



Le modèle DigiBog qu'est-ce que c'est ? De quelles données a-t-il besoin ?

Auteurs : Andy Baird, Paul Morris et Dylan Young.

Date : le 7 mai 2020

Résumé des données nécessaires pour les travaux en modélisation par DigiBog au sein de CongoPeat

Initialisation et fonctionnement du modèle DigiBog

- Un modèle numérique d'élévation de la surface terrestre pré-tourbière (**Work Package 1b**).
- Quand, dans le passé, faut-il commencer la simulation - fournie par des dates basales ^{14}C calibrées des tourbières qu'on simule (**WP1a**).
- La pluviométrie nette (la différence entre la pluviométrie et l'évapotranspiration) et la température de l'air pour la période représentée par une exécution du modèle
- Les taux de production de litière en surface de chacun des principaux types fonctionnels de végétation (« Plant Functional Type » en anglais, PFT) (disponible dans le cadre du travail sur les parcelles GEM - **WP2c**).
- Les taux de production de litière souterraine (production racinaire) pour les PFT (disponible suite aux travaux à l'aide de la carotte de recolonisation et du mini-rhizotron - **WP2c**).
- La décomposition de la litière et de la tourbe. Les données sur la décomposition et ses contrôles seront obtenus à partir des mesures de processus, c'est-à-dire des expériences en laboratoire et des observations sur le terrain (**WP2b/2c**).
- La conductivité hydraulique de la tourbe (K) pour les différents types de tourbières/tourbe qui se retrouvent au Congo. Ces informations sont fournies par les mesures du piézomètre et de l'infiltromètre de tension à mini-disque (**WP2b/2c**).

Tester les prévisions du modèle

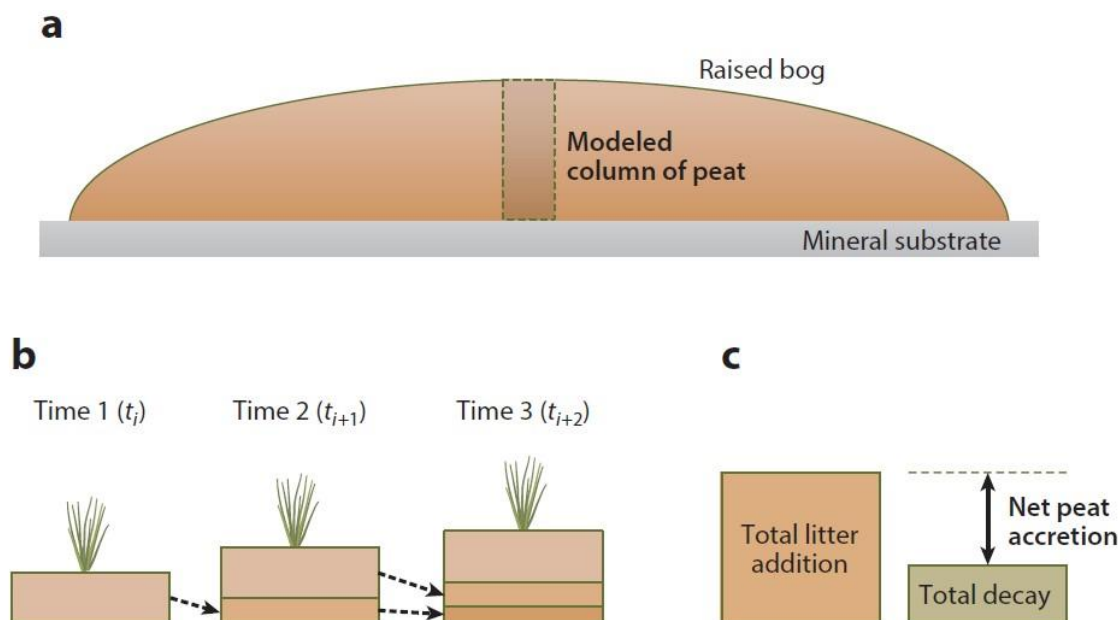
- La profondeur et l'élévation des tourbières obtenues dans le cadre du travail sur les transects (le carottage et le sondage permettant de mesurer la profondeur de la tourbe) et les enquêtes LIDAR et d'autres séries de données d'observation de la terre (OT) (**WP1a/1b**).
- Les données paléoclimatiques sur les couches inférieures des carottes (**WP1a**) : (1) le degré de décomposition ; divers indicateurs, dont l'indice de von Post, l'humification et les

biomarqueurs ; (2) restes de macrofossiles végétaux ; (3) reconstitutions de la nappe phréatique à l'aide de restes de thécamobiens (d'autres méthodes de reconstitution de la nappe phréatique pourraient bien être disponibles) ; et (4) courbes âge-profondeur.

