

UTILISER L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE EN SOUTIEN AUX  
DÉCISIONS EN MATIÈRE DE GARANTIE ET DE BÉNÉFICES  
MULTIPLES DE LA REDD+



**TUTORIEL PAS A PAS : VERSION 1.0**  
**EVALUER L'IMPORTANCE DES FORETS POUR**  
**L'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET LA LIMITATION**  
**DE L'EROSION DU SOL,**  
**UNE METHODE DE MODELISATION UTILISANT**  
**WATERWORLD.**

**UN-REDD**  
PROGRAMME



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations



Empowered lives.  
Resilient nations.

Le Programme UN-REDD est une initiative des Nations Unies relative à la Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) dans les pays en développement. Le Programme a été lancé en septembre 2008 pour aider ces pays en développement à préparer et mettre en place les stratégies nationales REDD+. Ce programme s'appuie sur le pouvoir de mobilisation et sur l'expertise de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), du Programme des Nations Unies pour le Développement (UNDP) et des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP).

Le Centre Mondial de Surveillance de la Conservation des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP-WCMC) est le centre spécialiste de l'évaluation de la biodiversité des Nations Unies pour l'Environnement, principale organisation intergouvernementale mondiale en termes d'environnement. Le Centre est opérationnel depuis plus de 35 ans et combine recherches scientifiques et conseils pratiques en matière de politique à adopter.

**Rédigé par Arnout van Soesbergen et Xavier de Lamo**

**Copyright :** 2016 Programme des Nations Unies pour l'Environnement

**Autorisation de droits d'auteur :** A condition que la source soit mentionnée, cette publication peut être reproduite à des fins éducatives ou non-lucratives sans permission spécifique. La réutilisation de toute figure est sujette à permission des détenteurs originaux des droits d'auteur. Cette publication ne peut pas faire l'objet d'une revente ou de toute autre opération commerciale sans permission écrite des Nations Unies pour l'Environnement. Les demandes de permission, énonçant l'objectif et l'étendue de la reproduction, doivent être envoyées au Directeur à l'adresse suivante : UNEP-WCMC, 219 Huntingdon Road, Cambridge, CB3 0DL, UK.

**Clause de non-responsabilité :** Le contenu de ce rapport ne reflète pas nécessairement les opinions ou politiques des Nations Unies pour l'Environnement, des organisations et des rédacteurs contributifs. Les désignations employées et les présentations des données dans ce rapport n'impliquent l'expression d'aucune opinion quelle qu'elle soit de la part des Nations Unies pour l'Environnement ou d'organisations, des rédacteurs ou éditeurs contributifs concernant : le statut juridique de tous pays, territoires, zones citadines ou de leurs autorités ou encore la délimitation de leurs frontières, ou limites, ou même de la désignation de leurs noms, frontières ou délimitations. La mention d'entité ou produit commercial dans cette publication n'implique aucun soutien de la part des Nations Unies pour l'Environnement.

Tout commentaire concernant d'éventuelles erreurs ou problématiques est bienvenu. Tout lecteur qui souhaiterait faire un commentaire sur ce document est encouragé à le faire via le lien suivant : [ccb@unep-wcmc.org](mailto:ccb@unep-wcmc.org).

**Citation :** van Soesbergen, A., Mant, R. et de Lamo, X. (2016) *Using modelling to help integrate biodiversity and ecosystem services into REDD+ decision making. Tutoriel pas à pas version 1.0 : Évaluation de l'importance des forêts pour l'approvisionnement en eau et la limitation de l'érosion du sol, une méthode de modélisation utilisant WaterWorld*. Établi au nom du Programme UN-REDD. Centre Mondial de Surveillance de la Conservation de l'UNEP, Cambridge, UK.

**Remerciements :** Ces documents de formation ont été établis à partir de matériels développés pour des sessions de travail dans différents pays ; ils visent la production de cartes, utilisant des logiciels SIG, qui apporteront l'information nécessaire pour la planification du REDD+ et les politiques de sauvegarde.

## Contenus

<b>1.</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Lancer une simulation pour le niveau de référence</b> .....	<b>4</b>
3.1.	Pour commencer.....	4
3.2.	Paramétrer, exécuter et voir les résultats du niveau de référence .....	5
3.2.1.	Étape 1 : Définir une simulation. ....	5
3.2.2.	Étape 2 : Préparer les données .....	6
3.2.3.	Étape 3 : Commencer la simulation .....	8
3.2.4.	Étape 5 : résultats : cartes.....	9
3.2.4.1.	Résultats de bilan hydrique basé sur les pixels .....	11
3.2.4.2.	Résultats de bilan hydrique agrégé .....	12
3.2.5.	Autres contributions .....	13
<b>4.</b>	<b>Lancer une simulation avec un scénario</b> .....	<b>15</b>
4.1.	Paramétrer, exécuter et voir les résultats du scénario.....	15
4.1.1.	Étape 4 : exercices politiques -paramétrer un scénario .....	15
4.1.2.	Étape 4 : exercices politiques - exécuter le scénario .....	19
4.1.3.	Étape 4 : exercices politiques : examiner les résultats .....	20
4.1.3.1.	Changement dans la balance hydrique .....	21
4.1.3.2.	Changement dans l'écoulement.....	23
4.1.3.3.	Changement relatif à l'érosion du sol.....	24
<b>5.</b>	<b>Résultats supplémentaires et gestion des simulations</b> .....	<b>26</b>
5.1.	Résultats supplémentaires.....	26
5.1.1.	Étape 6 : Résultats : stats .....	26
5.1.2.	Étape 7 : Résultats : explicatif .....	27
5.2.	Gestion des simulations.....	28
5.3.	Documentation sur le système et le modèle .....	29
<b>Annexe I : Utiliser WaterWorld avec vos propres données de couverture du sol</b> .....		<b>30</b>
<b>Annexe II : Scénario : reboiser les aires non forestières</b> .....		<b>38</b>

## 1. Introduction

REDD+ est une approche volontaire de réduction du changement climatique qui a été développée par les Parties du CCNUCC. Elle vise à inciter les pays en voie de développement à réduire leurs émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts, à conserver les réserves de carbone, à gérer durablement les forêts et à augmenter les réserves de carbone des forêts. Ceci implique des changements dans l'utilisation et la gestion des forêts et pourrait nécessiter diverses et multiples actions comme la protection des forêts contre le feu ou l'abattage illégal ou encore la réhabilitation des zones de forêts dégradées.

La REDD+, au-delà de la question du carbone, peut apporter de nombreux avantages. Par exemple, elle peut promouvoir la conservation de la biodiversité et sécuriser les services écosystémiques forestiers tels que la régulation hydrique, le contrôle de l'érosion et les produits forestiers non-ligneux. Quelques-uns des bénéfices potentiels de la REDD+, tels que la conservation de la biodiversité, peuvent être améliorés grâce à l'identification de zones au sein desquelles les actions auraient le meilleur impact ; l'analyse spatiale peut être utilisée pour identifier de telles zones.

Le but de cette série de tutoriels est de guider, lors des sessions de travail technique, les participants déjà compétents en SIG dans la réalisation d'analyses qui sont liées à REDD+. Les tutoriels ont été utilisés dans de nombreux pays pour renforcer les capacités à produire des ensembles de données et de cartes pertinentes avec leur planification spatiale pour REDD+ et pour développer d'autres types de cartes similaires. Les cartes obtenues en utilisant ces approches apparaissent dans de nombreuses publications qui visent à soutenir la planification d'options stratégiques améliorant les services concernant la biodiversité et les services écosystémiques ainsi qu'à réduire le changement climatique (voir <http://bit.ly/mbs-redd> pour les ressources du pays concerné). Bien entendu, les pays ne sont pas obligés d'utiliser les approches décrites dans ces tutoriels.

Dans les pays où la conservation de la biodiversité est un objectif du REDD+ et pour être cohérent avec les garanties de Cancún pour le REDD+ sur la protection de la biodiversité, il est utile d'identifier les zones où les actions spécifiques du REDD+ sont réalisables et permettent de protéger les espèces menacées. Il peut aussi être utile d'identifier les zones en dehors de la forêt où les espèces menacées pourraient être vulnérables au déplacement des pressions relatives à l'utilisation des terres ou à la reforestation.

Pour de nombreux pays, maintenir ou améliorer l'approvisionnement en eau douce et/ou le contrôle de l'érosion du sol sont des actions prioritaires de leur REDD+. Les cartes qui quantifient ces services en fonction de l'absence ou de la présence de forêt peuvent aider à la planification du REDD+.

Ce tutoriel présente une méthodologie de modélisation utilisant le modèle WaterWorld disponible gratuitement <sup>1</sup> en ligne et son système de soutien aux politiques ([www.policysupport.org/waterworld](http://www.policysupport.org/waterworld)) : il permet d'évaluer l'importance des forêts dans l'approvisionnement en eau et dans la limitation de l'érosion des sols due à l'eau. Par exemple, les forêts peuvent stabiliser les sols sur les pentes raides dans les zones exposées à une pluviométrie importante, améliorant ainsi l'utilisation de l'eau à l'aval telle que la consommation humaine, la

---

<sup>1</sup> Destiné à un usage non-commercial seulement.

production d'énergie hydroélectrique ou la navigation. La modélisation et l'analyse présentées dans ce tutoriel peuvent être utiles pour répondre aux questions telles que :

- Dans quelles zones le déboisement risque-t-il d'entraîner l'augmentation de l'érosion et de la sédimentation qui s'en suit ?
- Où se situent les zones dans lesquelles la restauration et la conservation des forêts pourraient jouer un rôle important dans la conservation du sol / la réduction de la sédimentation ?
- Quel est le rôle des forêts dans l'équilibre hydrique local et quels sont les endroits où le déboisement risque d'avoir un impact important sur cet équilibre ?

WaterWorld (Mulligan, 2013<sup>2</sup>) est un modèle spatial hydrologique basé sur une série de traitements ; il est mondialement applicable, distribué dans son intégralité et peut être utilisé pour comprendre le niveau de référence relatif à l'hydrologie et aux ressources en eau ainsi que les impacts potentiels relatifs à l'utilisation des terres, à la gestion des sols et au changement climatique. Il intègre des jeux de données spatiales de télédétection détaillés et disponibles partout dans le monde qui permettent au modèle d'être exécuté n'importe où à des résolutions de 1-ha (dalles de 1 degré) sans que les utilisateurs aient besoin de fournir de données. Cependant, vous pouvez également appliquer le modèle avec vos propres données si vous vous êtes procuré une licence d'utilisateur avancée (voir Annexe 1). Le système comprend également des modèles spatiaux pour les traitements biophysiques et socioéconomiques ainsi que des scénarios concernant le changement climatique, économique et les changements de l'utilisation des terres. Tous les sortants peuvent être visualisés et analysés sur l'interface en ligne ou téléchargés dans une large gamme de formats SIG.

Il existe de nombreuses limites qu'il faut prendre en compte lors de l'utilisation de ce logiciel :

- Il génère des estimations hydrologiques par pixel, notamment pour l'érosion, et les caractéristiques plus détaillées que l'échelle locale ont un impact significatif ;
- Il utilise des données et hypothèses mondiales qui ne sont pas calibrées à l'échelle locale ;
- Si votre bassin versant touche deux dalles, vous devez les exécuter séparément et assembler les résultats en utilisant un logiciel SIG ;
- Le traitement est exécuté sur les serveurs de WaterWorld, donc seul un nombre limité de simulations peuvent être stockées. (Les résultats peuvent être téléchargés et les simulations sont effacées pour vous permettre d'en lancer de nouvelles).

Dans le contexte du REDD+, l'analyse WaterWorld était utilisée en 2016 dans un rapport d'évaluation sur l'Éthiopie, où il a été utilisé pour vérifier le contrôle de l'érosion du sol des forêts sur les terres agricoles. Ceci a permis d'estimer leur valeur économique en tenant compte du contrôle de l'érosion du sol. Il a également été utilisé lors de sessions de travail pour développer, à l'échelle du pays, les capacités à utiliser les outils spatiaux d'aide à la décision (DST) qui donnent des informations sur la planification REDD+. En Mongolie, ceci a été réalisé à l'échelle provinciale, où, lors d'ateliers de consultation, l'importance des forêts pour l'approvisionnement en eau et la limitation de l'érosion du sol due à l'eau a été reconnue comme faisant partie des services les plus précieux rendus par les forêts.

---

<sup>2</sup> Mulligan, M. (2013) WaterWorld: a self-parameterising, physically-based model for application in data-poor but problem-rich environments globally *Hydrology Research* 44 (5) 748–769.  
Doi:10.2166/nh.2012.217

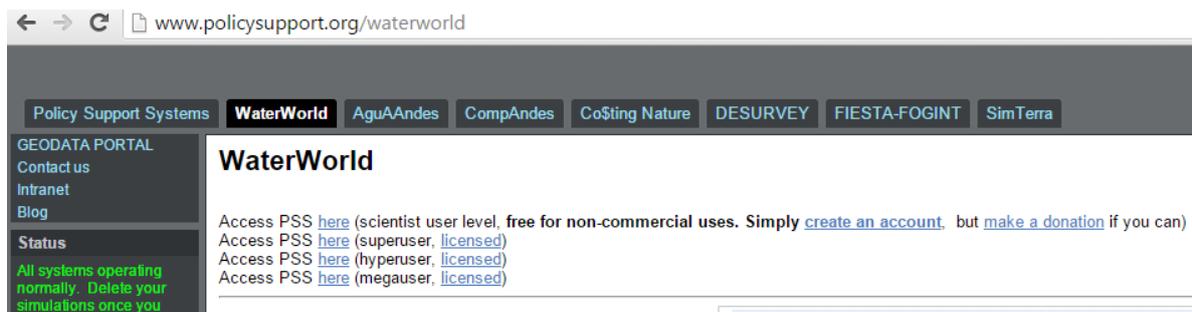
- UNEP (2016) The contribution of forests to national income in Ethiopia and linkages with REDD+. United Nations Environment Programme: Nairobi.
- Narangerel, Z., Nandin-Erdene, G., de Lamo, X., Simonson, W., Guth, M. and Hicks, C. (2016) Using spatial analysis to explore potential for multiple benefits from REDD+ in Mongolia. Joint report of the Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (IRIMHE), UNEP World Conservation Monitoring Centre and Mongolia National UN-REDD Programme, Ulaanbaatar.

## 2. Lancer une simulation pour le niveau de référence

### 2.1. Pour commencer

Ce tutoriel utilisera la version gratuite non commerciale du modèle WaterWorld. Il donne accès au système de base avec le modèle et les modules sophistiqués complets avec, toutefois, un stockage limité de simulations et des fonctionnalités d'analyse de carte et des options de scénarios/ politique limitées. Pour chaque étape de ce tutoriel, des vidéos avec instructions orales sont disponibles ; elles peuvent être utilisées en parallèle ou comme une synthèse de l'utilisation du modèle. Ces vidéos sont disponibles ici : <http://www.policysupport.org/self-paced-training/function-by-function-english> (Anglais), <http://www.policysupport.org/self-paced-training/waterworld-spanish> (Espagnol).

Pour accéder au modèle WaterWorld, rendez-vous sur [www.policysupport.org/waterworld](http://www.policysupport.org/waterworld). Cliquez sur « Access PSS here » (scientist user level - niveau d'utilisation scientifique) si vous avez déjà un compte sur policysupport.org. Si vous n'avez pas encore de compte, cliquez sur Create an account. Le PSS est conçu pour fonctionner avec les navigateurs internet **Google Chrome** ou **Firefox**. Utiliser le système avec Internet Explorer pourrait entraîner des dysfonctionnements et ceci n'est donc pas recommandé.



- a. Une fois que vous avez créé un compte et cliqué sur le bon lien correspondant à une utilisation scientifique, vous verrez l'écran de connexion ci-dessous. Indiquez les détails vous concernant (**login name and password (nom de connexion et mot de passe)**), laissez la case « I am a... » sur la valeur par défaut **Scientist** et cliquez sur **Login**.



Si vous êtes sur une session de formation, votre formateur peut avoir accès aux serveurs de formation et à un compte utilisateur pour le temps de la formation. Dans ce cas, accédez au modèle via le lien internet suivant : <http://www.policysupport.org/waterworld/training> et suivez les instructions de votre instructeur.

## 2.2. Paramétrer, exécuter et voir les résultats du niveau de référence

### 2.2.1. Étape 1 : Définir une simulation.

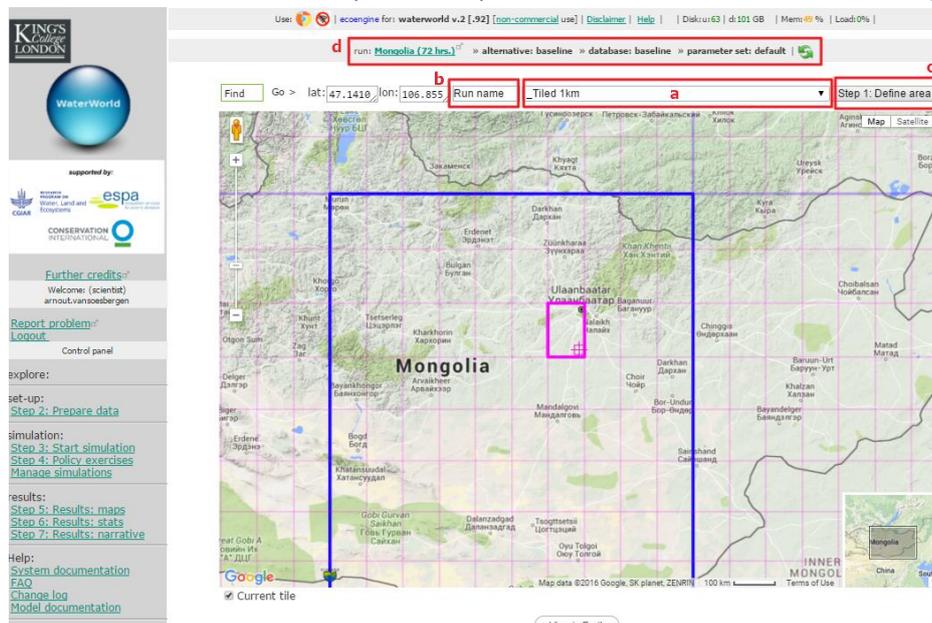
- a. Une fois connecté, vous verrez l'écran ci-dessous avec une carte dans le centre de la page. Pour configurer une simulation pour l'aire d'intérêt, vous pouvez :
- Utiliser le **menu déroulant (a)** pour sélectionner un bassin ou un pays,
 

**OU**
  - **Écrire** le nom d'un **lieu d'intérêt** dans la boîte de dialogue **Find (trouver)** et cliquez sur « go ».

**OU**

  - Si votre pays ou bassin n'est pas disponible, vous pouvez **déplacer la carte** avec votre souris et **sélectionner une zone** indiquée par la dalles bleue 10-degrés (~1000 x 1000 km) ou la dalle violette 1-degré (~100 x 100 km). La dalle en surbrillance sera l'aire sélectionnée pour la simulation. La résolution par défaut du modèle pour les pays, les bassins et les dalles bleues de 10-degrés est de 1 kilomètre carré. La résolution du modèle des dalles violettes de 1-degré est 1 hectare. Le temps de simulation est le même pour les deux échelles, à moins que la tuile n'ait jamais été exécutée avant, auquel cas la simulation peut durer jusqu'à 24 heures, voire plus. Il est également possible d'exécuter une simulation pour l'ensemble du bassin ou pays, ce qui prendra généralement plus de temps.

