées par les abondances mais les auteurs écrivent que les résultats sont identiques avec les occurrences).
3. Le CTI annuel est obtenu pour un carré STOC en agrégeant les CTI par point (cf. légende de la figure 3 de l'article). C'est une moyenne des 10 points du carré.
4. Les CTI sur 1500 carrés sont modélisés en GLM en fonction de l'année (entrée soit en variable qualitative pour obtenir les indices annuels, soit en variable numérique pour évaluer la tendance) et de l'identifiant du carré STOC (en effet fixe).

La conversion des indices annuels, dont l'unité est le degré Celsius, en « déplacement équivalent vers le Nord », est opérée ainsi :

5. En prenant l'année 2005 en référence (celle où il y a le plus de données, n=878 carrés STOC), le gradient nord-sud du CTI est calculé, en excluant les carrés d'altitude supérieure à 800m. En résumé, c'est la pente de la droite de régression du CTI en fonction de la latitude.
6. Le gradient géographique de température est déterminé (en France, hors zones de montagne, pour la période mars-avril) comme pente de la régression de la température en fonction de la latitude.
7. Le ratio du gradient CTI en °C/an sur le gradient thermique °C/km donne le « déplacement » des oiseaux en km/an.

NB : Sur la page de l'indicateur sur le site ONB, il est indiqué que la modélisation est réalisée par GAM au lieu du GLM mentionné dans l'article.

2 Mises à jour proposées

Le Tableau 1 met les deux propositions de mise à jour 2015 de l'indicateur en regard de sa [version en ligne depuis mai 2014](#) et de la publication de référence de l'indicateur.

Tableau 1: Comparaison des versions successives du CTI. Les amplitudes sont des ordres de grandeur lus sur les graphiques.

Source	Devictor et al. 2008 et version ONB avant 2014 (celle évaluée par la FRB)	En ligne depuis mai 2014	Proposition mai 2015	Proposition octobre 2015
Graphique 1 : CTI ~ année				
Amplitude 1989-2006	0.10°C	0.40°C	0.20°C	0.20°C
Amplitude de l'intervalle de confiance jusqu'en 2000	0.04°C	0.15°C		0.15°C
Amplitude de l'intervalle de confiance à partir de 2002	0.02°C	0.15°C		0.05°C
IC nul	2001	1989		1989 et 2001
Différence 2000-2001	Faible	Forte	Faible	Nulle
Tendance 1989 - 1997	Croissante	Stable	Stable	Stable
Graphique 2 : Déplacement par milieu				
Nb de données		16 820 données (carrés ?)	17 414 données	?
Message	5.4 km/an en moyenne d'équivalence de déplacement vers le Nord	4.6 km/an en moyenne d'équivalence de déplacement vers le Nord	0.5 km/an (non significatif) en moyenne d'équivalence de déplacement vers le Sud	4.3 km/an en moyenne d'équivalence de déplacement vers le Nord