Une description plus détaillée des besoins se trouve ci-dessous.

Que fait le modèle ?

Le modèle DigiBog simule le développement d'une tourbière sur des échelles de temps millénaires ; essentiellement, il permet la croissance d'une tourbière virtuelle. L'un des divers types de surface préexistants est le point de départ des simulations (par exemple, un sol minéral nu, un lac rempli) auquel s'ajoute une nouvelle couche de litière végétale chaque année (c'est-à-dire que la croissance de la tourbière s'effectue à partir de la surface préexistante). Au cours du développement de la tourbière, la litière/la tourbe se décompose. La tourbière continue sa croissance en masse et en hauteur si l'ajout annuel de nouvelle litière dépasse la décomposition annuelle de litière et de tourbe existantes. La figure ci-dessous, tirée de Page et Baird (2016), décrit de façon sommaire l'essentiel de ce que fait le modèle.



La structure de base du modèle DigiBog (d'après Page et Baird, 2016). En général, DigiBog simule le développement d'une tourbière en utilisant de multiples colonnes de tourbe contiguës. Pour simplifier, la figure montre comment une seule colonne de tourbe (a) s'accumule au fil du temps. L'ajout des cohortes de nouvelle litière/tourbe se fait à chaque pas de temps annuel du modèle (b). Au pas de temps 1, la tourbière se constitue d'une seule cohorte de litière/tourbe. Au pas de temps 2, une nouvelle cohorte est ajoutée à la première, qui a subi une certaine décomposition et une diminution d'épaisseur. Au pas de temps 3, une autre cohorte est ajoutée, pendant que la première et la deuxième cohorte subissent une décomposition supplémentaire. Le point (c) montre la quantité totale de litière ajoutée, ainsi que la quantité de litière qui a été perdue pour cause de décomposition. La différence entre les deux, comme le montre la double flèche, représente l'augmentation de l'épaisseur globale de la tourbière. Bien qu'elle ne soit pas illustrée ici, la production de litière

souterraine (production racinaire) se fait dans de nombreuses tourbières et peut être représentée dans les futures versions du modèle.

Le modèle DigiBog contient également un sous-modèle hydrologique qui simule la dynamique de la nappe phréatique à travers une tourbière en fonction des ajouts de pluviométrie, des pertes d'évapotranspiration et des écoulements de subsurface à travers la tourbe jusqu'aux bords de la tourbière. Le niveau de la nappe phréatique, où que ce soit dans la tourbière, a un effet tant sur les taux de production de litière que sur les taux de décomposition, la décomposition étant la plus élevée dans la partie située au-dessus de la nappe phréatique.

Le modèle peut simuler la dégradation des tourbières (la perte nette de tourbe) ainsi que la croissance des tourbières (l'accumulation de tourbe). Par exemple, pendant une période de sécheresse pluridécennale, les nappes phréatiques des tourbières vont baisser (s'approfondir) et la décomposition va augmenter. Si la décomposition dépasse par la suite la production de litière, une diminution de masse de la tourbière se produira et la tourbière connaîtra une subsidence. Les effets de la gestion, dus par exemple au creusage des fossés de drainage pour les palmiers à huile, peuvent également être simulés dans le modèle. Pour les tourbières du nord, il a été démontré que les fossés du modèle entraînent des pertes importantes de masse de tourbe et de carbone (Young *et al.*, 2017).

De quelles données le modèle DigiBog a-t-il besoin ?