Pour sélectionner la tuile bleue ou violette (et donc la résolution) pour votre aire, sélectionnez **Tiled 1km (Tuilé 1km)** ou **Tiled 1ha (Tuilé 1ha)** depuis la liste déroulante **(a)**. Si votre aire d'intérêt se situe entre les différentes dalles, vous aurez besoin d'exécuter les simulations séparément puis d'assembler les cartes dans un logiciel SIG.



- b. Lorsque vous avez sélectionné votre tuile, bassin ou pays d'intérêt ainsi que la résolution du modèle (dalles uniquement), vous devrez **donner un nom à votre simulation (b)**.
- c. Lorsque vous êtes satisfait de votre sélection et que vous avez donné un nom à la simulation, **cliquez sur Step 1 : define area (étape 1 : définir l'aire) (c)**. Ceci mettra en place votre aire de simulation.
- d. Les informations concernant votre simulation actuelle seront toujours affichées au-dessus de la carte **(d)**. Cliquez sur le **bouton rafraîchir** pour vous assurer que tout est à jour.  
*Vous pouvez également obtenir plus d'information sur votre simulation en cliquant sur l'hyperlien du nom de simulation.*

## 2.2.2. Étape 2 : Préparer les données

La prochaine étape consiste à préparer toutes les données nécessaires pour une simulation. Le modèle comprend toutes les données nécessaires pour réaliser cette simulation, mais elles doivent être copiées depuis le serveur de données vers l'espace de travail associé à votre compte d'utilisateur.

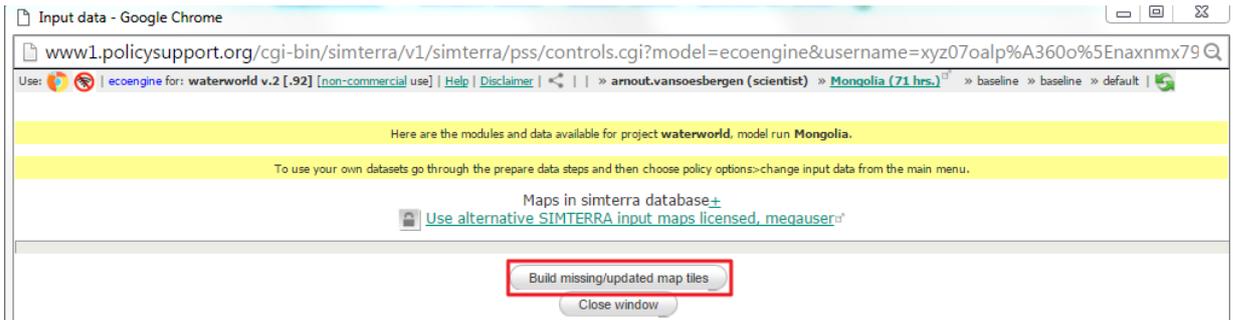
- a. Pour ce faire, cliquez sur **Step 2 : Prepare data (étape 2 : préparer les données)** dans le panneau de contrôle à gauche **(a)**. Une nouvelle fenêtre de navigation s'ouvrira et affichera une liste de données d'entrée.
- b. Cliquez sur le **±** à côté de **Maps in SIMTERRA database (carte de la base de données SIMTERRA) (b)** pour dérouler la liste de données d'entrée.
- c. Cliquez sur le lien **Copy data to your workspace (Copier les données vers votre espace de travail) (c)** pour dire au système de copier toutes les données vers votre espace de travail.

The screenshot shows the WaterWorld web application interface. On the left sidebar, under 'set-up:', the 'Step 2: Prepare data' option is highlighted with a red box and labeled 'a'. The main content area displays a map of Mongolia with a red box around the 'Maps in simterra database' section, labeled 'b'. Below the map, there is a list of data sources, and a red box highlights the 'Copy data to your workspace' button, labeled 'c'. The interface also displays user information, system status, and a control panel.

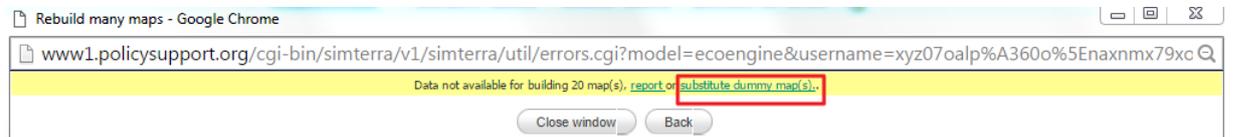
### Boîte 1 : Dépannage pour les problèmes de données

Parfois (c.à.d.. si le modèle n'a pas été exécuté auparavant sur la région que vous avez sélectionnée ou si les données ont été mises à jour), vous aurez besoin de créer ou de mettre à jour des données manquantes. Dans ce cas, la fenêtre ci-dessous s'ouvrira et vous aurez simplement à cliquer sur **Build missing/updated map tiles (construire les dalles manquantes/ mise à jour)**.

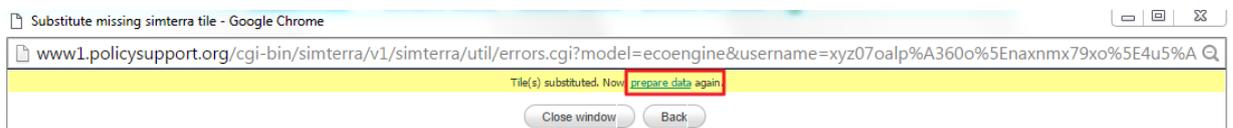
**\*\*\*\*Note IMPORTANTE : Ceci peut prendre 72 heures, donc si vous réalisez une session de formation, assurez-vous que les dalles sont créés avant le formation.\*\*\*\***



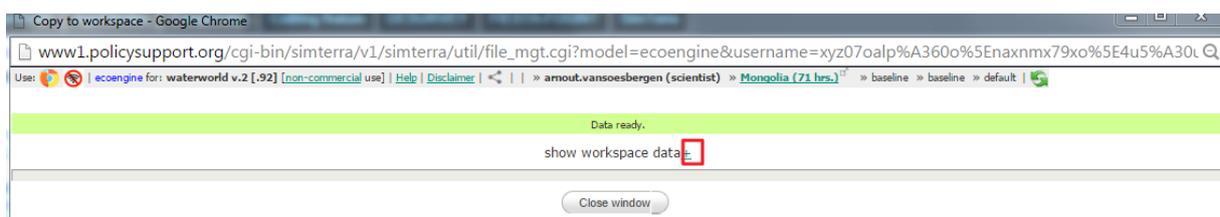
Il est possible que les données ne soient pas disponibles, auquel cas le système permet l'utilisation de cartes test (note : ceci est valable pour les cartes non critiques et il est probable qu'il n'y aura pas d'effet important sur les résultats du modèle). Si c'est le cas, l'écran ci-dessous apparaîtra et vous pourrez cliquer sur **substitute dummy maps (Cartes test de remplacement)**. Il existe aussi une option permettant de reporter le fait que des cartes sont manquantes.



La fenêtre suivante vous informera que les dalles ont été remplacées et vous pourrez cliquer sur le lien **prepare data (préparer les données)** pour reprendre la préparation des données. Vous serez redirigé vers la page principale " préparer les données " où vous pourrez cliquer sur **Copier les données vers votre espace de travail**.

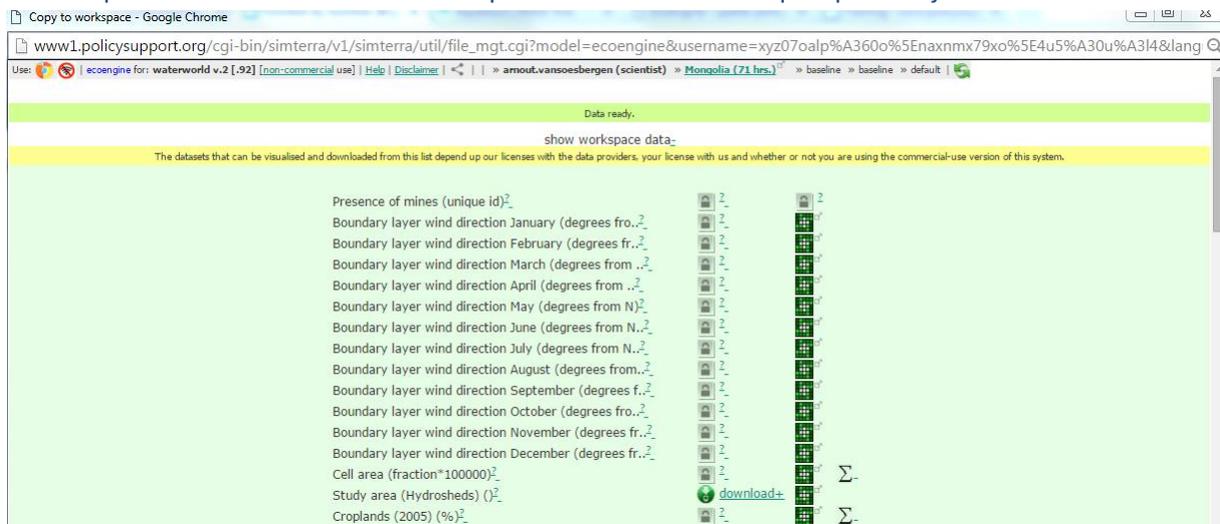


- d. Une fois que vos données ont été copiées sur votre espace de travail, l'écran ci-dessous apparaîtra. À nouveau, cliquez sur le ± à côté de **show workspace data (afficher les données de l'espace de travail)** pour dérouler la liste des données. Les données nécessaires pour la simulation de niveau de référence s'afficheront.



e. Certains jeux de données sont disponibles au téléchargement (indiqué par : ) , tandis que d'autres sont uniquement disponibles en lecture () et d'autres encore ne peuvent ni être lus, ni téléchargés (). Ceci dépend de la licence associée à chaque jeu de données. Toutefois, toutes les données peuvent être utilisées pour lancer le modèle.

Il existe également des icônes somme sur cette page (); cliquez sur ces derniers puis passez la souris sur les résultats pour afficher les statistiques pour ce jeu de données.



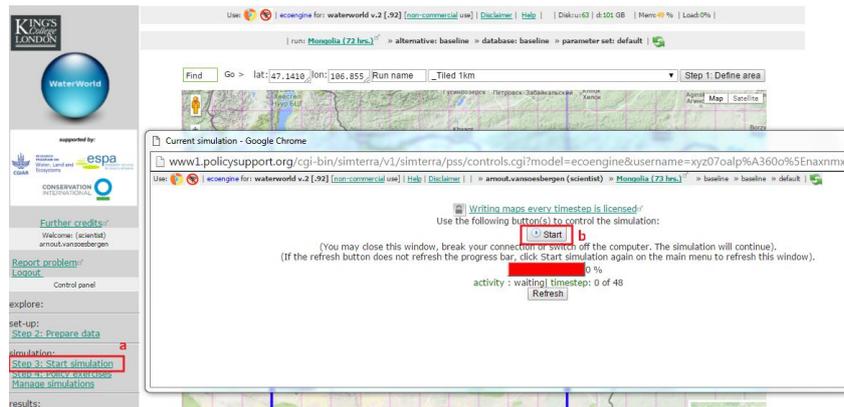
*Prenez un moment pour étudier les jeux de données par défaut pour l'aire d'étude. Vérifiez que les données sont compatibles avec les connaissances locales et les autres données qui ont été utilisées dans des analyses comparables. Lorsque vous utilisez WaterWorld pour évaluer l'impact du couvert forestier et du déboisement, contrôler la carte de couvert arbustif est alors très important. La carte par défaut du couvert arbustif de WaterWorld est basée sur MODIS, veuillez vérifier que la carte soit cohérente avec toutes cartes nationales forestières disponibles. La carte peut également être vérifiée en la comparant visuellement avec des images satellite de Google Maps en utilisant les fonctionnalités disponibles dans WaterWorld. Si la différence entre les données de couvert arbustif et l'image satellite ou les cartes nationales forestières est importante, envisagez l'utilisation d'un jeu de données sur la couverture du sol plus précis. Pour savoir comment télécharger et utiliser votre propre carte de couverture du sol, référez-vous à l'Annexe 1.*

### 2.2.3. Étape 3 : Commencer la simulation

Une fois que vos données ont été préparées, vous pouvez commencer une simulation (de référence).

- Cliquez sur **Step 3 : start simulation (étape 3 : commencer la simulation)** sur le panneau de contrôle à gauche (a). Une nouvelle fenêtre, grâce à laquelle vous pourrez commencer la simulation, s'ouvrira.
- Cliquez sur **Start (Commencer) (b)** dans la nouvelle fenêtre pour lancer la simulation. La barre de progression donnera les informations concernant les activités et le temps qu'il reste pour

la simulation. Son exécution ne devrait pas prendre plus de 20 minutes. Si vous fermez cette fenêtre, la simulation continuera.



### 2.2.4. Étape 5 : résultats : cartes

*Note : afin de produire des simulations hydrologiques, le modèle fait une série de simplifications et d'hypothèses. En réalité, certaines aires peuvent présenter des données très complexes et ces hypothèses pourraient être quelque peu erronées. Ce qui induit certaines incertitudes dans la précision des simulations du modèle ; par exemple, le modèle considère que toute la végétation ligneuse affecte l'hydrologie de la même façon, alors que des espèces spécifiques d'arbre peuvent affecter l'hydrologie de manières variées. Étudiez la documentation pour savoir si les principales hypothèses du modèle correspondent à ce que vous savez de l'aire d'étude.*

(Nous n'avons pas oublié l'étape 4 - celle-ci est analysée ci-dessous dans la section 3)

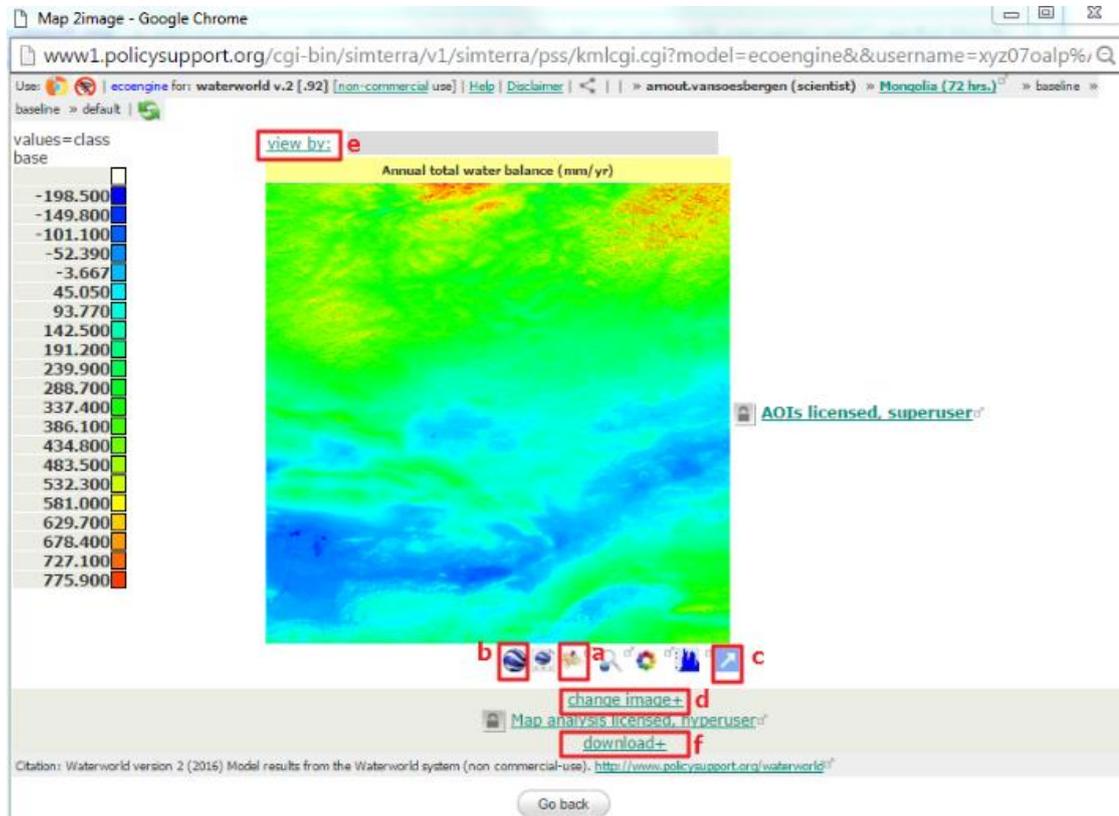
- a. Lorsque la simulation est finie, vous pouvez voir les résultats spatiaux de votre simulation. Cliquez sur **Step 5 : results maps (étape 5 : résultats : carte)** sur le panneau de contrôle à gauche (a). Une nouvelle fenêtre s'ouvrira avec une liste de sortants.

*Quelques-unes des autres options proposées sur cette page (Avec ±) ne sont disponibles que pour les niveaux d'utilisateur possédant une licence.*

Name	Explanation	Show
Rainfall	Total annual (wind-driven) rainfall (mm/yr)	Show
Water balance	Local water balance (mm/yr) (rainfall+fog+snowmelt minus actual evapotranspiration (AET). Where water balance is negative local AET is supported by upstream sources of water and/or groundwater	Show
Runoff	Total annual runoff (m <sup>3</sup> /yr). Calculated as water balance cumulated downstream. Negative water balance (AET>precipitation) in a cell consumes runoff from upstream.	Show
Hillslope net erosion	Hillslope net erosion (mm/yr). Net erosion (erosion minus deposition) on hillslopes	Show
Total net erosion	Total net erosion (mm/yr). Net erosion (erosion minus deposition) from hillslopes and channels (streams/rivers)	Show
Mean annual human footprint on water quality (pollution)	Mean percentage of water that may be polluted (human footprint index)	Show

Vous pouvez naviguer entre les différentes cartes produites en cliquant sur l'icône de visionnage placé sur le côté des descriptions des cartes.

- b. Cliquez sur l'icône bilan hydrique **(b)** dans la colonne **Show (Affichage)**. Ceci ouvre la carte présentant une simulation du bilan hydrique annuel total en mm/ an. Cette simulation est basée sur des données à long terme de la moyenne des précipitations + brouillard simulé + simulation de la fonte des neiges moins l'évapotranspiration actuelle (simulée) pour chaque pixel.