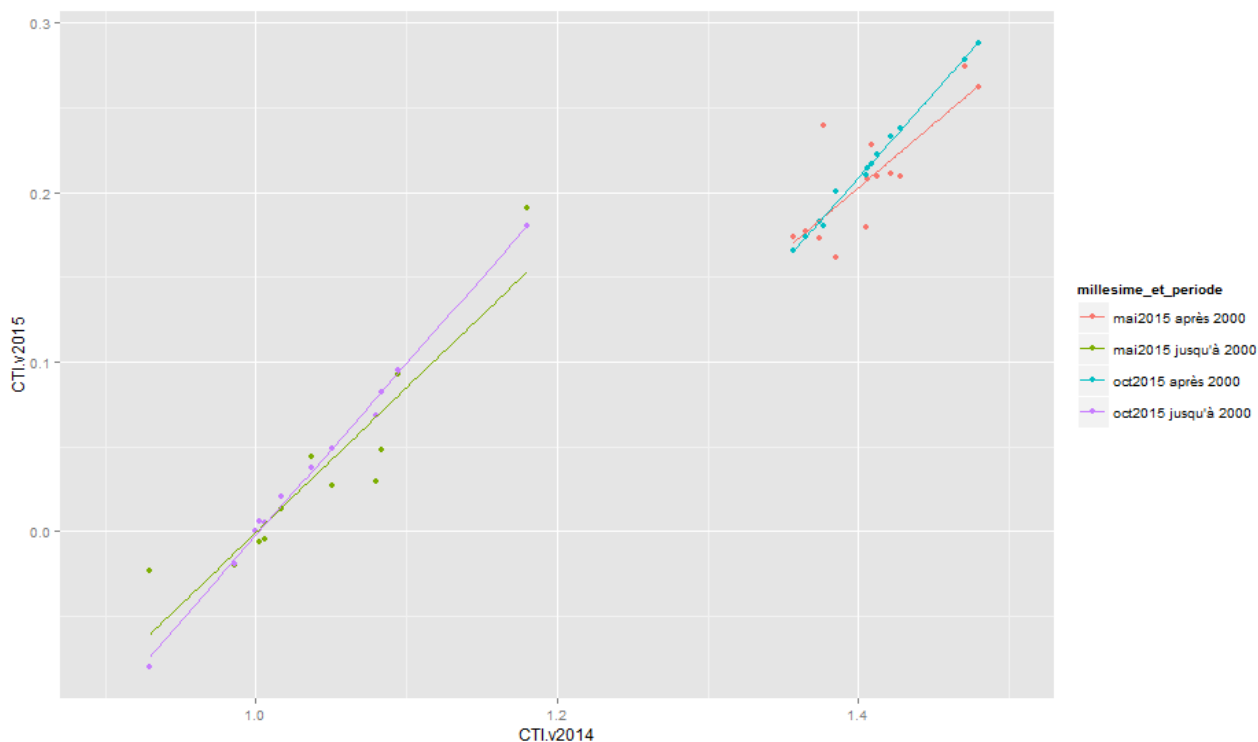


Figure 1 : Relation entre, pour chaque année de 1989 à 2013, les valeurs du CTI dans les millésimes 2014 et 2015. Des droites de régression séparées ont été ajustées pour les périodes 1989 - 2000 et 2001 – 2013, et pour les millésimes mai 2015 et octobre 2015.

Sur la Figure 1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, chaque point correspond au CTI d'une année entre 1989 et 2013. L'abscisse est le CTI de l'année considérée dans le millésime livré en 2014, l'ordonnée son CTI dans le millésime livré en 2015 (mai et octobre). L'ajout des nouvelles données en 2015 peut générer des ajustements, en particulier pour les années 2011, 2012, 2013 et 2014, mais on s'attend à ce que les autres points soient grossièrement alignés sur la droite $y=x$. S'il y avait uniquement un décalage de base ou un changement d'unité, ça serait une droite avec une autre équation.

On observe nettement moins de dispersion autour des tronçons de droites violet et turquoise, correspondant au millésime d'octobre 2015 ($r^2 = 0.99$; cf. Tableau 2 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Comme si un retour en arrière avait été réalisé entre mai et octobre pour mieux « coller » aux données 2014, exception faite du décrochage entre 2000 et 2001. Cela pourrait être expliqué par le fait que la version 2014 et la version octobre 2015 travaillent au niveau carré tous milieux confondus pour le premier visual (cf. document explication CESCO octobre 2015), avec toutefois un traitement différent de la rupture de 2001.

Tableau 2 : Résumé des modèles de régression linéaire expliquant le CTI en 2015 par le CTI 2014 (cf. graphique ci-dessus).