Alimenter le modèle

L'initialisation d'une simulation du modèle nécessite un modèle numérique d'élévation de la surface terrestre « pré-tourbière » (**WP1b**). Nous devons également savoir quand, dans le passé, il faut commencer une simulation. Ces informations peuvent être fournies par des dates basales ^{14C} calibrées de la tourbière qu'on simule (**WP1a**). Finalement, le modèle nécessite des entrées de pluviométrie nette (la différence entre la pluviométrie et l'évapotranspiration) et de température de l'air, généralement sous forme de totaux/moyennes mensuels sur toute la période représentée par une exécution du modèle (des millénaires dans les cas typiques). Pour alimenter le modèle DigiBog tout au long de l'Holocène, nous utiliserons des simulations paléoclimatiques provenant d'un modèle du système terre. Paul fournira les données climatiques holocènes nécessaires, sélectionnées parmi plusieurs modèles du système terre, dont HadCM3 et TraCE-21ka.

Décrire les processus au sein du modèle

Le modèle étant actuellement mis en place pour simuler les tourbières tempérées du nord, on devra l'adapter aux spécificités du contexte tropical, plus particulièrement celui du Congo.

-•Production de litière

La production de litière dans le modèle est actuellement décrite par un maximum de quatre types fonctionnels de végétation (PFT). Leur taux de production de litière varie en fonction de la profondeur de la nappe phréatique et de la température de la tourbe. Nous supposons dans le modèle que la température de la tourbe est équivalente à la température de l'air. Pour l'initialisation du modèle de simulation du Congo, nous devons savoir :

(i) Les taux de production de litière en surface de chacun des principaux PFT Nous supposons qu'il nous faudra au moins deux PFT - feuillu et palmier - mais les équipes de terrain nous guideront sur

ce qu'il faut inclure. Nous aimerions également savoir comment la production de litière varie en fonction du niveau de la nappe phréatique et de la température. Des informations sur la production de litière en surface sont disponibles dans le cadre du travail sur les parcelles GEM (**WP2c**). ii) Les taux de production de litière souterraine (production racinaire) pour les différents PFT. Ces informations sont disponibles suite aux travaux à l'aide de la carotte de recolonisation et les travaux de Maîtrise réalisés par Matteo avec le mini-rhizotron (**WP2c**).

-•La décomposition de la litière et de la tourbe

Des fonctions exponentielles (modèles de taux de décomposition proportionnelle) permettent de décrire la décomposition de la litière et de la tourbe au sein du modèle. Les taux de décomposition peuvent être modifiés en fonction du type de litière, de la température et de l'oxydoréduction. Dans le modèle, le type de litière est actuellement lié au PFT mais le modèle sera adapté pour inclure différentes parties de la plante :

par exemple, les feuilles, les matières ligneuses en surface, les racines. En ce qui concerne l'oxydoréduction, on suppose actuellement dans le modèle que les conditions au-dessus de la nappe phréatique sont oxiques, tandis qu'en dessous de la nappe phréatique, elles sont anoxiques ; le modèle pourrait toutefois être modifié pour tenir compte de la perte d'oxygène des racines en dessous de la nappe phréatique. Le modèle peut également décrire l'accroissement de récalcitrance de la litière/la tourbe à mesure qu'elle se décompose. Nous prévoyons d'obtenir des données sur les contrôles des taux de décomposition grâce au travail de ceux qui effectuent les mesures de processus, c'est-à-dire les expériences en laboratoire (par exemple, portant sur l'effet de la température sur les taux de décomposition) et les observations sur le terrain (par exemple, étude des sacs de litière, mesures de la respiration du sol et des racines, mesures du flux de CH₄) (**WP2b/2c**).

-•L'écoulement de l'eau : la perméabilité de la tourbe

Dans son sous-modèle de la nappe phréatique, DigiBog simule l'écoulement de l'eau à travers la tourbe. Le taux d'écoulement de subsurface dépend en partie de la perméabilité de la tourbe ou (plus précisément) de sa conductivité hydraulique (K). Le modèle simule actuellement K en fonction du degré de décomposition : plus une cohorte de tourbe est décomposée, plus sa conductivité hydraulique K est faible. Il existe de bonnes preuves que la conductivité hydraulique K des tourbes tropicales est très différente de celle des tourbières du nord, mais il y a également des raisons fondées de croire que les tourbes du Congo sont quelque peu différentes de celles que l'on trouve ailleurs en zone tropicale. C'est pour cette raison que nous avons besoin de mesures K des différents types de tourbières qui se retrouvent au Congo, et aussi de la façon dont K varie en fonction du degré de décomposition de la tourbe. Ces informations sont fournies par les mesures du piézomètre et de l'infiltromètre de tension à mini-disque (**WP2b/2c**). Nous disposons déjà d'une bonne série de données provenant des mesures de l'infiltromètre qui peut être utilisé pour l'actualisation du modèle et dont la quantité est suffisamment grande et détaillée pour aboutir à un article (qui sera dirigé par Nick et Greta). Il serait toutefois utile d'obtenir des données supplémentaires dans la partie inférieure du profil à l'aide de piézomètres.