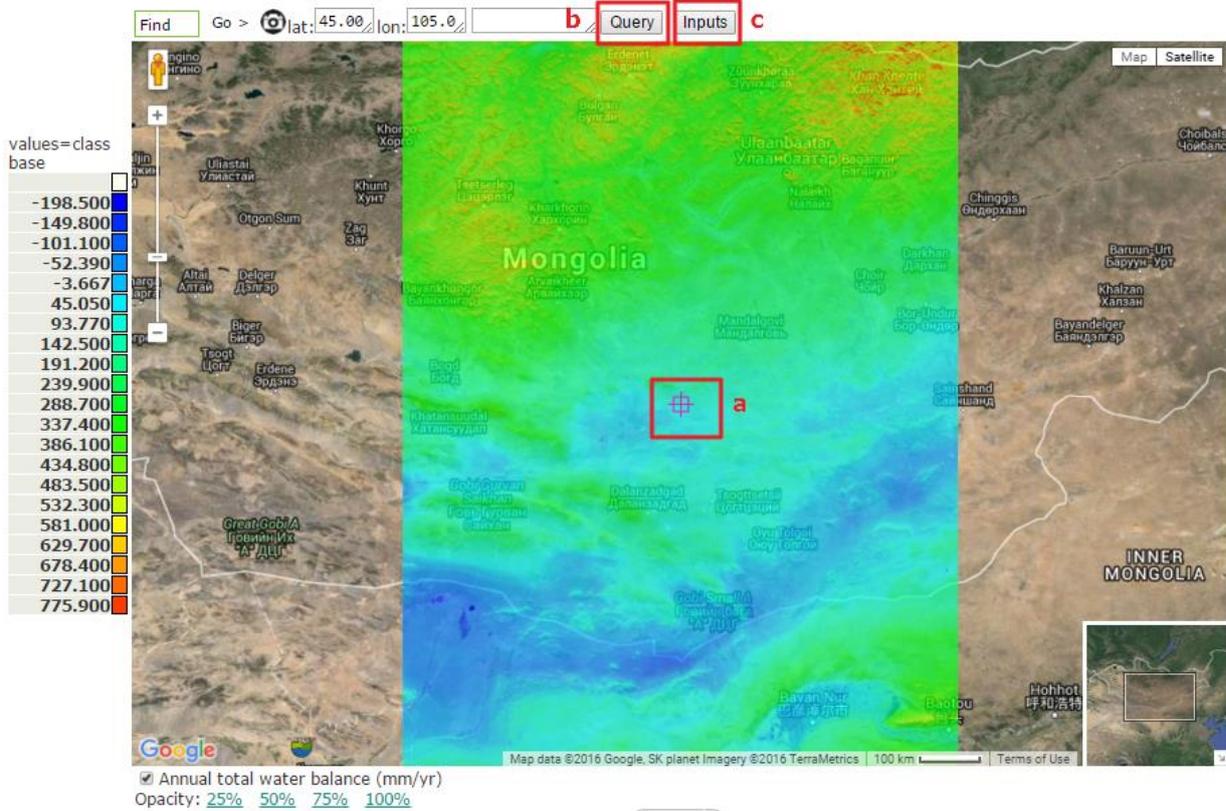


La fenêtre de navigation cartographique offre de nombreuses fonctionnalités qui vous permettent :

- De visionner la carte dans son contexte en utilisant Google Maps **(a)** ou superposée à Google Earth **(b)** (Google Earth doit être installé (gratuitement depuis [https://www.google.com/intl/en\\_uk/earth/explore/products/desktop.html](https://www.google.com/intl/en_uk/earth/explore/products/desktop.html))).
- De faire apparaître la carte **(c)** ce qui ouvrira la carte dans une nouvelle fenêtre. Ce qui est utile si vous voulez comparer des cartes, puisqu'à chaque fois que vous cliquez sur l'icône d'affichage de carte, la vue principale de la fenêtre sera mise à jour avec la nouvelle carte.
- De changer l'image **(d)** en configurant les valeurs minimum et maximum pour remettre la carte à l'échelle (ex. pour montrer uniquement les nombres positifs ou négatifs) et en changeant les options de couleur de l'échelle.
- Le visionnage par fonction **(e)** qui vous permet d'agrèger la carte (valeurs moyennes basées sur les pixels) par une série d'autres cartes telles que limites administratives, sous bassins, aires protégées, aires importantes pour la conservation et autres.
- Enfin, de pouvoir télécharger la carte sous format ascii, geotiff et d'autres formats SIG. Cliquez sur  $\pm$  à côté de télécharger **(f)**, et sélectionnez l'option de votre choix. Ceci va générer un lien de téléchargement pour un fichier zip avec la carte.

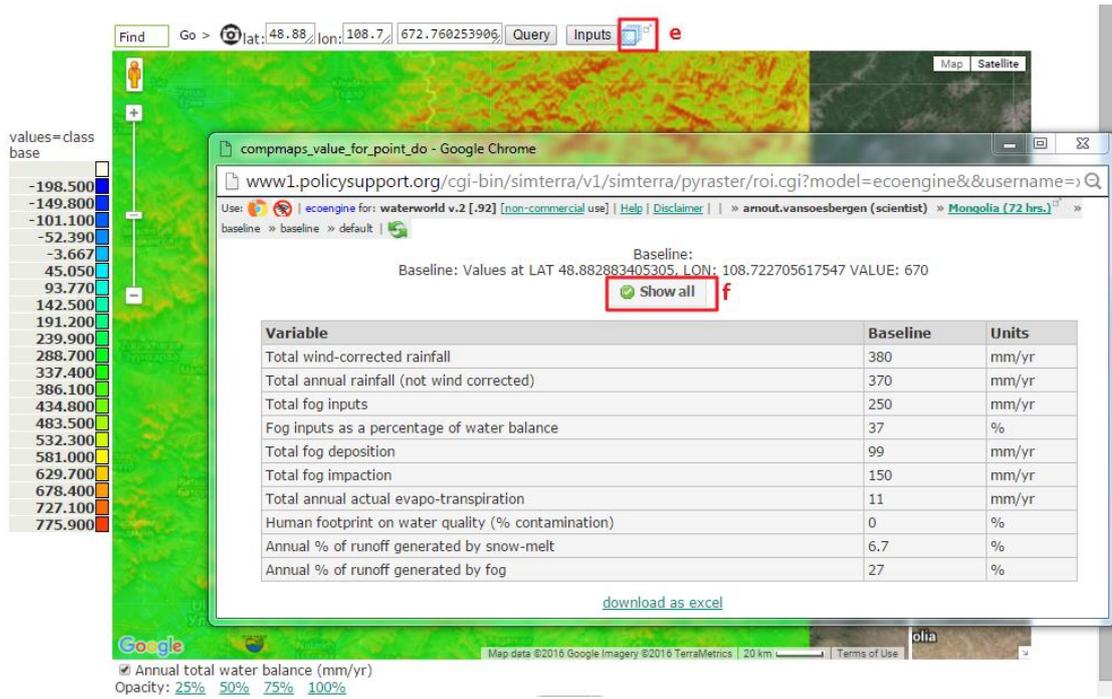
### 2.2.4.1. Résultats de bilan hydrique basé sur les pixels

- a. Pour ajouter un contexte spatial à la carte de bilan hydrique, cliquez sur **(a)** - visionnage utilisant Google maps. Ceci demandera au système de superposer la carte de balance hydrique basée sur les pixels pour la tuile d'étude régionale (ici, la Mongolie) par-dessus l'image satellite disponible sur Google Maps.

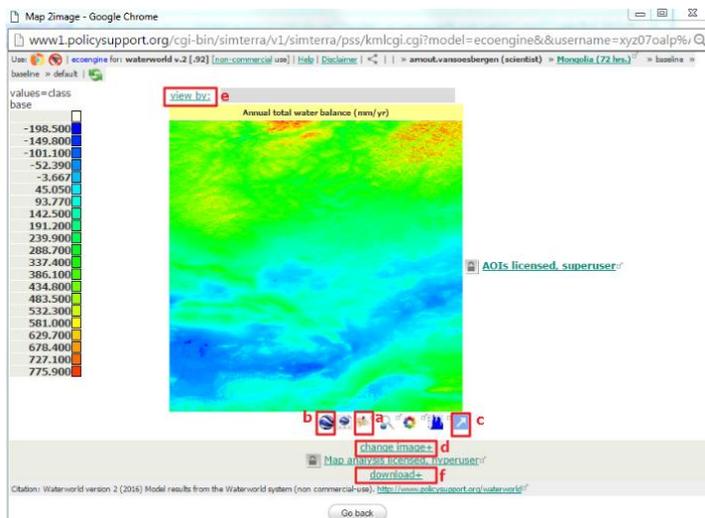


- b. Pour obtenir des valeurs de pixel individuelles, faites bouger votre souris et Zoomez sur la carte jusqu'à ce que le pointeur **(a)** soit sur le pixel concerné. Cliquez sur **Requête (b)** pour afficher la valeur de ce pixel dans la boîte de dialogue à côté du bouton de requête.
- c. Pour visualiser les valeurs des autres composants qui créent la balance hydrique cliquez sur **Entrants (c)**. Ceci affichera un nouvel icône **(e)**.

*Puisque la balance hydrique est créée à partir de la pluviométrie corrigée en fonction du vent + brouillard + fonte des neiges - évapotranspiration, il peut être utile de vérifier ces valeurs et la pertinence de leur contribution pour un pixel particulier afin d'identifier les composants les plus importants.*



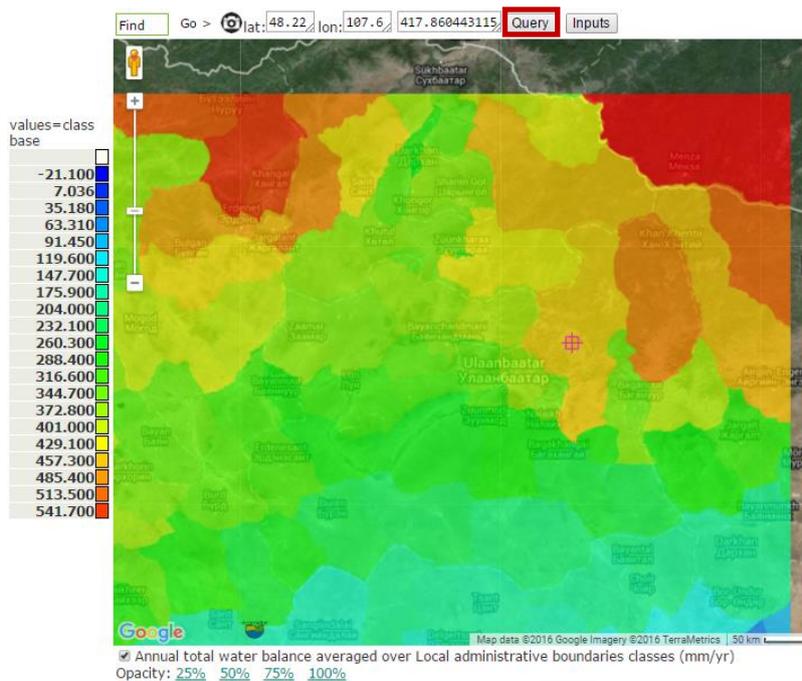
- d. Cliquez sur l'icône (e) pour ouvrir une nouvelle page montrant toutes les variables impliquées dans le calcul de la balance hydrique.
- e. Cliquez sur **Tout afficher** (f) pour afficher les valeurs correspondantes au pixel sélectionné (les coordonnées sont affichées au-dessus du bouton Tout afficher).
- f. Fermez toutes les fenêtres qui sont apparues afin de revenir à la fenêtre de navigation principale.



### 2.2.4.2. Résultats de bilan hydrique agrégé

Il est possible d'agréger des valeurs de pixel individuelles au sein d'une région plus large afin d'obtenir des valeurs moyennes pour des régions administratives ou des bassins versants ; ceci est utile lorsqu'une analyse est réalisée pour une certaine région d'intérêt et pour réduire l'incertitude des valeurs de pixel individuelles.

- a. Cliquez sur la fonction **visionnage par** (e) pour regarder la balance hydrique moyenne annuelle (mm/an) calculée pour les régions administrative locales.
- b. Cliquez sur visionnage sur Google maps (a) pour voir la carte.
- c. Sur la carte produite, vous pouvez questionner, avec le bouton Requête, les valeurs pour chaque région administrative



### 2.2.5. Autres contributions

En utilisant les options de visionnage de la carte, vous pouvez voir et analyser d'autres modèles produits d'une manière similaire. La carte de la pluviométrie montre les précipitations annuelles entraînées par le vent (mm/an). Ceci se base sur les données de pluviométrie à long terme combinées avec la vitesse du vent et les données topographiques. Les estimations de précipitations spatiales sont ainsi plus réalistes. Calculer les précipitations entraînées par le vent est particulièrement important dans les zones montagneuses.

La carte d'écoulement ( $m^3/an$ ) montre l'écoulement annuel des fleuves et ruisseaux calculé comme des valeurs de balance hydrique, basées sur le pixel, accumulées en aval où la balance hydrique négative (c.à.d. évapotranspiration réelle > précipitation) consomme l'écoulement de l'amont.

Les cartes de l'érosion nette le long des pentes et de l'érosion nette montrent, respectivement, l'érosion nette du sol (érosion moins dépôt) sur les pentes et le long des fleuves et rivières. Ces valeurs sont calculées en utilisant le module érosion des sols de WaterWorld (basé sur Thornes 1990) et des valeurs fournies en mm par mètre carré par an. Ces dernières peuvent être converties en d'autres unités telles que des tonnes par hectare en divisant la valeur en mm par 1 000 pour obtenir le volume en mètres cubiques et en multipliant par le nombre de mètres cubiques dans un hectare ( $10\ 000\ m^2$ ). Puis pour obtenir le poids du sol, identifiez une valeur locale raisonnable pour la densité apparente du sol, qui va grossièrement de 1,2 à 1,7 tonnes métriques par mètre cubique de sol.

L'empreinte carbone humaine moyenne annuelle sur la qualité de l'eau est un indicateur de la pollution potentielle de l'eau. Elle est calculée en prenant en compte toutes les sources de pollution potentielle en amont (ponctuelle et diffuse, ex. mines et zones agricoles). Des valeurs importantes indiquent qu'il est fortement probable qu'il y ait une pollution tandis que des valeurs basses signifient que l'eau est relativement pure. Les données sur la pollution potentielle sont basées sur les données

concernant les sources de pollution potentielles (ex. extraction) disponibles dans les jeux de données mondiaux et qui pourraient, ou non, être exactes pour votre étude de la région.

*Veillez noter que les valeurs résultantes sont des valeurs moyennes par pixel. Pour l'érosion en particulier, il est probable qu'il y ait des variabilités intra-pixel qui puissent affecter l'impact du déboisement, par exemple la localisation du déboisement par rapport aux variations locales dans les pentes et le long des fleuves.*

### 3. Lancer une simulation avec un scénario

#### 3.1. Paramétrer, exécuter et voir les résultats du scénario

Cette section explique comment lancer et interpréter la simulation d'un scénario. WaterWorld possède de nombreuses options intégrées alternatives, c.à.d. en changeant certains paramètres entrants concernant le climat et/ ou l'utilisation des terres, vous pouvez évaluer la différence que cela implique dans les paramètres de sortie. Puisque ceci est fait en calculant un changement par rapport au niveau de référence, vous ne pouvez paramétrer et exécuter une analyse de scénario qu'une fois que vous avez finalisé une simulation de référence. Typiquement, ce niveau de référence pourrait être le couvert forestier aujourd'hui.

L'exemple utilisé dans ce tutoriel explique comment exécuter un scénario de changement d'utilisation des terres pour évaluer le rôle joué par les forêts dans l'approvisionnement en eau et dans la régulation de l'érosion du sol. Pour faire cela, toutes les forêts existantes (couvert arbustif) seront retirées du scénario et les changements résultant relatifs à l'approvisionnement en eau et à l'érosion du sol seront analysés.

##### 3.1.1. Étape 4 : exercices politiques -paramétrer un scénario

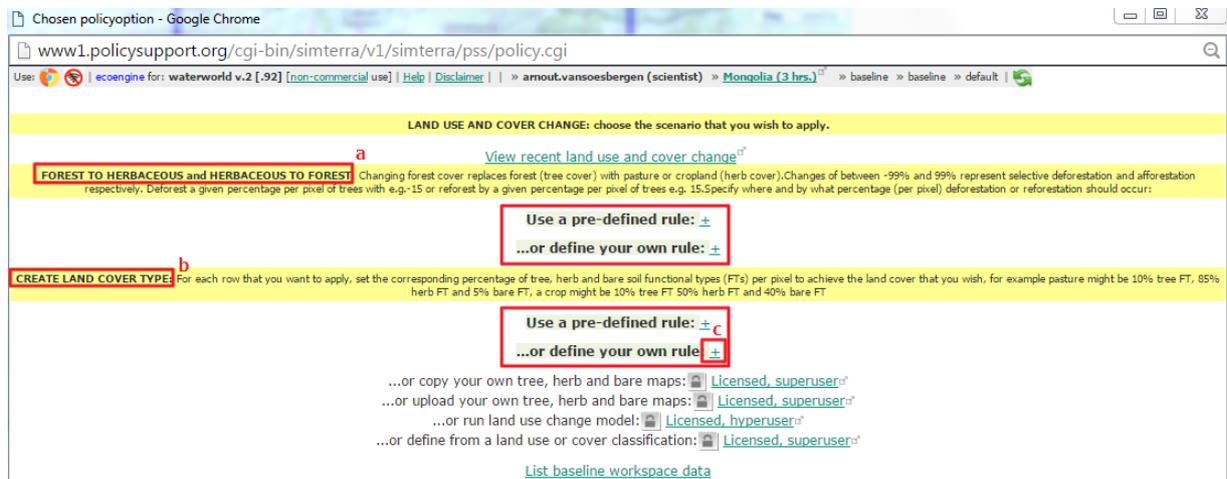
- a. Pour commencer une simulation de scénario, cliquez sur **Étape 4 : Exercices politiques (Policy exercises)** sur le panneau de contrôle à gauche. Une fenêtre s'ouvrira et affichera toutes les catégories d'options intégrées de scénarios. La disponibilité des options de scénarios dépend de votre niveau d'utilisateur. Au niveau d'utilisation scientifique, seuls les scénarios de changement de climat et de changement de couverture et d'utilisation des terres sont disponibles.
- b. Pour exécuter un scénario de changement de couverture et d'utilisation des terres, sélectionnez cette option en utilisant le bouton radio et cliquez sur **Submit choice (Soumettre le choix)**.

The screenshot displays the WaterWorld web interface. On the left is a navigation sidebar with a 'WaterWorld' logo and a list of steps: 'Step 3: Start simulation', 'Step 4: Policy exercises' (highlighted in red), and 'Step 5: Results: maps'. The main content area shows a 'Policy options' dialog box with a yellow header. The dialog contains a list of intervention tools with radio buttons: 'Climate Change', 'Land and Use and Cover Change' (selected), 'Land and water management', 'Change input maps', 'Extractives', and 'Population'. A 'Submit choice' button is located at the bottom of the dialog. The background shows a map of Mongolia with a highlighted area in the Gobi region.