Millésime	Période	Intercept	Pente	r ²
mai-15	après 2000	-0,85	0,75	0,63
mai-15	jusqu'en 2000	-0,86	0,85	0,86
oct-15	après 2000	-1,19	1,00	0,99
oct-15	jusqu'en 2000	-1,02	1,01	0,99

3 Analyse des incohérences relevées

Le Tableau 1 montre que :

- L'amplitude du CTI sur la période 1989-2006 a varié dans des proportions de 1 à 4.
- L'amplitude des intervalles de confiance jusqu'en 2000 a varié dans des proportions de 1 à 4 environ.
- L'amplitude des intervalles de confiance à partir de 2002 a varié dans des proportions de 1 à 6.
- Les années de référence du ou des modèles ont successivement été 1989 et 2001, voire les deux.
- Un « saut » important apparaît entre 2000 et 2001 sur le millésime mai 2014 ; pour les autres versions, il est faible ou nul.
- La tendance entre 1989 et 1997, croissante sur Devictor et al. (2008), est stable dans les versions ultérieures.
- Le message fort, qui était une remontée vers le Nord jusqu'en 2014, est présenté comme inverse en mai 2015 avant un nouveau revirement en octobre.
- Pour les milieux forestiers, le revirement est particulièrement spectaculaire : le déplacement, qui était de 6.7 km/an vers le nord en 2014, passe à 1 km/an vers le Sud en mai 2015 (non disponible pour la version octobre 2015). Le delta est de 7.7 km par an, soit sur la période $7.7 \times 24 \text{ ans} = 185 \text{ km}$ vers le Sud.
- Sur la version mai 2015, le graphique du CTI montre deux périodes de relative stabilité, séparées par une augmentation de 1998 à 2001. Il n'est donc pas possible que la tendance soit « vers le Sud », c'est-à-dire à une décroissance du CTI.
- Il n'y a pas proportionnalité entre la variation du CTI et sa conversion en km de déplacement. Par exemple, si on arrive à 4.3km de déplacement vers le N par an en octobre 2015 par rapport à 2014 avec une tendance deux fois moindre pour le CTI est-ce à dire que le modèle spatial est complètement différent en octobre 2015 par rapport à 2014 ? Si oui il faut le dire et l'expliquer.

Nous avons le plus grand mal à comprendre ces variations, malgré les informations fournies (notamment en mai 2015 et octobre 2015). C'est peut-être parce qu'il y a plusieurs causes qui agissent en même temps et qui ne sont pas toutes mentionnées. Ces causes pourraient être :

- Le fait d'analyser les données par point ou par carré (cf. commentaire document Word Octobre 2015) ;
- Le fait de considérer tous les milieux ou non dans l'analyse au niveau point (cf. commentaire document Word Octobre 2015) ;

- Dans le cas des résultats par milieu, le fait de normaliser la tendance par un gradient spatial calé par milieu ou par un gradient spatial tous milieux confondus (le commentaire du document de mai 2015 nous fait douter de ce qui est vraiment fait) ;
- Le fait de présenter sur le graphe des données brutes non modélisées (peu probable, mais la manière dont est calculé l'intervalle de confiance et le titre de la figure en octobre 2015 nous font douter) ;
- Le fait de considérer les relevés en montagne ou pas ;
- Le fait d'analyser les tendances temporelles de manière séparées avant et après 2001 ou pas ;
- Une variabilité, entre millésimes, de la méthode de jointure entre 2000, 2001 et 2002 ?

Pour bien comprendre cela il faudrait en savoir plus sur les analyses, par exemple avoir les lignes de commandes ou scripts et / ou en renseignant le tableau suivant (et en donnant des informations au sujet des points précédents) :

Tableau 3 : Cadre proposé pour comprendre les variations observées dans les versions successives du CTI.

Source	Résultat	Nb de points	Nb de carrés	Analyse par : Carré / Point	Modèles séparés avant et après 2001 O/N	Montagne incluse O/N	Bâti inclus O/N	Gradient géographique (=spatial) par habitat O/N
Devictor et al. 2008	Graphe 1							
	Graphe 2							
	déplacement km/an							
ONB mai 2014	Graphe 1							
	Graphe 2							
	déplacement km/an							
ONB mai 2015	Graphe 1							
	Graphe 2							
	déplacement km/an							
ONB octobre 2015	Graphe 1							
	Graphe 2							
	déplacement km/an							

Il faudrait aussi que le texte accompagnant le visuel soit clair sur ces différents points. Il devrait également préciser la manière dont le prédicteur « année » est entré dans le modèle (quantitatif, qualitatif, linéaire, spline etc.), la corrélation temporelle, l'autocorrélation spatiale... et ainsi de suite (au moins dans une version annexe sur Internet pour qu'on puisse bien comprendre ce qui est fait si on le souhaite).

