

$$P'(t) = \frac{r}{k} P(t)(b - P(t))$$

$$V_{AE,B} = \beta \cdot dhp_{AE}^b H_{AE}^b + \hat{\epsilon}_{2,t}$$



Quantifier l'effet d'un changement du bilan hydrique sur la diversité des espèces à l'aide de l'indice de biochangement

Par Jean-Daniel Sylvain, M. Sc., Guillaume Drolet, ing. f., M. Sc., et Nelson Thiffault, ing. f., Ph. D.



Dans le contexte des changements à l'échelle planétaire, la cartographie et le suivi de la diversité des espèces permettent d'appuyer les décisions de gestion et de conservation des écosystèmes en déterminant les agents responsables du changement et en localisant les zones les plus à risque. Nous présentons un cas d'application de l'indice de biochangement (D_{BCI}) pour quantifier l'effet d'un changement du bilan hydrique sur la diversité des communautés biologiques.

Scénario de changement et modélisation des communautés

Nous avons simulé l'effet d'un changement du bilan hydrique d'un territoire sur la répartition spatiale de 20 espèces afin d'illustrer la capacité du D_{BCI} à capturer l'effet de gradients environnementaux sur la diversité. Pour ce faire, nous avons combiné deux gradients perpendiculaires dans le but de générer différents scénarios de changement du bilan hydrique (Figure 1a, 1c) et leurs effets sur les communautés :

- un premier gradient nord-sud déterminé par le bilan hydrique initial (à t_0) qui varie du plus sec au plus humide,
- et un second gradient ouest-est qui varie du plus humide au plus sec.

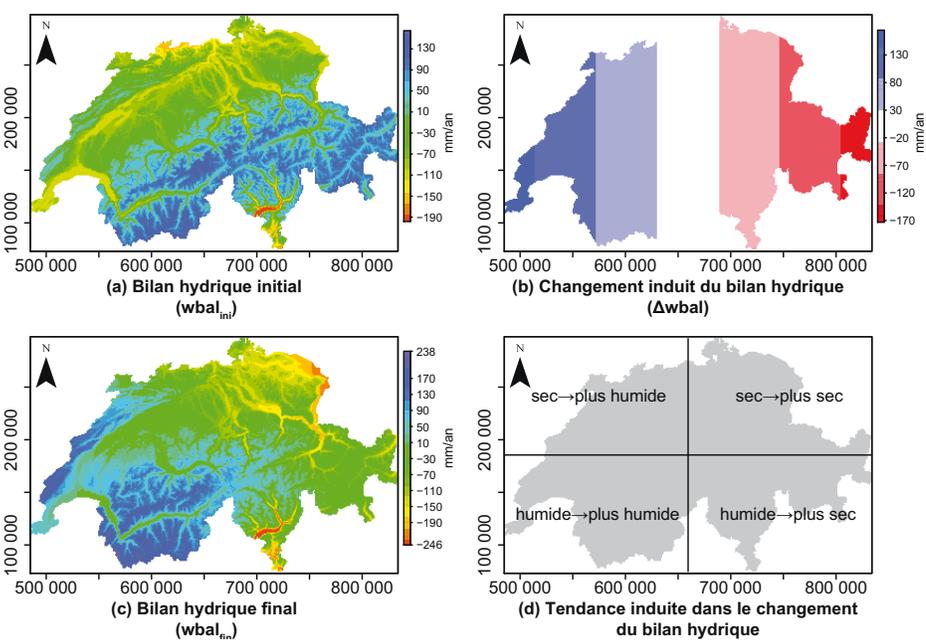


Figure 1. Scénarios de changement du bilan hydrique pour un territoire simulé. a) Bilan hydrique initial; b) Contraintes imposées sur le bilan hydrique initial; c) Bilan hydrique final et d) Distribution spatiale des régimes de changement résultant des contraintes imposées au bilan hydrique initial.