Ceci ouvrira une nouvelle fenêtre comme indiqué ci-dessous. Il existe deux choix principaux dans cette fenêtre. La première option correspond à la conversion de la forêt en zone herbacée et vice-versa **(a)**. Il s'agit principalement de remplacer le couvert forestier par des pâtures et des champs (couvert herbacé) ou de réaliser un reboisement de terres agricoles. L'autre choix principal consiste à créer votre propre type de couverture des terres **(b)**. Le modèle WaterWorld utilise trois types de végétation fonctionnels comme information relative à la couverture des terres. Il s'agit des types fonctionnels relatifs aux arbres, aux herbes et aux sols nus qui sont par ailleurs fractionnaires, c.à.d. pour chaque pixel, il y a un pourcentage spécifique au couvert forestier, un pour le couvert herbacé et un pour le sol nu qui s'ajoutent les uns aux autres pour donner un total de 100 %. L'option « **create your own land-cover type** » (**créer votre propre type de couverture du sol**) vous permet de paramétrer le pourcentage de chacun des types fonctionnels de couverture des terres.

Pour les deux options (conversion en forêt et création d'un type de couverture des terres), vous pouvez choisir d'**utiliser une règle prédéfinie** ou de **définir votre propre règle**. La règle prédéfinie est une option plus simple qui vous permet de cibler votre changement d'utilisation des terres au sein de certaines limites (ex. en dehors ou au sein des aires protégées) et pour des gammes d'altitude définies. L'option « **définir votre propre règle** » vous permet de cibler vos changements en vous basant sur n'importe quelles cartes intégrées et pour n'importe quelle valeur comprise dans la gamme de la carte. Vous pouvez aussi combiner ou exclure des zones à partir de cartes différentes.

- c. Cliquez sur **±** à côté de « définir votre propre règle » pour l'option de création de type de couverture du sol **(c)**.



Ceci déroulera le menu comme présenté ci-dessous et vous pourrez y définir votre scénario.

- d. La première chose à faire consiste à donner un nom à votre scénario (a). Ce peut être n'importe quel nom de votre choix ; toutefois les simulations étant identifiées par leur nom, il peut être utile de donner quelques informations sur le scénario dans le nom de la simulation (ex. Déboisement ou Changement Climatique).
- e. L'étape suivante consiste à paramétrer ou changer les valeurs fractionnaires pour vos types fonctionnels de couvertures arbustives, herbacées ou de sol nu. Dans cet exemple, **le couvert arbustif est réglé sur 0 pour enlever tous les arbres et laisser une couverture des terres avec 85% de pâtures et 15% de sol nu (b)**.
- f. La manipulation suivante consiste à cibler l'endroit où le changement se produirait. Ce scénario vise à enlever la forêt (couvert arbustif) : la carte correspondant à **Cover of tree-covered ground (Couverture des terres avec couvert arbustif)**, basée sur les données MODIS, est donc sélectionnée dans la liste déroulante « où » (c).

*Notez qu'il y a de nombreux autres choix de cartes dans cette liste déroulante, par exemple, les interventions peuvent aussi être ciblées au regard d'une certaine altitude, de limites administratives ou d'aires protégées.*

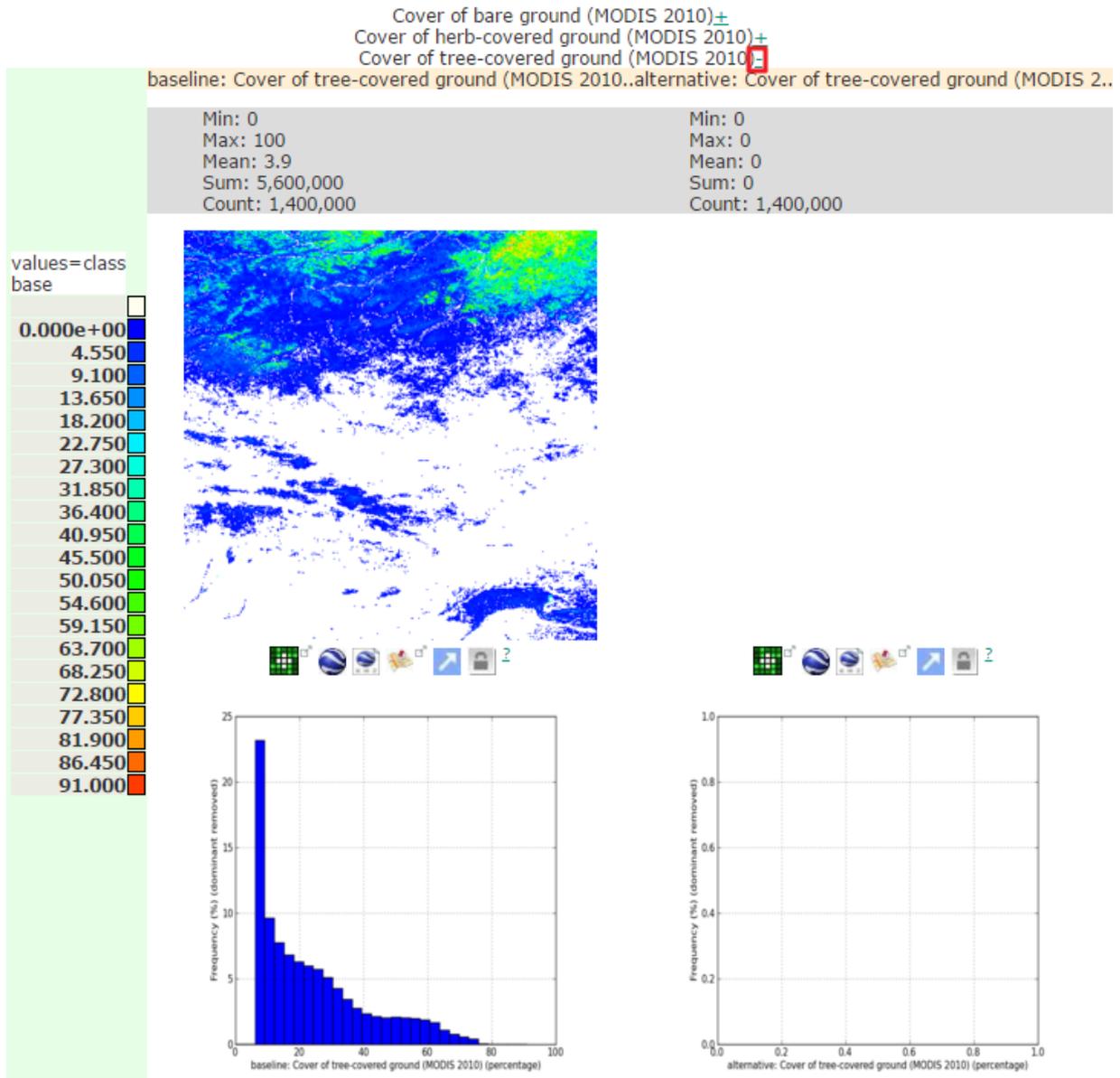
- g. Au sein de chacune de ces cartes, vous pouvez également paramétrer la valeur au-dessus/ en-dessous de laquelle ou sur laquelle l'intervention doit être ciblée. Dans ce scénario, tout le couvert arbustif doit être enlevé, donc la valeur est supérieure à (>) 0 (d).
- h. Enfin, il existe quelques options pour définir l'utilisation des terres de la zone convertie (ex. agriculture, naturelle, protégée, etc.). Ceci impactera principalement l'indice de qualité de l'eau et, pour ce scénario, elle est réglée sur **Unchanged (Inchangé)** pour ce scénario (e). Une fois que toutes les options sont paramétrées, cliquez sur **Check and Submit (Vérifier et soumettre)** et le système commencera à construire le scénario.

Paramétrer le scénario prend quelques minutes et le système affichera la progression. Une fois que ceci est terminé, vous verrez l'écran ci-dessous. À partir de là, vous pouvez voir le scénario et comparer avec le niveau de référence ; commencez directement à exécuter le scénario ou regardez les données alternatives dans votre espace de travail.

- i. Lorsque vous paramétrez un scénario, il est bon de le contrôler et de le comparer avec votre niveau de référence avant de l'exécuter ; ceci permet de comprendre les changements dans votre espace de travail. Pour ce faire, cliquez sur **Show baseline and scenario (Afficher le niveau de référence et le scénario)**. Ceci affichera une liste de toutes les cartes qui ont changé.



- j. Cliquez sur  $\pm$  à côté du nom de la variable pour ouvrir la carte du niveau de référence et du scénario associé à la variable ainsi que quelques statistiques et un histogramme des données. La figure ci-après montre le changement sur la carte de couvert arbustif et puisque le scénario vise à enlever tout le couvert arbustif, il ne s'en trouve pas sur la carte du scénario (droite). Examinez également les deux autres cartes qui ont changé, sol nu et couvert herbacé, pour en apprécier les changements.

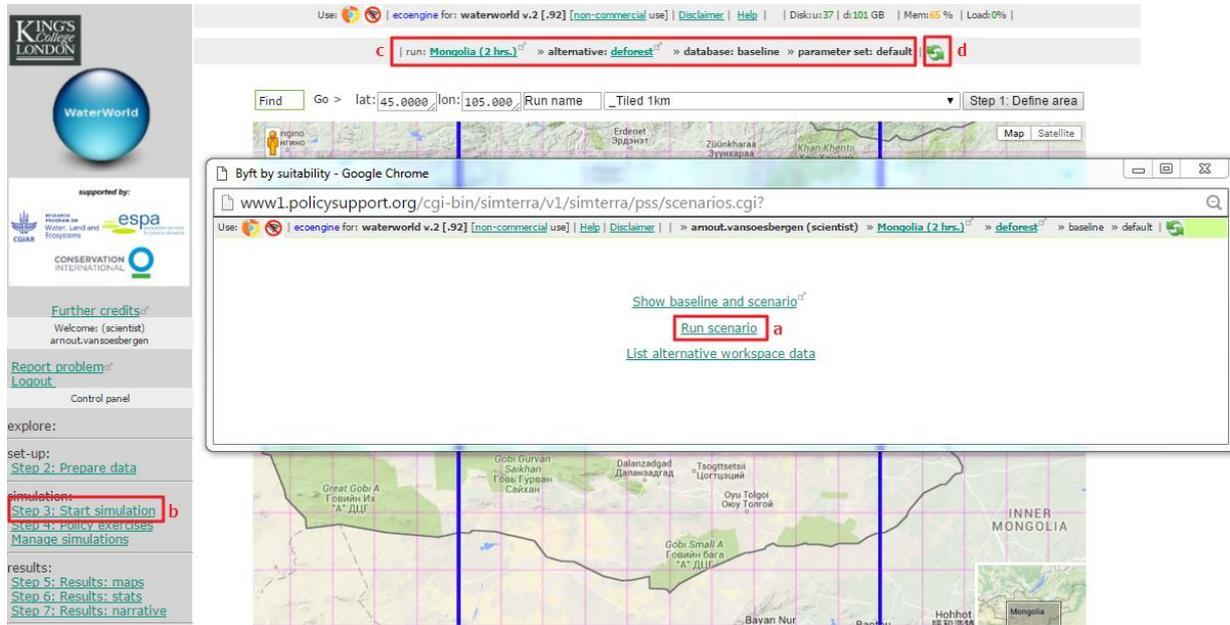


### 3.1.2. Étape 4 : exercices politiques - exécuter le scénario

Maintenant que le scénario a été préparé et examiné, vous pouvez commencer à l'exécuter. Vous pouvez le faire en retournant à la fenêtre qui s'est ouverte après la construction du scénario et vous cliquez sur **Exécuter le scénario (a)** ou choisissez l'étape 3 : **Commencer la simulation** dans le panneau de contrôle à gauche **(b)**.

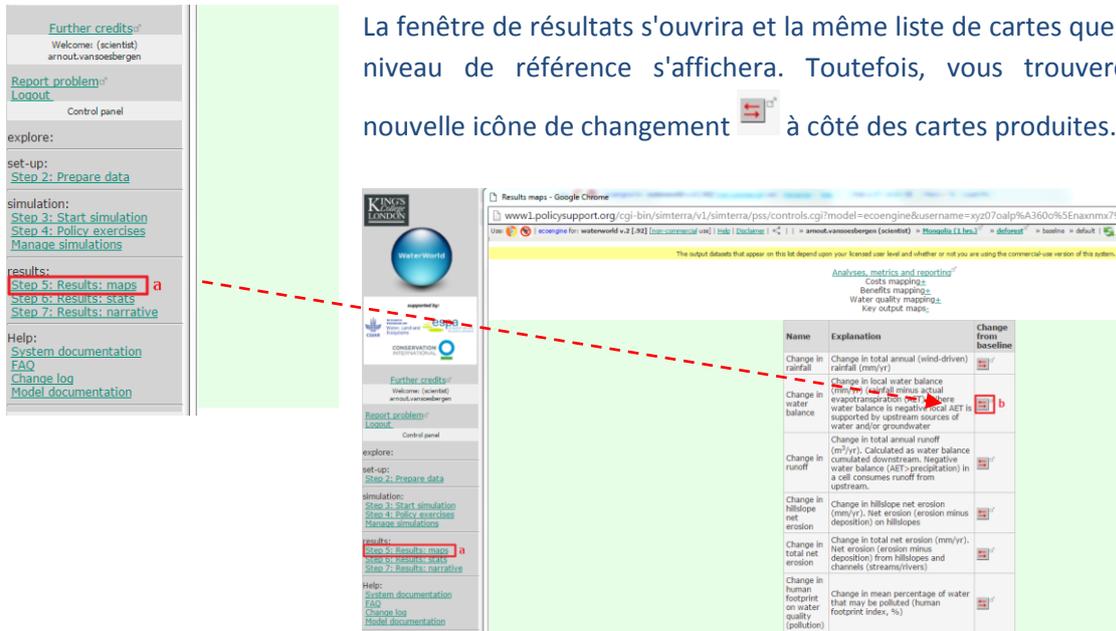
**\*\*\*IMPORTANT** : si vous voulez l'exécuter depuis le panneau de contrôle, assurez-vous de rafraîchir la page pour que le système exécute votre scénario et non le niveau de référence. Toutes les actions lancées depuis le panneau de contrôle feront toujours fonctionner la simulation en surbrillance en haut de la page principale **(c)**. Assurez-vous donc de rafraîchir la page afin d'être certain que vous lancez la bonne simulation (dans ce cas, vous pouvez voir que le scénario exécuté (alternative: deforest - déboisement) est la simulation sélectionnée). Vous pouvez rafraîchir la page en cliquant sur le bouton **rafraîchir (d)** ou en appuyant sur la touche **F5** de votre clavier.

Cliquer sur **exécuter le scénario (a)** débutera la simulation du scénario mais vous ne pourrez peut-être pas visualiser la fenêtre de progression. Dans ce cas, vous pouvez cliquer sur **Commencer la simulation (b)** et la fenêtre de progression de la simulation devrait s'ouvrir. La simulation devrait prendre autant de temps que celle pour le niveau de référence.



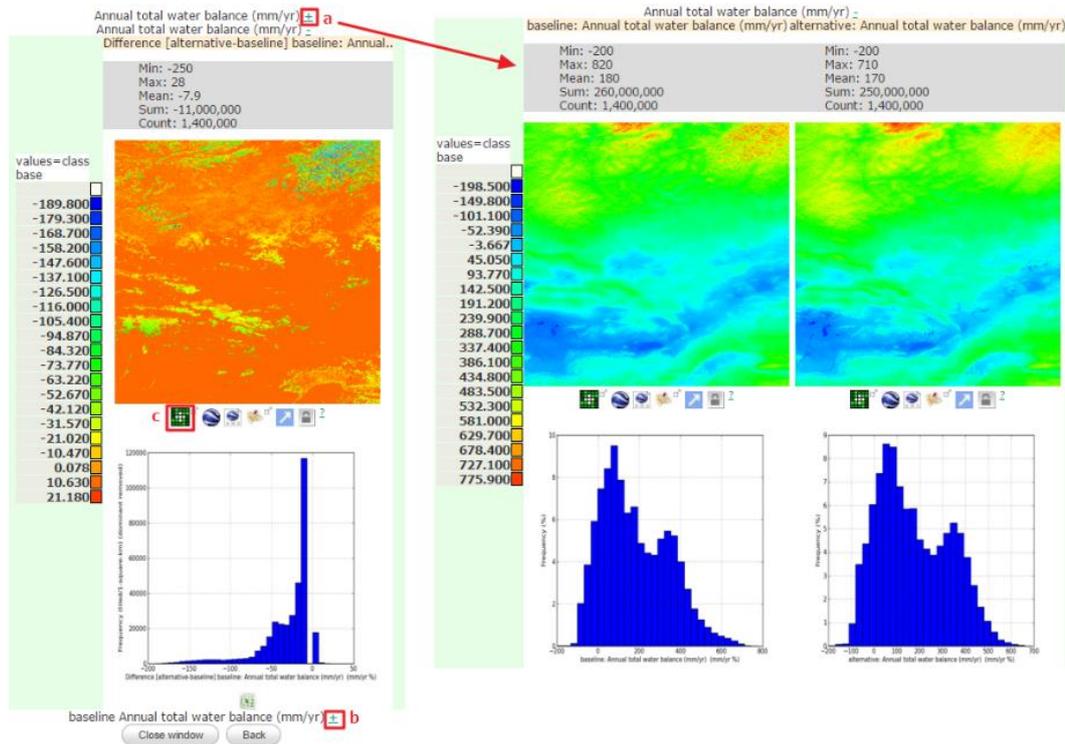
### 3.1.3. Étape 4 : exercices politiques : examiner les résultats

Une fois que la simulation de votre scénario est terminée, vous pouvez commencer à examiner les résultats. Cliquez sur **Step 5 : results maps (étape 5 : résultats : carte)** sur le panneau de contrôle à gauche (a).



### 3.1.3.1. Changement dans la balance hydrique

- Cliquez sur l'icône de changement (b) pour produire un changement sur la carte (i.e. changement par rapport au niveau de référence) comme ci-dessus (à gauche) pour le changement relatif à la balance hydrique. Par défaut, la fenêtre de la carte montre le changement pour cette variable sortante.
- Cliquez sur ± à côté de la **Balance hydrique annuelle totale (mm/an)** (a) pour ouvrir en parallèle la carte du niveau de référence et du scénario avec les cartes statistiques. Ceci facilite la comparaison (à droite).