4 Autres remarques

4.1 Un indicateur tous milieux ou un indicateur par milieu ?

Sur la question de savoir s'il est judicieux de développer un indicateur tous milieux confondus (version automne 2015) ou un indicateur par milieu (indicateur sur le site Web, 2014), **nous penchons a priori pour l'indicateur par milieu** car :

- La dynamique du CTI semble être différente d'un milieu à l'autre (cf. versions du graphe 2 sur le Tableau 1, même si ce qui est représenté n'est pas le CTI mais la variation temporelle du CTI normalisée par la variation spatiale) ;
- On n'a aucune information à ce stade sur la dynamique du % de milieux dans le temps du STOC. Or, il n'est pas impossible que le % de chacun des différents milieux ait évolué notamment lors du changement de méthode en 2001 (passage à un échantillonnage aléatoire).

Par conséquent, on pourrait tout à fait observer une évolution temporelle du CTI au niveau carré qui reflète non pas l'évolution temporelle des communautés d'oiseaux dans chaque milieu mais l'évolution temporelle des proportions des milieux dans le STOC, et ce avec des évolutions dans le STOC qui ne représentent pas forcément l'évolution de la proportion réelle de ces milieux sur le territoire métropolitain. A tout le moins, si une version tous milieux est choisie, des chiffres sont à donner sur ce point. Cette hypothèse d'une évolution importante et non représentative des milieux, notamment lors du passage à la méthode aléatoire d'échantillonnage en 2001, pourrait expliquer le saut important entre 2000 et 2001 observé sur les données 2014 du CTI.

4.2 Données météo

Il faudrait préciser d'où elles viennent (dans le visuel et dans le texte), et si ce ne sont pas les données Météo France peut-être justifier ce choix.

4.3 Terminologie

Nous n'avons pas compris pour la partie purement climatique pourquoi uniquement les « anomalies » de température ont été prises en compte : qu'est-ce qu'une anomalie ? Est-ce juste la différence à la moyenne passée ou est-ce une donnée unitaire anormale ? Ou est-ce à dire que les données normales de température n'ont pas été prises en compte ? Si c'est juste une différence à la moyenne, est-ce nécessaire d'en parler ici pour le grand public (d'autant que pour le modèle temporel, la pente sera *a priori* la même avec ou sans centrage).

Attention, le document Word proposé en octobre 2015 fait référence à du longitudinal là où c'est du latitudinal.

4.4 Titre

Le titre est un peu gênant. Comme précisé au §5, les variations de l'indicateur ne peuvent pas être interprétées de manière univoque en terme de déplacement des espèces selon un axe Nord-Sud. L'expression « *lié au changement climatique* » suggère pratiquement une causalité qui n'est pas démontrée. Une formulation du type « *interprété en lien avec le changement climatique* » nous semble préférable. Des analyses intégrant davantage température et oiseaux permettraient d'être plus proche du « lié ».

4.5 Incertitudes

Dans la normalisation de la tendance temporelle par la tendance spatiale, tous les niveaux d'incertitude sont-ils pris en compte et notamment l'incertitude sur la valeur de la tendance spatiale (par exemple $0.45 \pm 0.07^\circ\text{C}/100 \text{ km}$ dans Devictor et al. 2008) ? Pas sûr et pourtant cela nous semble intéressant de prendre en compte l'ensemble des incertitudes disponibles.

4.6 Gradient spatial

De manière générale, les valeurs des tendances spatiales ne sont pas assez explicitées. On a juste les unités (°C/km) mais pas les valeurs. Cela aiderait le lecteur intéressé à mieux comprendre et suivre la mécanique de l'indicateur.

5 Choix de la métrique de l'indicateur

Cette métrique est basée sur un trait moyen qui peut être assez décorrélé des variations d'abondance absolue (Gosselin in press, 2012). Une augmentation de la température moyenne des communautés d'oiseaux comme indiquée par les préférences thermiques des oiseaux qui la composent n'indique pas nécessairement que « les espèces bougent vraiment vers le N ».