La superposition de ces deux gradients permet d'obtenir un bilan hydrique final (à t_1 ; figure 1c) qui se décompose en quatre régimes de changement qui amplifient (sec à plus sec, humide à plus humide) ou atténuent (sec à plus humide, humide à plus sec) les conditions du bilan hydrique initial (Figure 1d).

Nous avons ensuite déterminé la présence ou l'absence des 20 espèces simulées sur la base de leur tolérance hypothétique à supporter les conditions du bilan hydrique imposées. Les données de présence/absence obtenues avant et après la perturbation ont été utilisées pour calculer différents indices de dissimilarité couramment utilisés pour l'étude du changement.

Détecter l'amplitude et la directionnalité du changement

Une comparaison des patrons spatiaux obtenus avec les indices utilisés révèle les limites de ceux-ci (Figure 2). L'échelle de couleur représente les valeurs des indices sur une échelle allant de -1 (rouge) à +1 (bleu), le 0 représentant une ressemblance parfaite (gris). Les pixels blancs représentent les cas pour lesquels il est impossible de calculer certains indices (p. ex. le résultat d'une division par 0). Les indices non directionnels (Figures 2a et 2b) sont en mesure de détecter l'amplitude du changement, mais pas la directionnalité (les valeurs calculées sont strictement positives). De plus, l'amplitude mesurée est plus importante aux frontières de l'aire d'étude (pixels bleus foncés) et diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche de son centre (pixels gris).

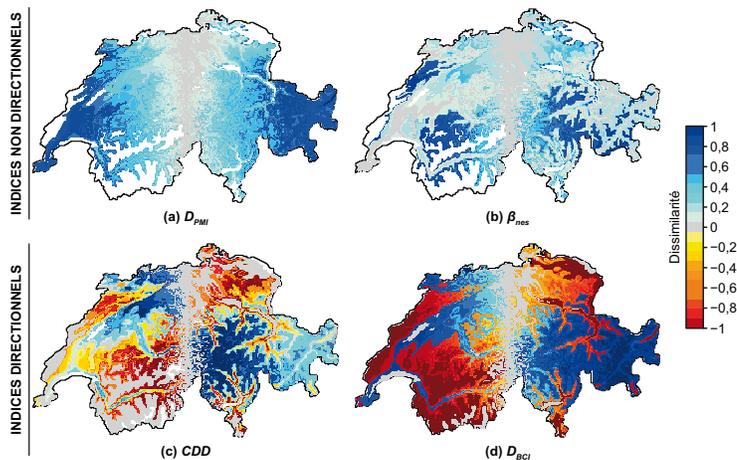


Figure 2. Comparaison de quatre indices de dissimilarité calculés à partir du scénario de changement du bilan hydrique : (a) Indice de correspondance positive (D_{PMI}); (b) Coefficient d'inclusion beta (β -nestedness, β_{nes}); (c) Coefficient de dispersion directionnelle (CDD); (d) Indice de biochangement (D_{BCI}).

À l'inverse, les indices directionnels (Figures 2c et 2d) discriminent les sites où la richesse spécifique augmente (valeur positive des indices) de ceux où elle diminue (valeur négative des indices). Les régions où la tendance du bilan hydrique s'est amplifiée (Figure 1d, humide à plus humide, sec à plus sec) présentent des pertes d'espèces, alors que les sites où la tendance du bilan hydrique s'est atténuée (Figure 1d, sec à plus humide, humide à plus sec) présentent des gains d'espèces. Les valeurs du CDD sont toutefois inadéquates aux frontières de l'aire d'étude puisqu'elles indiquent une parfaite similarité lorsque RSC est égale à 0 (voir l'avis de recherche 99 pour plus d'information).

Tableau 1. Coefficients de corrélation de Pearson (R) des différents indices de dissimilarité couramment utilisés pour étudier le changement, les conditions du bilan hydrique et les composantes de la richesse spécifique.