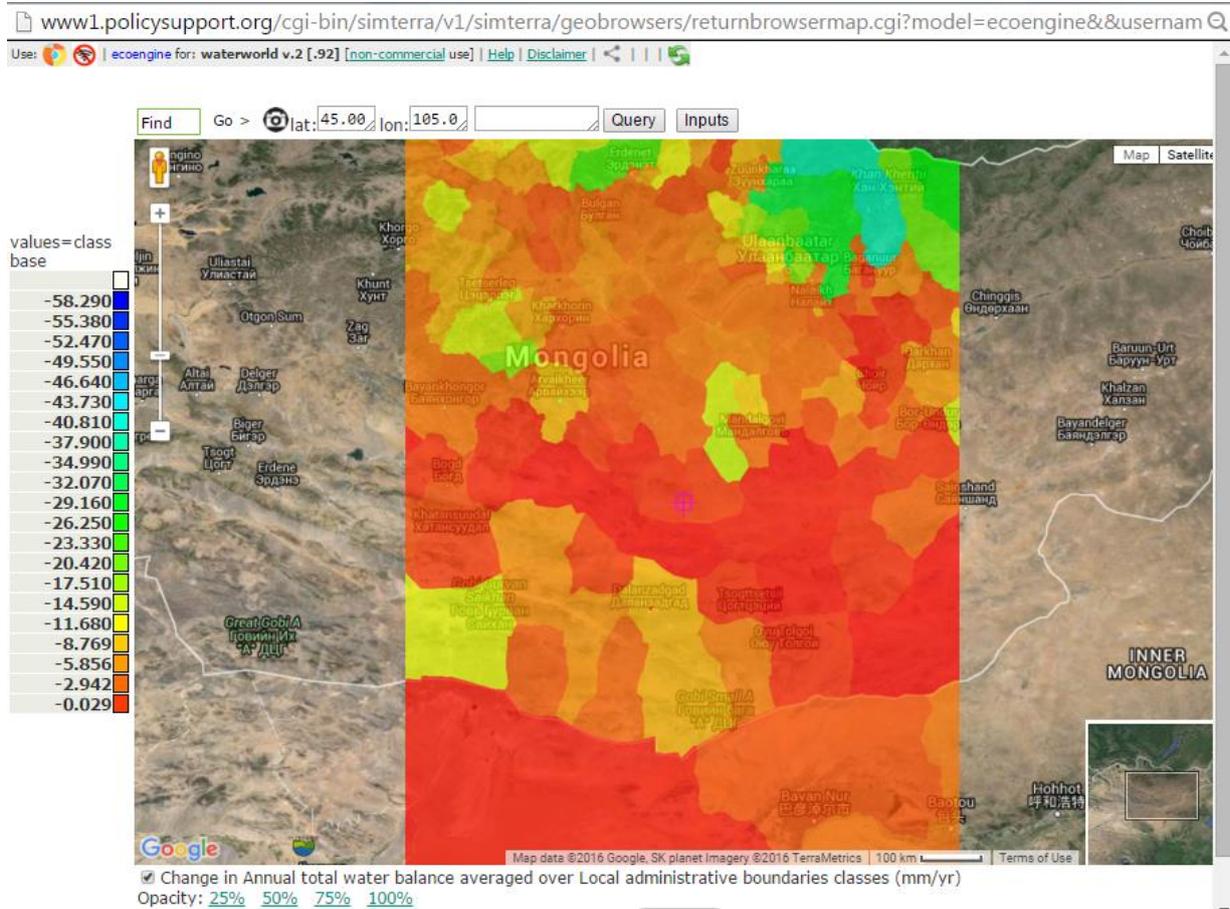


- Cliquez sur ± en bas de la fenêtre de la page de changement (b) pour voir le pourcentage de changement par rapport au niveau référence pour cette variable sortante.
- Les icônes verts (c) sous chaque carte vous permettent d'interroger le sortant en l'agrégant par-dessus d'autres cartes, en changeant les nuances de couleur et en le superposant dans Google maps et Google Earth.

La carte de changement de la balance hydrique met en valeur les aires où un déboisement entraîne une augmentation ou une diminution de la balance hydrique. Les zones qui ne possédaient que peu ou pas de couvert arbustif dans le niveau de référence montreront ainsi peu de changement, voire aucun changement, sur cette carte.

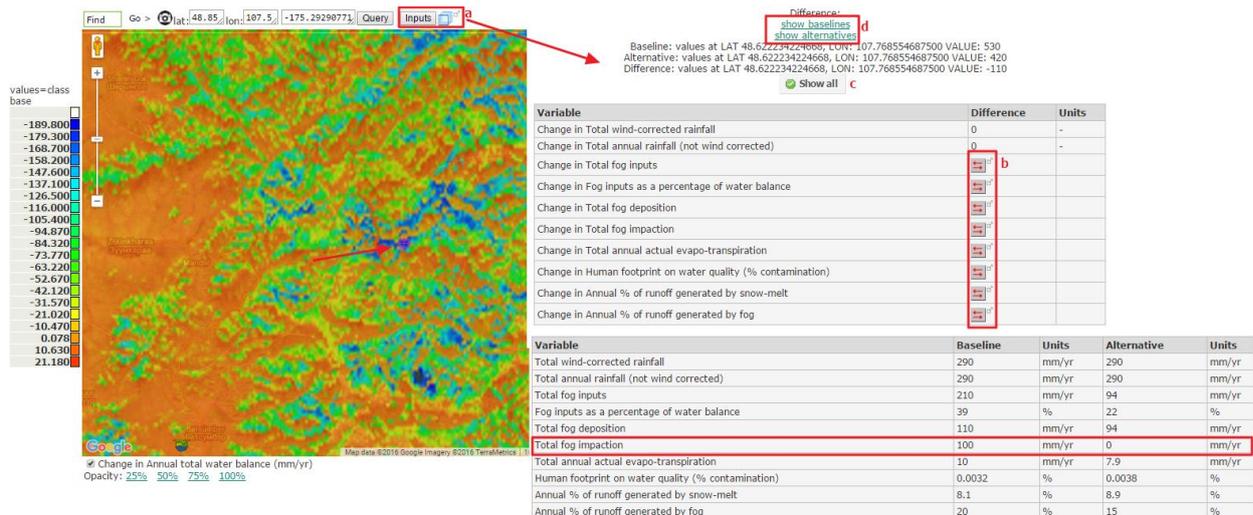
- Lorsque vous agrégez les résultats par limites administratives locales (cliquez sur l'icône verte (c) et sélectionnez **Local administrative boundaries (limites administratives locales)** dans la liste déroulante **View by (visionnage par)** au-dessus de la carte dans la nouvelle fenêtre). Dans notre exemple Mongol, il est clair que, de façon générale, aucune région administrative ne subit d'augmentation de la balance hydrique et que les zones situées au Nord de l'Ulaanbaatar sont plus impactées (voir carte ci-dessous) par des changements

négatifs d'environ 40 mm/an. Ces régions montraient également une balance hydrique plus grande sur le niveau de référence (voir section 2.2.4.1) et elles possédaient, en outre, un couvert arbustif important.



- f. Pour mieux comprendre les changements relatifs à la balance hydrique, vous pouvez regarder tous les entrants pour les pixels individuels. Ceci est plus pratique sur la carte basée sur les pixels. Pour ce faire, **regardez la carte de changement de la balance hydrique basée sur les pixels et affichez-la dans Google map** (voir la carte de gauche ci-dessous).
- g. Déplacez le curseur sur une zone de changement important (zones bleues dans la carte) et cliquez sur les **Entrants** et sur l'icône **interroger l'entrant** qui devient alors actif (a). Vous pouvez obtenir des valeurs pour le niveau de référence et le scénario correspondant à ce pixel afin de comprendre ce qui a entraîné le changement.
- h. Dans cette fenêtre de visualisation, vous pouvez cliquer sur les icônes de changement (b) pour les paramètres individuels ou sur le bouton **Tout afficher** (c). Sinon, vous pouvez voir les valeurs du niveau de référence et des alternatives en cliquant sur les liens respectifs en haut de la fenêtre (d).

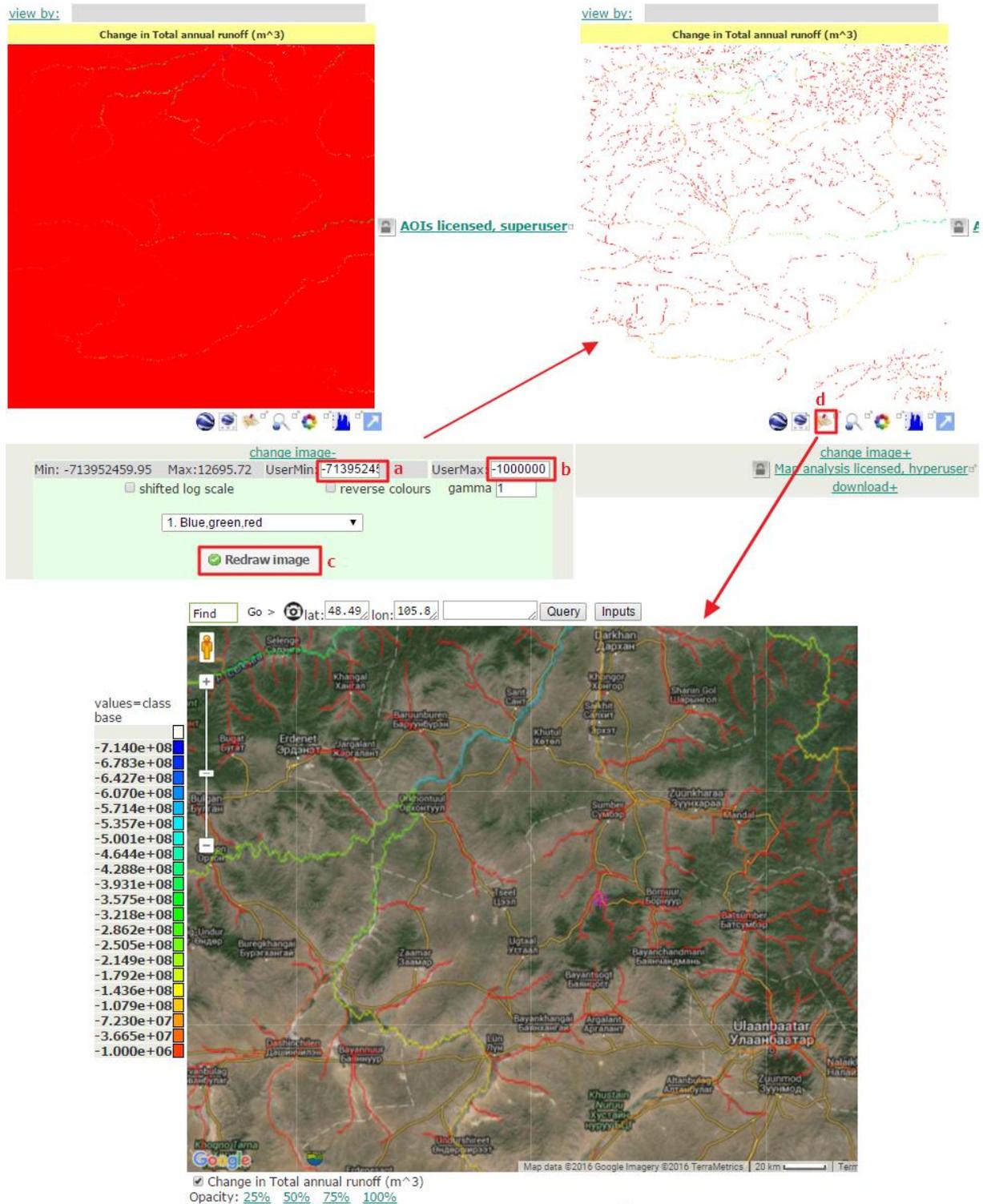
Comparer les valeurs du niveau de référence et du scénario alternatif (voir la capture d'écran ci-dessous) montre que la différence clé dans cette région est l'impact du brouillard total, c.à.d. la quantité de brouillard captée par les arbres est réduite à zéro. Avec une quantité de précipitation inchangée et une diminution seulement marginale de la perte en eau via l'évapotranspiration, les changements relatifs à la capture du brouillard expliquent la réduction générale de la balance hydrique et donc de la disponibilité de l'eau.



### 3.1.3.2. Changement dans l'écoulement

Les changements de la balance hydrique entraînent des changements dans l'écoulement et donc dans l'approvisionnement d'eau. Puisque la balance hydrique diminue dans la plupart des zones, les changements relatifs aux écoulements sont également négatifs.

- Pour examiner les changements de l'écoulement, cliquez sur l'icône de **change (changement)** à côté de changement relatif à l'écoulement (change in runoff) dans la fenêtre des **Cartes de résultat**.
- Cliquez sur **±** à côté de changer l'image sous la carte de la fenêtre de résultat pour changer la gamme de valeurs à afficher dans la carte. Ceci est utile puisque l'écoulement est calculé pour tous les pixels mais seuls les changements dans les fleuves et les rivières représentent véritablement de l'intérêt.
- Puisque la plupart des changements sont négatifs, vous pouvez régler la carte pour n'afficher que les changements négatifs les plus importants en copiant/ collant la valeur min dans la boîte Usermin (**a**) et choisir une valeur pour Usermax (**b**). Dans cet exemple, un Usermax de -100 000 donne de bons résultats. Cliquez sur **redessiner l'image (c)** pour mettre en œuvre les changements. Paramétrer ces valeurs produit la carte d'écoulement montrée sur la droite de la figure ci-dessous.
- Cliquez sur l'icône **overlay on Google maps (superposer dans Google maps) (d)** sur la carte résultante, une image claire des changements relatifs aux écoulements le long du réseau hydrographique apparaît.
- Déplacez la carte pour superposer le curseur sur votre point d'intérêt et cliquez sur le bouton **requête** pour regarder les valeurs individuelles au niveau des points.

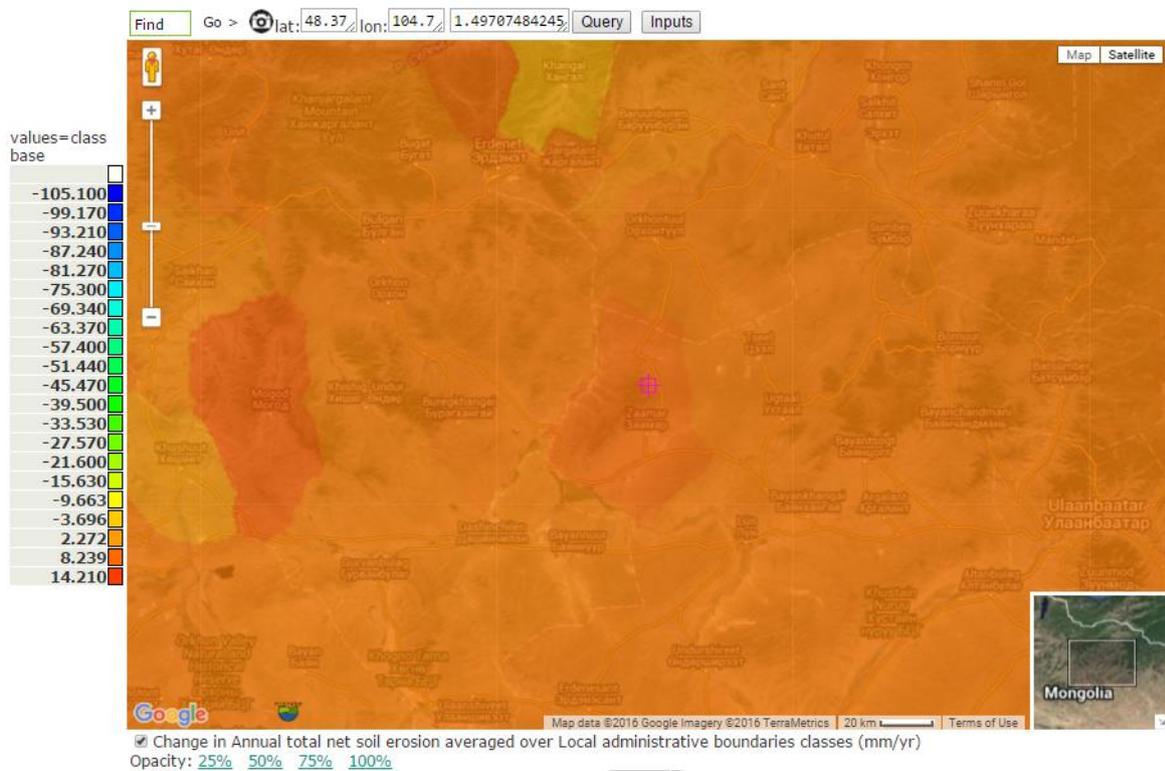


### 3.1.3.3. Changement relatif à l'érosion du sol

- a. Pour examiner les changements de l'érosion du sol, cliquez sur l'icône **change (changement)** à côté de changement relatif à **total net erosion (l'érosion nette totale)** dans la fenêtre des **Cartes de résultat**.

Il s'agit du changement relatif à l'érosion nette totale en mm/an. L'érosion nette correspond à l'érosion brute du sol (c.à.d. le sol érodé) moins le dépôt (la quantité de matériaux qui se dépose au sein d'un pixel). L'érosion nette correspond au volume de sol qui se retrouve dans les fleuves et rivières comme élément de sédimentation. Le changement dans l'érosion nette du sol montre généralement des valeurs aussi bien positives que négatives ; d'autre part, les changements sont relativement faibles pour la plupart des pixels. Sachant que l'érosion du sol dépend partiellement des facteurs d'échelle locale, non considérés dans cette analyse du fait de la résolution du modèle, il est recommandé d'agréger les résultats sur de grandes zones pour une interprétation des résultats du modèle plus fiables et de meilleure qualité.

- b. Cliquez sur la liste déroulante **Visionnage par (View by)** au-dessus de la carte de changement et sélectionnez la carte **limites administratives locales**. Vous pouvez alors voir la carte dans Google map superposée et prête à être interrogée sur les changements par région administrative ; vous pouvez aussi voir les entrants pour les pixels individuels grâce au bouton Entrants.



Les résultats mettent en évidence les zones où le déboisement total entraînerait une augmentation de l'érosion du sol (orange/ rouge). Dans cet exemple, c'est le cas pour la majorité de la région étudiée bien que dans quelques zones une diminution de l'érosion du sol soit observée. Cette augmentation de l'érosion du sol pourrait entraîner une augmentation de la sédimentation des matériaux de sol érodé à l'aval, impliquant éventuellement des conséquences négatives sur la qualité de l'eau, la production d'énergie hydroélectrique et sur d'autres activités. La combinaison de cette carte avec la localisation d'importantes infrastructures en aval peut aider à identifier les endroits où l'érosion pourrait avoir un impact important.