Tester les prévisions de DigiBog

Il est possible de « carotter » la tourbière virtuelle simulée par DigiBog, et faire la comparaison entre les carottes virtuelles et les carottes réelles pour tester la précision du modèle. La prévision globale de l'épaisseur de la tourbe par le modèle est peut-être le test le plus élémentaire de sa précision : simule-t-il la bonne quantité de tourbe et la bonne forme de tourbière ? Les informations sur la

profondeur et l'élévation des tourbières seront obtenues dans le cadre du travail sur les transects (le carottage et le sondage permettant de mesurer la profondeur de la tourbe), les enquêtes LIDAR et d'autres séries de données d'observation de la terre (OT) (**WP1a/1b**).

Chaque carotte virtuelle dans le modèle DigiBog se constitue d'informations sur les couches inférieures des carottes :

- (i) le degré de décomposition de la tourbe ;
- (ii) la composition de la tourbe en termes de PFT végétal et de parties de la plante (feuilles, matière ligneuse, racines) ;
- (iii) profondeur de la nappe phréatique sous la surface de la tourbière au moment où la tourbe d'une partie quelconque de la carotte s'est formée initialement.

Les sorties du modèle correspondent aux mesures effectuées par l'équipe paléoenvironnementale (**WP1a**). Le degré de décomposition dans le modèle est exprimé en proportion de la masse originale qui reste. Ceci est la quantité de matière organique qui reste d'une masse originale de litière nouvelle, exprimée en fraction (c'est-à-dire la masse qui reste / masse originale). À notre connaissance, il n'existe aucune mesure qui reproduit directement cette sortie. Toutefois, divers indicateurs pourraient être utilisés, notamment l'indice de von Post, l'humification (par exemple, Chambers *et al.*, 2011) et les biomarqueurs (par exemple, Dehmer, 1993 et Routh *et al.*, 2014).

Les restes végétaux virtuels correspondent directement aux restes de macrofossiles végétaux présents dans les carottes réelles, de la même façon les informations virtuelles sur les profondeurs de la nappe phréatique peuvent être comparées aux reconstitutions de la nappe phréatique à l'aide de restes de thécamobiens provenant des carottes réelles (d'autres méthodes de reconstitution de la nappe phréatique pourraient bien être disponibles, comme l'a indiqué Arnoud lors d'une précédente réunion de CongoPeat, par exemple par l'analyse de la composition en deutérium des cires foliaires). Finalement, la carotte virtuelle possède également sa propre courbe âge-profondeur qui peut être comparée à la courbe âge-profondeur des carottes réelles ; ainsi, les variations des taux apparents d'accumulation de carbone (« apparent rates of carbon accumulation » en anglais, ARCA) au fil du temps peuvent être comparées entre les carottes virtuelles et réelles.

Sources bibliographiques

Chambers, F.M., Beilman, D.W. & Yu, Z. 2011. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*, 7, Article. 7.

Dehmer, J. 1993. Petrology and organic geochemistry of peat samples from a raised bog in Kalimantan (Borneo). *Organic Geochemistry*, 20, 349–362.

Page, S.E., and Baird, A.J. 2016 Peatlands and global change: response and resilience. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 35–57.

Routh, J., Hugelius, G., Kuhry, P., Filley, T., Tillman, P.K., Becher, M., and Crill, P. 2014. Multi-proxy study of soil organic matter dynamics in permafrost peat deposits reveal vulnerability to climate change in the European Russian Arctic. *Chemical Geology*, 368, 104–117.

Young, D.M., Baird, A.J., Morris, P.J., and Holden, J. 2017. Simulating the long-term impacts of drainage and restoration on the ecohydrology of peatlands. *Water Resources Research*, 53, 6510–6522.