Indice de dissimilarité	Bilan hydrique			Composantes de la richesse spécifique	
	$wbal_{ini}$	$\Delta wbal$	$wbal_{fin}$	RSC	$\Delta RSNC$
D_{Jac}	0,28	0,07	0,29	- 0,81	0,16
D_{TSI}	0,30	-0,06	-0,20	- 0,69	-0,08
D_{PMI}	0,24	-0,04	0,16	- 0,67	-0,08
β_{nes}	0,36	-0,05	0,26	- 0,29	0,02
CDD	0,18	-0,20	-0,02	0,00	-0,72
D_{BCI}	- 0,12	-0,37	-0,22	0,22	-0,90

D_{Jac} : Indice Jaccard; D_{TSI} : Indice de similarité tripartite; D_{PMI} : Indice de correspondance positive; β_{nes} : Indice d'inclusion beta; CDD : Coefficient directionnel de dispersion; D_{BCI} : Indice de biochangement. $wbal_{ini}$: Bilan hydrique initial; $\Delta wbal$: Contraintes imposées sur le bilan hydrique; $wbal_{fin}$: Bilan hydrique final. RSC : richesse spécifique commune; $\Delta RSNC$: différence de richesse spécifique (SRA – SRB).

Capacité des indices à quantifier l'effet d'une perturbation sur les communautés

Pour quantifier l'effet des gradients environnementaux sur la composition et la richesse spécifiques des communautés simulées, nous avons étudié les corrélations entre les valeurs des indices calculés, les conditions du bilan hydrique et les composantes de la richesse spécifique (Tableau 1). Ces analyses de corrélation démontrent que les indices non directionnels sont surtout sensibles aux conditions initiales ($wbal_{ini}$) et finales ($wbal_{fin}$) du bilan hydrique. Ils sont peu sensibles à la variation des conditions du bilan hydrique imposées ($\Delta wbal$) par rapport aux indices non directionnels, puisqu'ils ne considèrent pas la différence de richesse spécifique ($\Delta RSNC$) dans leur formulation. Le D_{BCI} présente la plus forte sensibilité à $\Delta wbal$ ($R = -0,37$). Le D_{BCI} présente aussi, mais dans une moindre mesure, une sensibilité à $wbal_{fin}$ alors que le CDD, un autre indice directionnel, y est peu sensible. Cela s'explique par le fait que le CDD ne considère pas le changement de composition spécifique (RSC).

Conclusions

Le D_{BCI} caractérise simultanément l'amplitude et la direction des changements dans les communautés par rapport à un état de référence donné. L'analyse des patrons spatiaux du D_{BCI} permet aussi de déterminer et de quantifier l'effet des gradients environnementaux sur les communautés. Les propriétés mathématiques du D_{BCI} constituent des atouts intéressants par rapport aux indices courants, plus particulièrement pour l'étude de l'effet des changements planétaires sur les communautés biologiques. Le D_{BCI} peut être utilisé pour mesurer les variations intra-placettes de la composition et de la richesse des espèces à partir de données de présence/absence récoltées le long d'un gradient temporel. Le développement du D_{BCI} fournit aussi un cadre théorique permettant de mesurer les variations inter-placettes de la composition et de la richesse des espèces le long des gradients spatiaux, pour des communautés issues d'une même perturbation d'origine (p. ex., avant et après un feu) ou associées à un traitement particulier (p. ex. un essai de fertilisation). Des travaux en cours visent à intégrer les données d'abondance des espèces dans la formulation du D_{BCI} .

Note : Les résultats de ce projet sont présentés dans les avis de recherche n° 98 à n° 100.

Pour en savoir plus

Sylvain, J.-D., G. Drolet, N. Thiffault, J. Beguin et F. Hébert, 2017. A conditional probability index to quantify the amplitude and the direction of spatiotemporal changes in communities. *Ecosphere* 8 (4): 1-17.

Les liens Internet de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994
Télocopieur : 418 643-2165

Courriel : recherche.forestiery@mffp.gouv.qc.ca
Internet : www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

ISSN : 1715-0795

Forêts, Faune
et Parcs

Québec