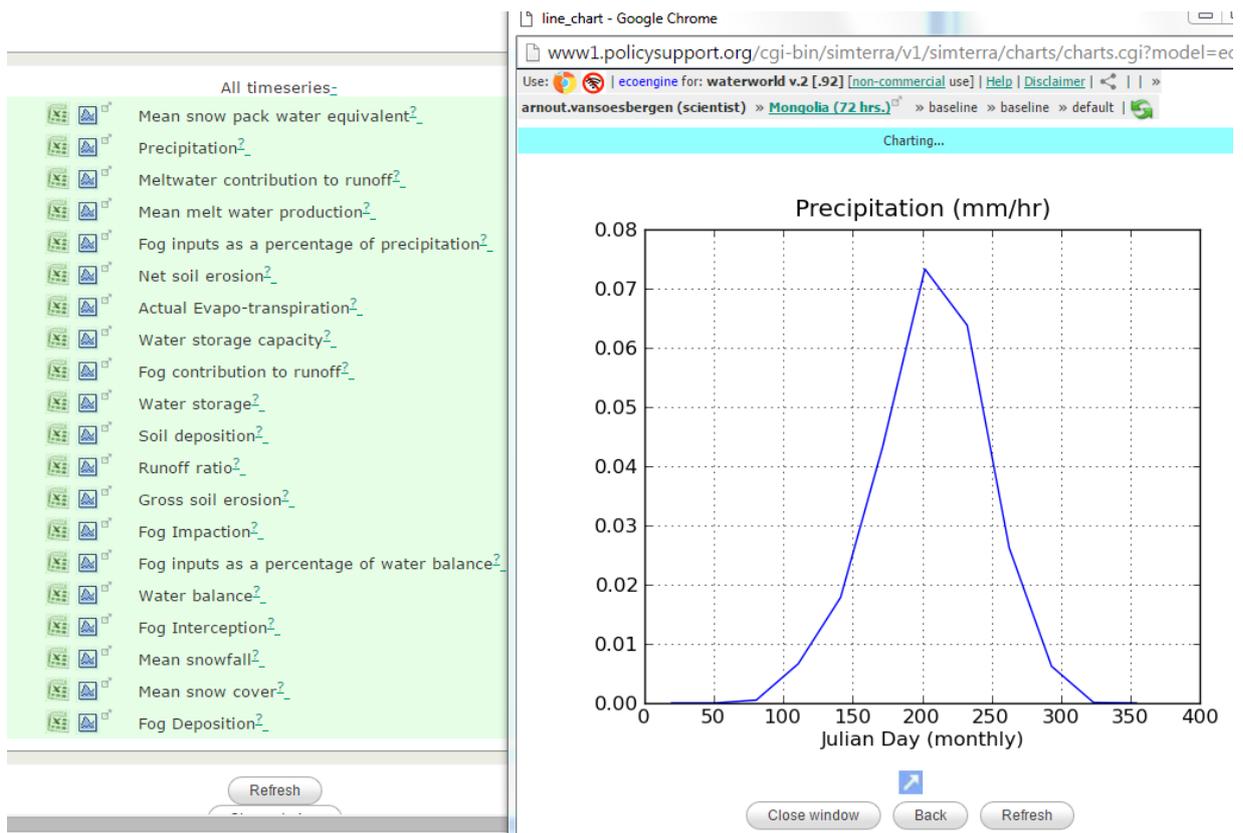
## 4. Résultats supplémentaires et gestion des simulations

Les sortants les plus importants du modèle WaterWorld sont les résultats spatiaux, c.à.d. les cartes contrôlées dans la section 2.2.4. Toutefois, le modèle offre également des résultats statistiques et écrits qui sont contrôlés dans cette section, respectivement dans 4.1.1 et 4.1.2. Une autre fonctionnalité importante du modèle étudiée ici est la gestion des simulations, c.à.d. comment voir des simulations existantes et comment effacer de vieilles simulations. Enfin, cette section décrit quelques documents et fonctions d'aide disponibles dans WaterWorld.

### 4.1. Résultats supplémentaires

#### 4.1.1. Étape 6 : Résultats : stats

Similaire à l'**étape 5**, cette étape est disponible après avoir exécuté une simulation de niveau de référence ou un scénario. Elle permet une visualisation chronologique des variables clés sur une année (ex. précipitation) et le téléchargement des données sur un fichier Excel. Les séries chronologiques sont toujours basées sur des valeurs moyennes pour la globalité de la région du modèle (i.e. dalles, pays ou bassins).



Ces séries chronologiques pourraient vous aider à comprendre comment le déboisement peut impacter l'érosion et l'écoulement de l'eau au cours de l'année, et à dégager éventuellement des périodes critiques.

#### 4.1.2. Étape 7 : Résultats : explicatif

En plus de la carte et des graphiques, le modèle offre des résultats explicatifs grâce à l'**étape 7**. Cette fonctionnalité utile offre une information clé concernant la simulation et les résultats. Pour construire et voir les valeurs explicatives, vous devez cliquer sur **Tout afficher** dans la fenêtre explicative. Cette fonctionnalité offre un aperçu des résultats pour l'étendue de votre analyse, c.à.d. valeurs moyennes pour la tuile ainsi que pour les valeurs minimum et maximum basées sur les pixels. Ces statistiques offrent rapidement à l'utilisateur une gamme de résultats et la contribution des différents composants de la balance hydrique par exemple.

[For this baseline run-](#)

Water balance (mm/yr) for the area was on average 180 with a 25th percentile of 51 and a 75th percentile of 310 ,an absolute minimum of -200 and maximum of 820 . This reflects an area average precipitation (mm/yr) of 170 with an absolute minimum of 29 and maximum of 510 . Actual evapo-transpiration (mm/yr) ranges from Working.. to [show](#) with a mean of [show](#).Fog inputs are [show](#) in relation to precipitation at [show](#) % on average, amounting to [show](#) mm/yr on average but ranging from [show](#) to [show](#) mm/yr.

 Show all

## 4.2. Gestion des simulations

La fonctionnalité de gestion des simulations (dans **Simulation** dans le panneau de contrôle) vous permet de retrouver l'information concernant les simulations et de les sélectionner ou de les effacer. Lorsque vous cliquez dessus, vous devez choisir le type de simulation (résolution de 1 km<sup>2</sup> ou de 1 hectare) ; puis cliquer sur la sélection **Submit (Soumettre)**. Une fenêtre s'ouvrira et affichera les informations relatives aux simulations. En haut, vous verrez le nombre de simulations que vous avez stockées et combien vous pouvez encore en stocker (**a**). À chaque fois que vous définissez une simulation, celle-ci s'ajoutera dans la liste (même si vous ne l'exécutez pas) ; il est donc pratique de ne garder que les simulations que vous voulez utiliser. **Aussi, les simulations seront effacées au bout de 72 heures si de la place est nécessaire sur le disque.** Les informations clés concernant les simulations de niveau de référence, telles que les coordonnées, sont affichées à côté de la carte avec un statut de la simulation (**b**). En-dessous, il existe des options pour choisir le niveau de référence (si vous basculez d'une simulation à l'autre) ou effacer le niveau de référence et les scénarios (**c**). En bas, tous les scénarios que vous avez paramétrés pour cette simulation sont affichés. Cliquer sur les détails de la simulation vous donnera des informations sur les paramètres utilisés dans le scénario. Vous pouvez aussi ici choisir et effacer le scénario et l'exécuter si vous ne l'avez pas encore fait (**d**).

You are storing a total of **3** runs (baselines and alternatives) at different spatial resolutions across all PSS from a maximum of **10** **a**

If you are experiencing problems with the system then delete all old runs using the next link as some may no longer be compatible with the system:

[Delete runs older than 1 day old from all PSS](#)

[Delete runs older than 1 week old from all PSS](#)

[Delete all but current baseline and associated alternatives](#)

Here is a list of previous **baseline** runs of type **1** and origin **1**. [Click the relevant links to view or choose a run](#)

**Baseline run: Mongolia**

username :	
runname :	Mongolia
model_version :	2.[.92]
runtype :	tiled/1-square-km
bbox_north :	50.0
bbox_south :	40.0
bbox_west :	100.0
bbox_east :	110.0
date_created :	(2016, 2, 1)
run_period_begin :	
run_period_end :	
<b>run_status :</b>	<b>completed</b>
alternative :	baseline
database :	baseline
paramset :	default
data :	prepared
archive_status :	
write_timestep_maps :	0
current_moi :	
current_aois :	
current_zoi :	
customisations :	False

Centre coordinates: 45.0,105.0

[Choose this baseline](#)

[Delete this baseline \(and associated alternatives\)](#) **c**

This simulation is subject to deletion in: 72 hrs. Simulations past their consume by date are deleted automatically as disk space is required.

**Alternatives for Mongolia:**

View run details <a href="#">reforest</a>	<a href="#">Choose run</a>	Run status started	Delete run <a href="#">Delete this run</a>
--	----------------------------	-----------------------	---

**d**

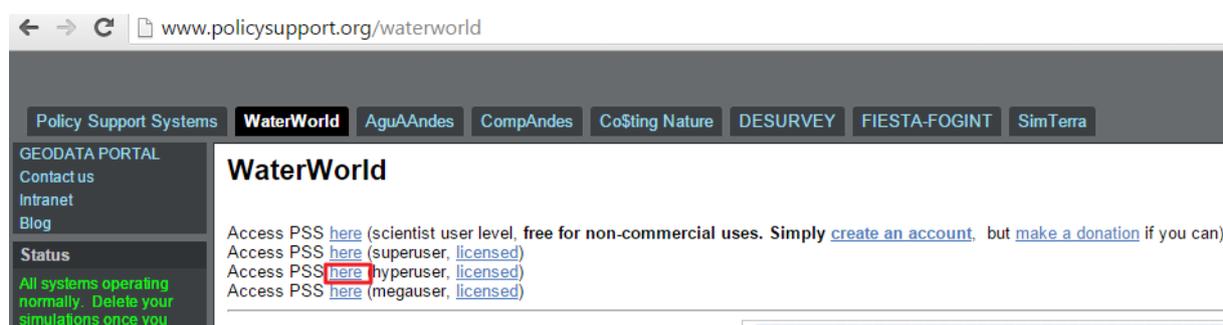
### 4.3. Documentation sur le système et le modèle

Le modèle WaterWorld est bien documenté avec une documentation relative au système et au modèle disponible depuis le panneau de contrôle dans l'**Aide**. La documentation du Système offre un guide d'utilisation en ligne ainsi que davantage d'informations sur les politiques de citation et d'utilisation. Il y a également des liens vers des vidéos en ligne montrant les différentes étapes concernant l'utilisation du modèle. La documentation du modèle offre davantage de détails sur ses différents composants et la science, les équations et les hypothèses qui se cachent derrière les modules et sous-modules. Enfin, il existe un lien vers la Foire Aux Questions (FAQ), dans l'Aide, qui est intéressante à consulter lorsque vous avez une question ou que vous avez généré des erreurs en utilisant le modèle.

## Annexe I : Utiliser WaterWorld avec vos propres données de couverture du sol

Cette annexe montre comment utiliser les fonctionnalités avancées de WaterWorld pour insérer vos propres données de couverture des terres dans le modèle et exécuter une simulation. Cette fonctionnalité nécessite un niveau d'utilisateur (licence) plus élevé et n'est donc pas disponible sur le système accessible gratuitement. Plus d'informations sur les coûts relatifs aux fonctionnalités supplémentaires et aux licences sont disponibles ici : <http://www.policysupport.org/access-costs>

- a. La fonctionnalité supplémentaire est disponible dans le niveau **hyperuser (hyperutilisateur)** et supérieur, donc pour l'utiliser, connectez-vous en tant qu'**hyperutilisateur** en cliquant sur le lien **hyperutilisateur** sur la page de connexion principale.

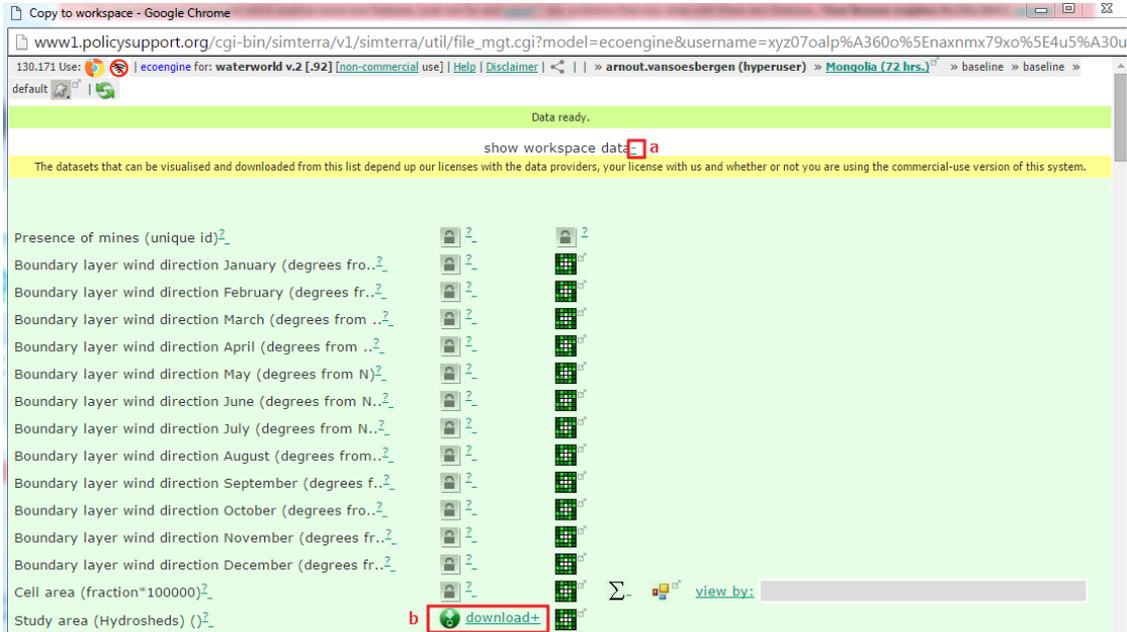


Une fois connecté, vous verrez la même interface avec la carte dans le centre, comme montré dans le tutoriel destiné à l'utilisateur scientifique. Lorsque vous passez d'un niveau à l'autre, il est souvent nécessaire de **redéfinir et d'exécuter à nouveau** les simulations, puisque différents sortants sont disponibles à chaque niveau d'utilisateur.

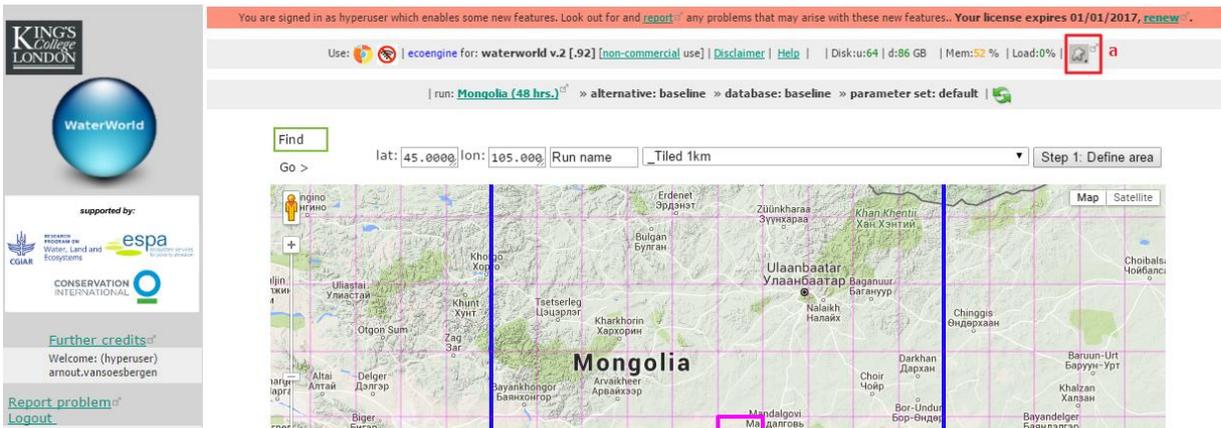
Ainsi, vous aurez besoin de redéfinir votre simulation de niveau de référence pour votre aire d'intérêt si vous ne l'avez pas définie en tant que superutilisateur :

- b. Pour le faire, dans un premier temps, réglez et définissez à nouveau votre simulation (voir section **2.2.1** dans le tutoriel principal) et préparez vos données comme décrit dans la section **2.2.2**.

- c. Ensuite faites une copie dans les données de votre espace de travail, cliquez sur le symbole **±** à côté **afficher les données de l'espace de travail (a)** et téléchargez une carte de l'**Aire d'étude (b)** en tant que fichier ascii. Vous pourrez utiliser cette carte plus tard comme modèle pour préparer vos propres données à charger dans le système. Une fois le téléchargement fait, vous pouvez fermer la page des données de l'espace de travail.



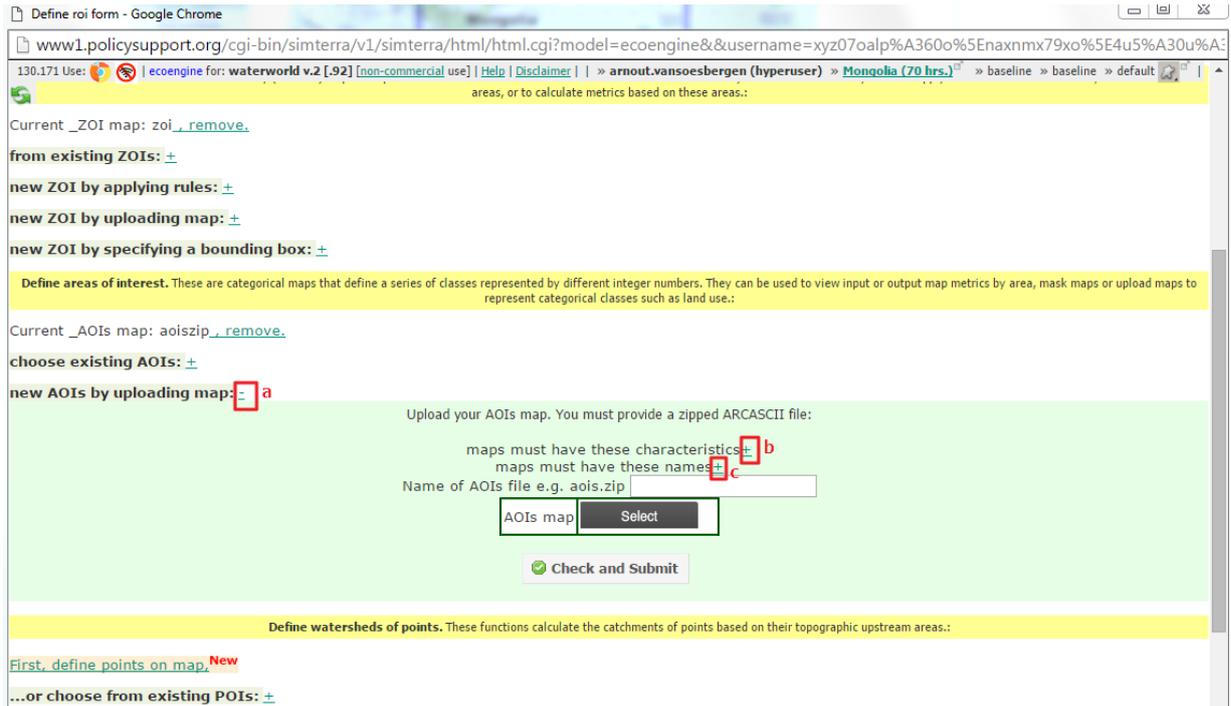
- d. L'étape suivante consiste à régler le modèle avec vos propres données de couverture des terres. La première chose à faire est de charger votre propre jeu de données dans le système afin de pouvoir les utiliser lors du paramétrage d'une simulation. Pour ce faire, cliquez sur l'icône en forme de petite étoile en haut de page **(a)**



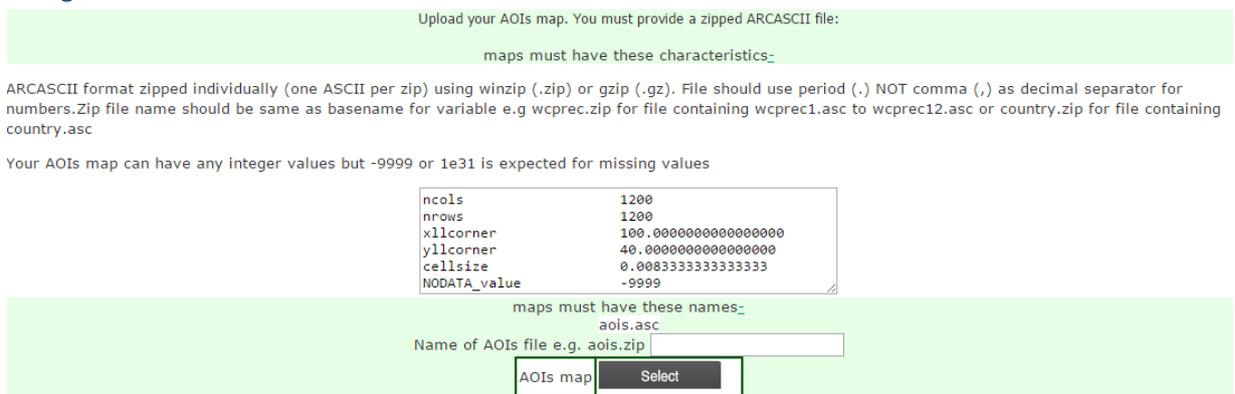
Ceci ouvrira une page (**Define roi\_form -définir roi\_form**) où vous pouvez définir les points d'intérêt (**POIs**), les zones d'intérêt et les aires d'intérêt. Les points d'intérêt peuvent être utilisés pour lire les valeurs depuis les cartes entrantes et sortantes. Les zones d'intérêt (**ZOIs**) peuvent être utilisées pour identifier les zones où appliquer les scénarios et les interventions, pour masquer ces zones ou pour agréger les résultats et calculer des paramètres pour ces zones. **Les ZOIs** peuvent être paramétrées en chargeant une carte, en appliquant des règles, en spécifiant une zone de délimitation ou en définissant des bassins en amont des points sélectionnés.