Ce type de métrique ne permet pas de dire certaines des interprétations qui sont données :

- « cet indice thermique traduit donc une recombinaison des communautés qui voient en leur sein les espèces thermophiles favorisées et les espèces nordiques décliner »
- « [...] nous obtenons une valeur en km/an, qui correspond à un équivalent de déplacement moyen des communautés d'oiseaux vers le Nord ».

Ces affirmations peuvent être fausses, suivant comment elles sont interprétées. Prenons un exemple caricatural : imaginons que les espèces septentrionales bougent vers le Sud de 10 km/an, et que les espèces méridionales bougent plus vite vers le Sud, de 20 km/an. Le résultat de cet indicateur sera que le CTI bougera vers le Nord (peut-être d'environ 10km/an) et on en déduira que « les communautés d'oiseaux se déplacent vers le Nord ». Est-ce vraiment ce qu'on souhaite de cet indicateur ? Sans doute pas.

<http://vigienature.mnhn.fr/page/indicateur-d-impact-du-rechauffement-climatique>

[L'autre indicateur d'impact du réchauffement climatique](#), aussi produit par le Muséum, ne prête pas le flanc à cette critique (Figure 2).

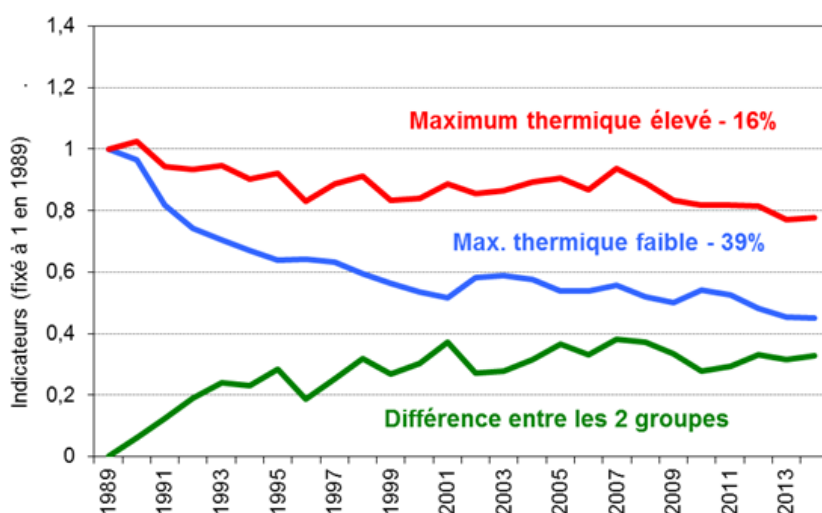


Figure 2 : Indicateur d'abondance des espèces selon leur maximum thermique. Source MNHN – CESCO.

On perd alors la comparaison avec les données de températures observées mais on gagne en lien avec les variations de biodiversité (et notamment les pressions sur ces variations). Cet autre indicateur pourrait être une alternative pertinente au CTI.

De manière générale, et à terme, pour l'ONB il serait nécessaire d'être encore plus précis avec des modèles statistiques paramétriques multi-espèces.

6 Références

Devictor, V., R. Julliard, D. Couvet, and F. Jiguet. 2008. Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275:2743–2748.

Devictor, V., C. van Swaay, T. Brereton, L. Brotons, D. Chamberlain, J. Heliölä, S. Herrando, R. Julliard, M. Kuussaari, Å. Lindström, J. Reif, D. B. Roy, O. Schweiger, J. Settele, C. Stefanescu, A. Van Strien, C. Van Turnhout, Z. Vermouzek, M. WallisDeVries, I. Wynhoff, and F. Jiguet. 2012. Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2:121–124.

Gosselin, F. in press. Putting floristic thermophilization in forests into a conservation biology perspective. *Annals of Forest science*.

Gosselin, F. 2012. Improving approaches to the analysis of functional and taxonomic biotic homogenization: beyond mean specialization. *Journal of Ecology* 100:1289–1295.