Les aires d'intérêt (**AOIs**) sont des cartes catégorielles qui définissent des séries de classes, par exemple des cartes concernant l'utilisation des terres. Il s'agit donc de l'option à choisir pour charger votre carte de couverture des terres dans le système.

- e. Dans la page Définir ROI, cliquez sur le symbole  $\pm$  à côté de **nouvelles AOIs en chargeant la carte (a)**. Ceci élargit la fonction AOI chargée. Pour charger votre carte, vous devrez vous assurer qu'il s'agit d'une carte basée sur raster (un fichier zippé ARCASCII). Les caractéristiques exactes nécessaires peuvent être trouvées en cliquant sur  $\pm$  à côté de caractéristiques **(b)** et le nom d'utilisation peut l'être en cliquant  $\pm$  à côté **Nom de l'AOI (c)**.



L'ouverture de ces deux fenêtres affiche les caractéristiques nécessaires pour la carte que vous avez chargée :



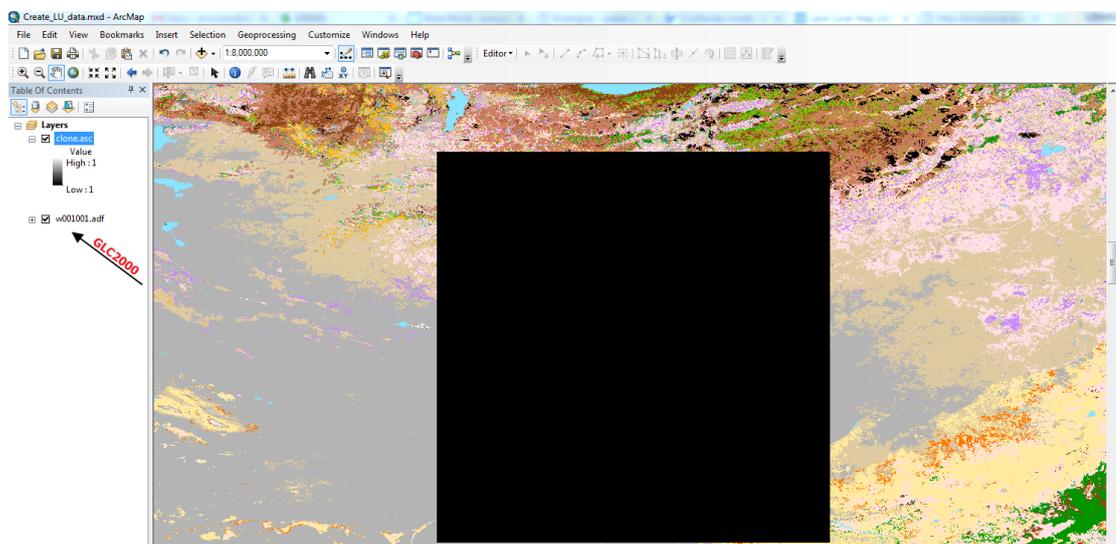
- f. La préparation d'une carte à charger devra être réalisée sur un logiciel SIG, tel qu'ArcMap ou les logiciels gratuits QGIS ou SAGA GIS. Une référence expliquant comment procéder avec SAGA GIS est disponible dans la documentation en ligne du système : <https://goo.gl/pDmkgg>
- g. La Boîte A1 décrit comment préparer vos propres données en utilisant ArcMap, avec le jeu de données de couverture des terres GLC2000 (Belwood, 2005) par exemple.

**Boîte A1 : Préparer les données GLC2000 pour une utilisation dans WaterWorld avec ArcMap v10.3**

Cet exemple décrit la préparation des données catégorielles de couverture des terres GLC2000 pour l'utilisation dans WaterWorld avec ArcMap v10.3. GLC2000 est un jeu de données mondiales de couverture des terres disponible gratuitement qui présente une résolution de 1 kilomètre ; il a été développé par le Centre Commun de Recherche. Les données peuvent être téléchargées ici : <http://www.un-spider.org/links-and-resources/data-sources/land-cover-map-glc2000-jrc>

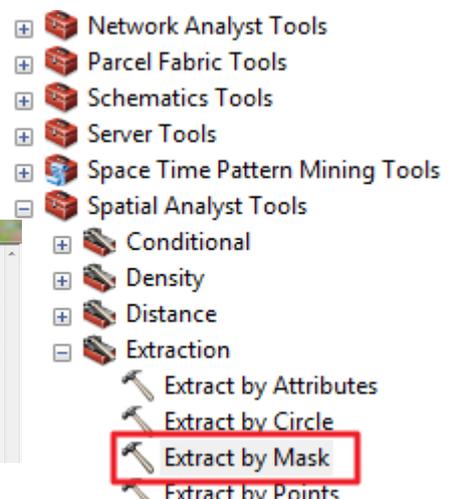
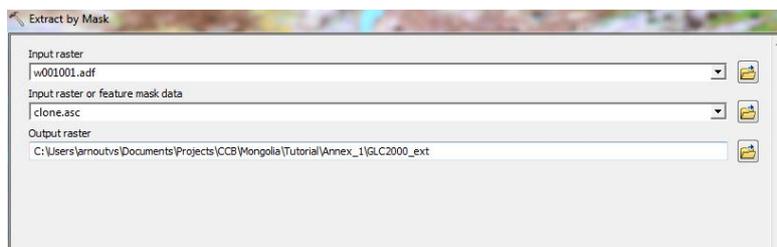
- a. Dézippez la carte d'aire d'étude téléchargée précédemment depuis WaterWorld (clone.zip) sur votre ordinateur et chargez le fichier ascii dézippé (clone.asc) dans ArcMap.
- b. Chargez aussi le jeu de données mondiales GLC2000 dans votre vue ArcMap.

*Note : le raster clone.asc de WaterWorld est dans une projection géographique (lat/lon) avec le référentiel WGS84. Dans ce cas, le GLC2000 est dans la même projection. Si vous utilisez des données différentes, assurez-vous de les convertir en WGS84 lat/lon avant de poursuivre.*



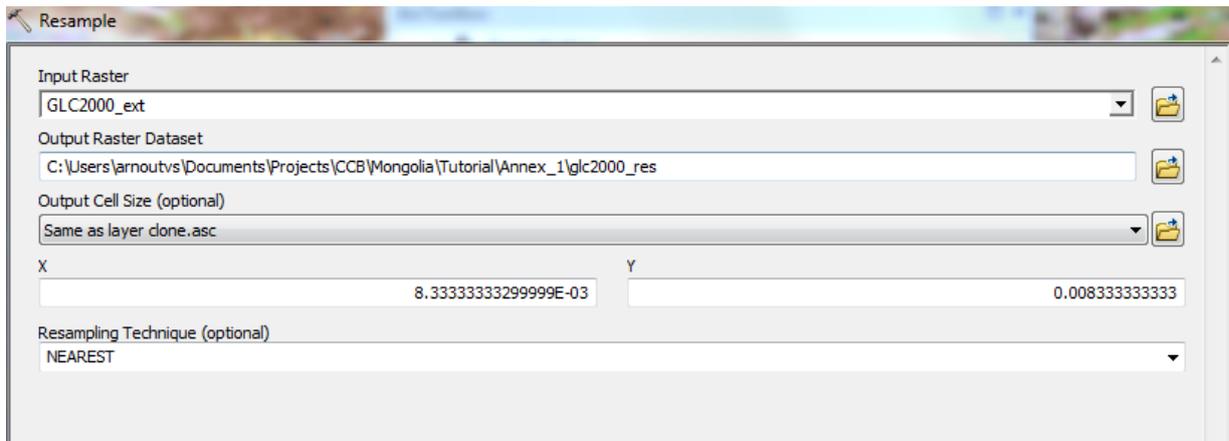
- c. La première chose à faire consiste à extraire de GLC2000 la même région que celle de nos données masque. Pour cela, vous pouvez utiliser l'outil **extract by Mask (extraction par Masque)** dans la Boîte à outils **Spatial Analyst** :

- d. Dans la fenêtre de la boîte à outils, définissez le raster GLC2000 comme **raster d'entrée** et votre clone comme **masque** :



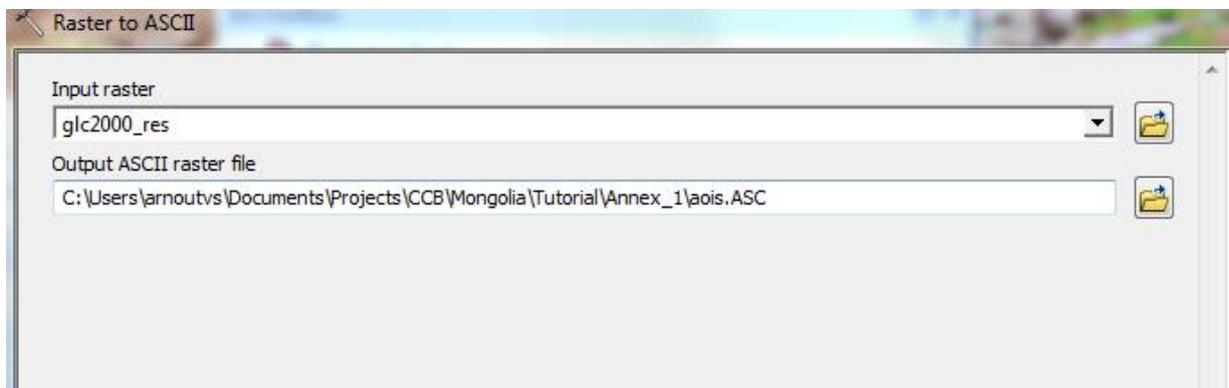
La carte résultante est un extrait du jeu de données GLC2000 avec la même emprise que votre carte clone. Toutefois, la résolution de GLC2000 est légèrement différente de celle de la carte clone.

- e. Faites un clic droit sur chaque couche et cliquez sur **propriétés (propriétés)>>source** pour voir les informations raster des deux jeux de données. Le jeu de données GLC2000 présente un nombre de rangées et de colonnes (1120x1120) et une taille de cellules (0,008928) différents de la carte clone (1200x1200 - taille de cellules 0,0083333).
- f. Pour corriger ceci, vous devez rééchantillonner la carte extraite. Lancez le **Resample tool (outil de rééchantillonnage)** (trouvé dans **Data Management (Gestion des données)>>Raster>>Raster Processing toolbox (boîte à outil de traitement raster)**).
- g. Utilisez le **jeu de données extrait lors de l'étape précédente en tant que raster entrant**, définissez un raster sortant et sélectionnez la couche **clone.asc** comme la **cell size (taille de cellule)** sortante. Utilisez le **NEAREST (PLUS PROCHE)** par défaut comme **resampling technique (technique de rééchantillonnage)**.



La carte résultante devrait avoir le même nombre de rangées et de colonnes que la carte clone (1200x1200) et une taille de cellule identique (0,003333) (vérifiez en sélectionnant l'onglet source dans les propriétés de la couche).

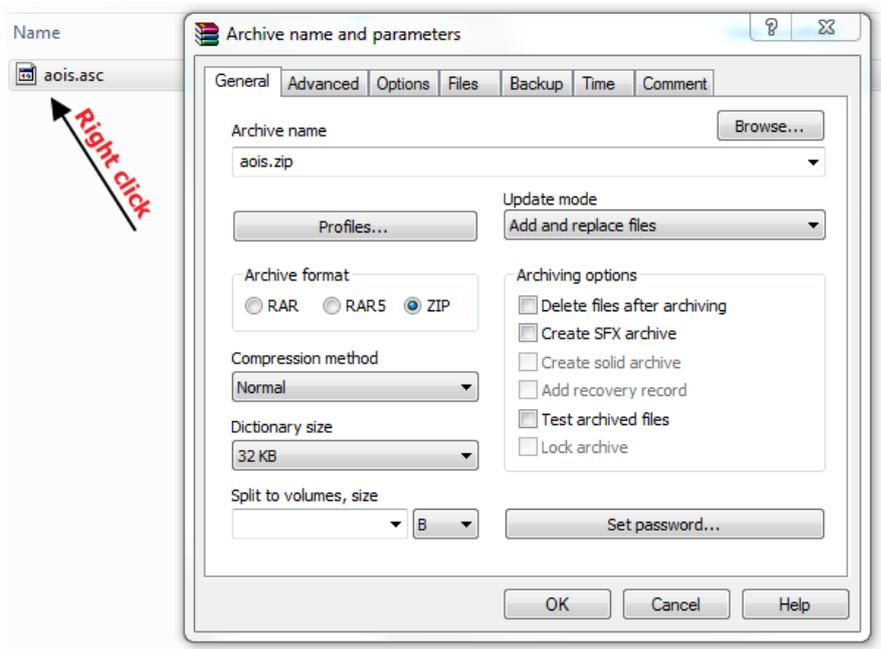
- h. L'étape suivante consiste à exporter cette carte en tant que fichier ascii. Pour ce faire, sélectionnez **Conversion tools (outils de conversion)>>From Raster (depuis raster)>>Raster to (vers) ASCII** dans la boîte à outils. Utilisez le **raster rééchantillonné** comme entrant et appelez votre raster sortant **aois.asc**



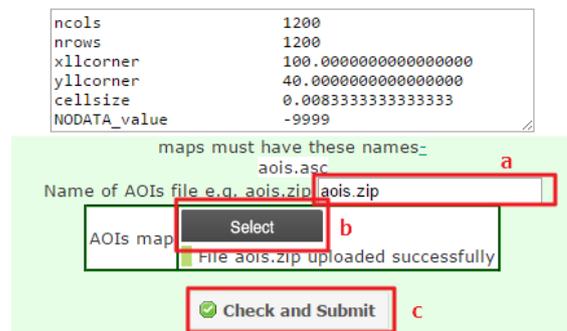
- i. L'étape finale de préparation de vos données pour WaterWorld consiste à naviguer jusqu'au dossier où vous avez sauvegardé votre fichier ascii et zippé le fichier ; vous avez ainsi un fichier avec une extension .zip. Appelez le fichier aois.zip. Si vous n'avez pas de logiciel zip,

vous pouvez utiliser le winrar disponible gratuitement (<http://www.rarlab.com/download.htm>).

- j. Si vous avez winrar (ou tout autre logiciel) pour zipper, faites un clic droit sur le fichier ascii dans votre dossier et sélectionnez le format d'archive **ZIP** (voir l'exemple winrar ci-dessous).

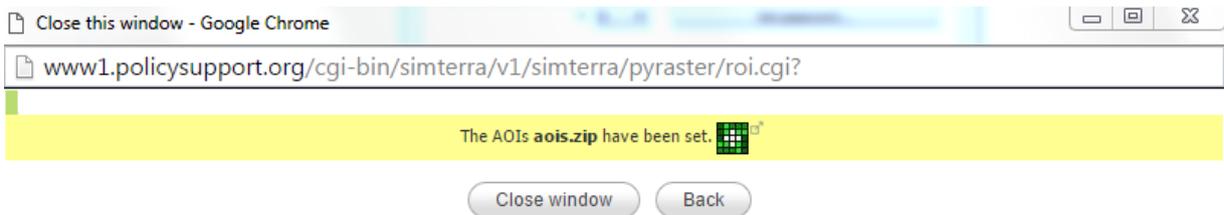


- k. Une fois que vous avez préparé vos données dans un format approprié et avec un nom adapté, vous pouvez les charger dans le système. Assurez-vous de donner un nom adapté au fichier zip (aois.zip) dans la boîte de dialogue du nom (a) puis cliquez sur **Select (sélectionner) (b)**. Ceci vous permettra de naviguer dans le dossier où vous avez sauvé le fichier de données zip.



Vous recevrez un message d'erreur lors du chargement si les données ne sont pas au bon format ou n'ont pas le bon nom. Une fois que vous avez donné un nom et sélectionné les données, vous pouvez cliquer sur **Vérifier et Soumettre (c)**

- l. Si tout va bien, vous verrez l'écran suivant et vous pourrez regarder votre carte chargée en cliquant sur l'icône verte **view map (voir la carte)**.

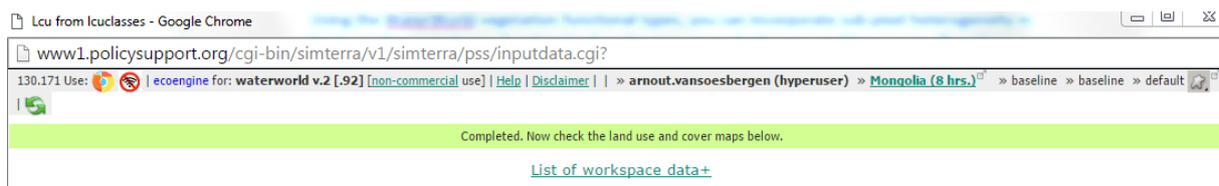


- m. La prochaine étape consiste à remplacer les données de couverture des terres existantes dans le système avec votre carte chargée. Pour ce faire, cliquez à nouveau sur **Step 2 : Préparer les données** et cliquez sur **List Workspace data (Listez les données de l'espace de travail)** dans la



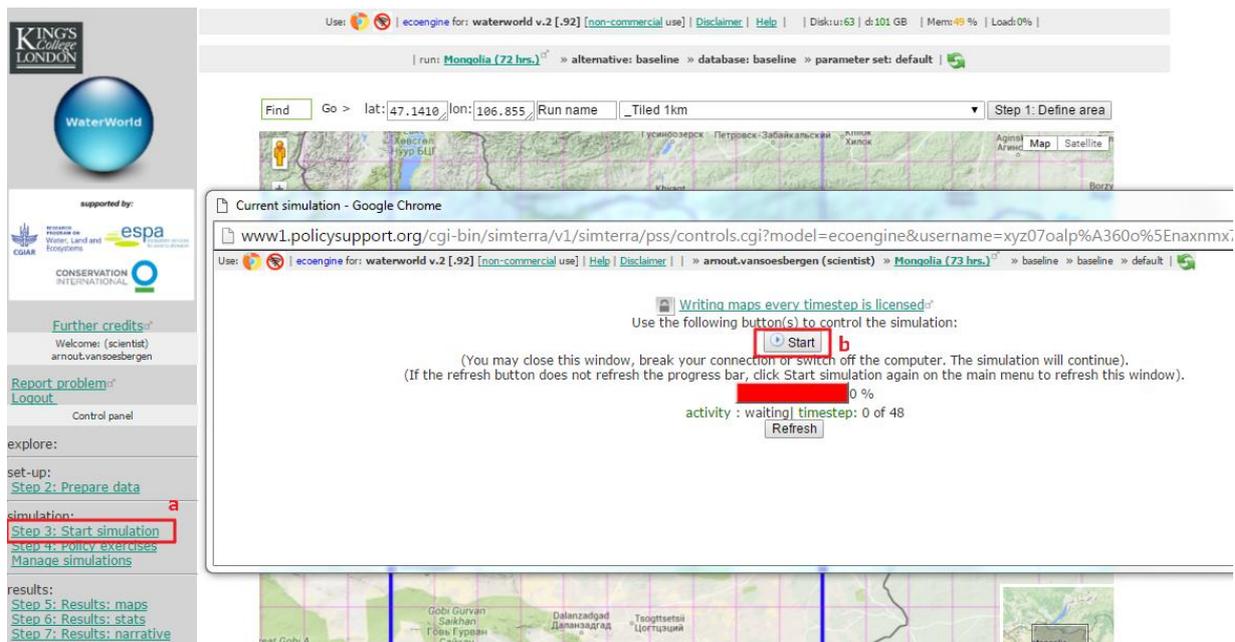
En utilisant la classification GLC2000 dans l'exemple ci-dessus : la classe 18 dans la classification GLC2000 est un mix de la classe d'utilisation des terres correspondant à 80% de pâtures et 20% de terres agricoles alors que les classes 16 et 17 sont des classes associées uniquement aux terres agricoles. Ainsi, la classe 18 est réglée sur 80% de pâture et 20% de terres agricoles, tandis que les classes 16 et 17 sont réglées sur 100% de terres agricoles (**b**). Les classes 2 et 4 sont des classes forestières (couvert arbustif) dans la classification GLC2000 avec environ 90% de couvert arbustif et 10% d'herbacés (buissons/ prés/ autres petits couverts herbacés), tandis que les classes 5,6 et 9 ne présentent que 50% de couvert arbustif, 40% d'herbacés et 10% de couvert nu. Les classes 10-15 sont uniquement des classes de pré et sont ainsi réglées sur 100% grassland (prés) (**c**). Pour toute valeur que vous voulez laisser par défaut, (i.e. données intégrées à WaterWorld), laissez les « - ». Les valeurs pour les aires minières, pétrolières et gazières, urbaines, protégées et les routes sont Booléennes, c.à.d. présentes ou non présentes. La valeur est donc réglée sur 1 pour ces classes.

- p. Une fois que vous êtes satisfait de la classification, cliquez sur **Vérifier et Soumettre** ; WaterWorld remplacera les cartes d'utilisation des terres et de couverture des terres selon ces paramètres. Lorsque ceci est terminé, cliquez sur l'icône  $\pm$  à côté de **Liste des données de l'espace de travail** pour voir la page suivante dans laquelle vous pouvez vérifier les cartes d'utilisation des terres et de couverture des terres qui ont changé.



Dans cet exemple, les cartes pour les pâtures, les terres agricoles, les zones urbaines, le couvert de sol nu, le couvert herbacé et le couvert arbustif seront différentes des données intégrées de WaterWorld. Assurez-vous toujours que les cartes montrent ce que vous voulez, sur la base de vos propres données d'utilisation/ de couverture des terres avant d'exécuter le modèle.

- q. Une autre façon d'utiliser cette fonction consiste à laisser WaterWorld décider des valeurs à appliquer pour les différentes classes. Ceci est possible pour tous les types de couverture des terres où la valeur est affichée comme (-). Lorsque vous donnez un code de votre propre carte d'utilisation des terres dans le champ code et que vous laissez la valeur comme (-), WaterWorld calculera la valeur en se basant sur les statistiques dans les aires couvertes par ce code pour les données intégrées. Par exemple, si vous avez une carte représentant les aires de forêt, vous pouvez donner le code et WaterWorld calculera les valeurs à utiliser pour le couvert arbustif, le couvert herbacé et le couvert nu en se basant sur les statistiques des données intégrées.
- r. Lorsque vous êtes satisfait des données, cliquez sur **Étape 3 : commencer la simulation** dans le panneau de contrôle à gauche (**a**). Dans la nouvelle fenêtre qui s'ouvre, cliquez sur **Commencer** (**b**) pour lancer la simulation. Ceci exécutera le modèle comme décrit dans la section **2.2.3**.



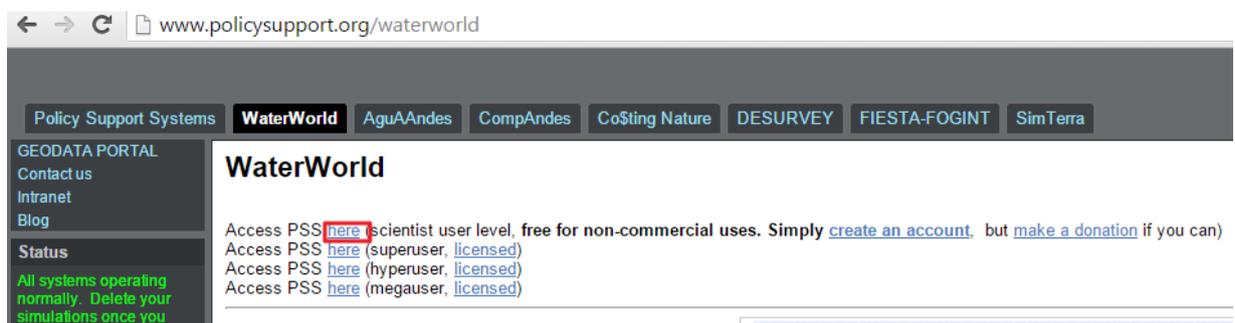
- s. Lorsque vous avez fini d'exécuter le scénario du niveau de référence, vous pouvez alors continuer avec un scénario de simulation comme décrit dans la section 3.

## Annexe II : Scénario : reboiser les aires non forestières

Cette annexe présente comment exécuter un scénario dans lequel des aires non forestières sont reboisées. Cette analyse peut être utilisée pour aider à prioriser les options de restauration de la forêt, en identifiant dans le paysage les aires où la reforestation aurait l'impact positif le plus important sur la réduction de l'érosion du sol et l'approvisionnement en eau.

Cette analyse peut être réalisée en utilisant l'interface utilisateur gratuit Scientifique du système et est très similaire à l'analyse de déboisement expliquée dans le Chapitre 3.

- a. Pour commencer, connectez-vous en tant que Scientifique sur la page de connexion principale.



- b. Une fois connecté, vous pouvez soit accéder à toutes simulations réalisées précédemment pour ce niveau d'utilisateur, soit paramétrer et exécuter un nouveau niveau de référence (voir les sections 2.2.1 à 2.2.3 dans le tutoriel principal pour la manipulation). Par défaut, le système affichera la dernière simulation sélectionnée. Pour sélectionner une autre simulation ou pour retourner à la simulation de niveau de référence pour une aire particulière, utilisez la fonction **Gérer les Simulations** (voir section 4.2).

**Paramétrer le scénario**

- c. Une fois que vous avez fini ou sélectionné une simulation de niveau de référence, cliquez sur **Étape 4 : Exercices politiques** sur le panneau de contrôle à gauche pour paramétrer une simulation de scénario.
- d. Pour réaliser un scénario de reforestation, sélectionnez l'option **Land Use and Cover Change: assess impacts of land-use change (Changer l'utilisation de terres et la couverture des terres évaluer les impacts du changement de l'utilisation des terres)** dans la fenêtre qui s'est ouverte.
- e. Puis cliquez sur l'icône  $\pm$  à côté de **définir votre propre règle** (similaire à la section 3.1.1). Au lieu de déboiser, vous voulez maintenant augmenter le couvert arbustif dans les aires qui n'en ont pas. Il existe de nombreuses façons de cibler l'augmentation du couvert arbustif. Vous pouvez augmenter le couvert arbustif partout où la valeur actuelle de couvert arbustif est 0, restaurant ainsi efficacement la forêt sur chaque pixel sans aucun couvert arbustif. Une autre option consiste à cibler des groupes non forestiers. Les groupes forestiers sont les aires où le couvert arbustif est supérieur à 50% ; ainsi, en utilisant cette carte, les aires présentant un couvert arbustif faible à moyen seront également ciblées en globalité plutôt que sélectionnées pixel par pixel.
- f. Dans cet exemple, réglez la valeur pour le couvert arbustif sur **100%** et pour les herbacés et le sol nu sur **0%**, en sélectionnant la valeur **0** sur la carte de groupes de forêt comme aire cible (target area) et **Define converted areas (Définir les aires converties) en Unchanged (Inchangées)**.

LAND USE AND COVER CHANGE: choose the scenario that you wish to apply.

[View recent land use and cover change](#)

**FOREST TO HERBACEOUS AND HERBACEOUS TO FOREST:** Changing forest cover replaces forest (tree cover) with pasture or cropland (herb cover). Changes of between -99% and 99% represent selective deforestation and afforestation respectively. Deforest a given percentage per pixel of trees with e.g. -15 or reforest by a given percentage per pixel of trees e.g. 15. Specify where and by what percentage (per pixel) deforestation or reforestation should occur:

Use a pre-defined rule:  $\pm$   
 ...or define your own rule:  $\pm$

**CREATE LAND COVER TYPE:** For each row that you want to apply, set the corresponding percentage of tree, herb and bare soil functional types (FTs) per pixel to achieve the land cover that you wish, for example pasture might be 10% tree FT, 85% herb FT and 5% bare FT, a crop might be 10% tree FT 50% herb FT and 40% bare FT

Use a pre-defined rule:  $\pm$   
 ...or define your own rule:

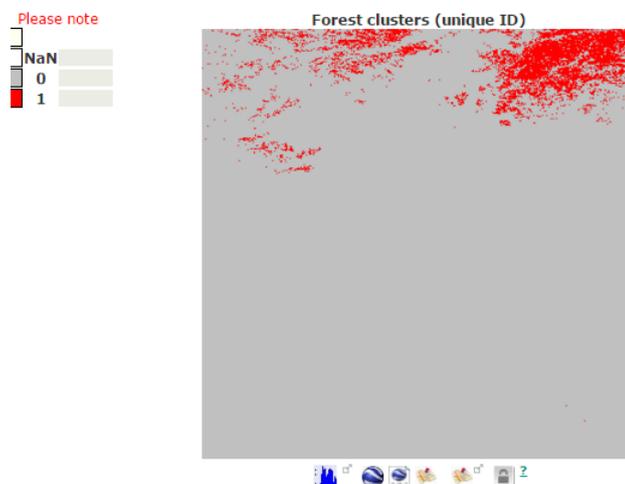
Name for my scenario:

Set/change tree, herb, bare covers: % % % for approx:   of land, cluster,  pixels:  
 where:  is  this value:

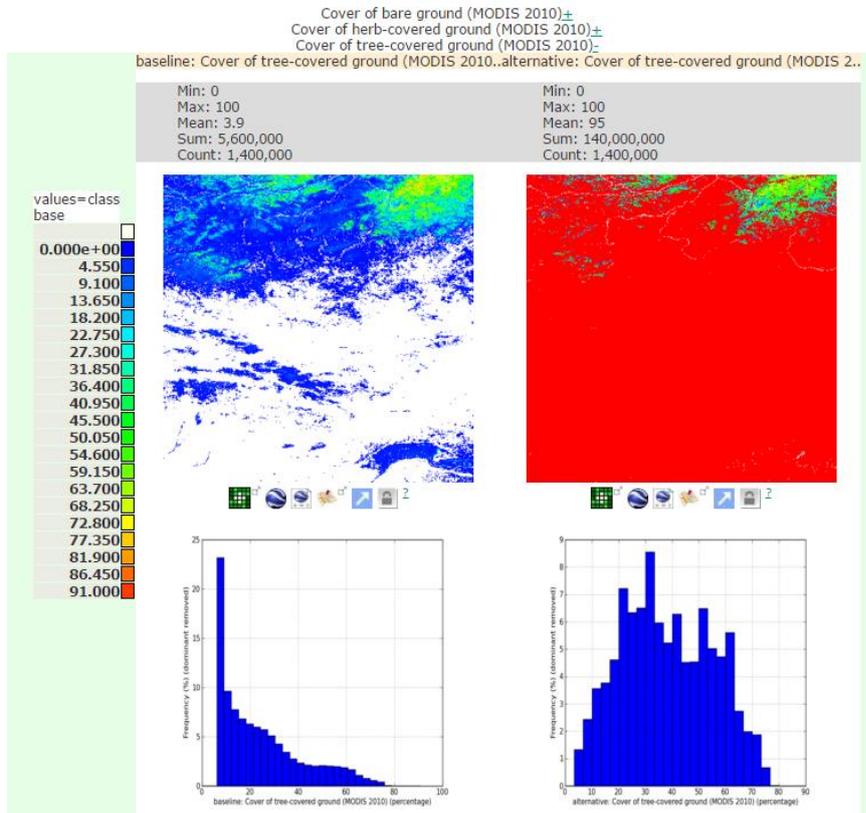
other rules:  $\pm$

Define converted areas as:  Fraction of water exposed to contamination: , or:  scale the default for land use.  
 Mean conversion cost (USD per ha.):

- g. Cliquez sur **Vérifier et Soumettre (Check and Submit)**. Une fois que le scénario est construit, vous pouvez examiner les changements sur les cartes de type fonctionnel de végétation (comme décrit dans la section 3.1.1 dans le tutoriel principal). Le couvert arbustif est maintenant réglé sur 100% en dehors des groupes de forêt.



- h. Maintenant, pour exécuter le scénario, cliquez sur l'icône **Run scenario (Lancer le scénario)** dans la fenêtre qui s'est ouverte après la construction du scénario. Ou cliquez sur **Step 3 : start simulation (étape 3 : commencer la simulation)** sur le panneau de contrôle à gauche. (Assurez-vous de rafraîchir la page afin d'être certain de bien exécuter le scénario de reforestation).



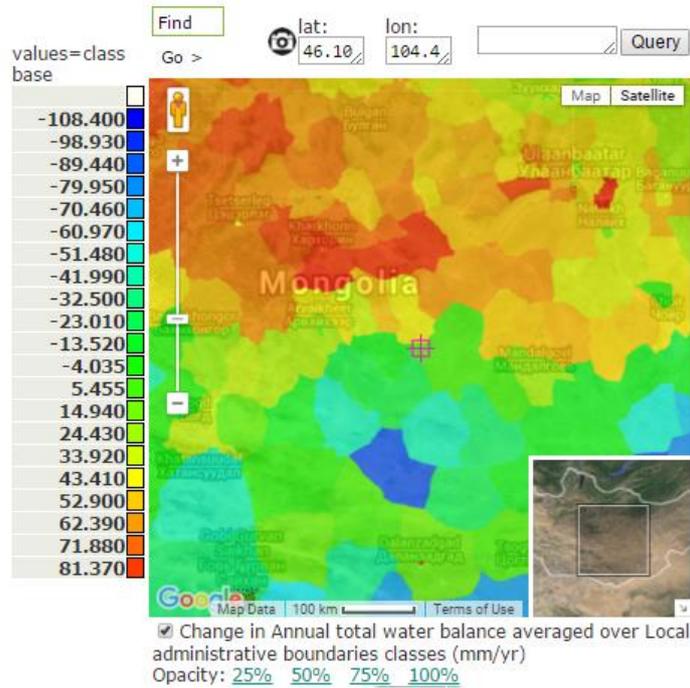
## Résultats

- i. Lorsque la simulation du scénario est finie, vous pouvez examiner les résultats en suivant les étapes expliquées dans la section 3.1.3 dans le tutoriel principal.

Les variables d'intérêt principales dans un scénario de reforestation sont les impacts projetés sur la balance hydrique et l'érosion nette du sol. Ceux-ci peuvent être examinés sur la base du pixel ou agrégés par région. Suivez les étapes de la section 3.1.3 pour voir les changements dans la carte de balance hydrique par région administrative locale. Ceci vous donnera une carte comme celle ci-dessous. Dans notre exemple, la reforestation entraîne des changements de variables dans la balance hydrique : quelques aires subissent une augmentation de l'apport en eau et d'autres montrent une diminution. Bien sûr, la carte sortante basée sur les pixels montrera plus de détails, mais l'agrégation par région simplifie la visualisation des aires particulières où les effets de la reforestation seraient plus importants.

Le changement désiré de la balance hydrique dépend de l'objectif de l'étude. Dans certaines aires, une réduction en eau est bénéfique pour réduire les problèmes de gestion de l'eau tandis que dans d'autres l'augmentation de la balance hydrique est souhaitable. Aussi, le changement dans la balance hydrique et l'érosion dépendra également de la manière dont est faite la reforestation localement (ex. quelles pentes dans l'aire de 1 km<sup>2</sup> sont restaurées) et, par ailleurs, d'autres facteurs non

considérés dans cette analyse, tels que les espèces d'arbres utilisées (ex. différentes espèces d'arbres peuvent avoir différents impacts sur la balance hydrique).



Les changements dans l'érosion nette du sol sont également variables, bien que la plupart des aires voient la réduction de l'érosion nette du sol comme une conséquence de l'augmentation du couvert arbustif. Encore une fois, ceci peut être visualisé à l'échelle du pixel mais de façon similaire à la balance hydrique, il est souvent plus utile d'agrégé ce résultat sur des régions plus larges pour voir où la reforestation aurait un impact plus important.

