

# LUSI - Résultats

## Changements d'affectation de sol et le transport de Si à travers le bassin de l'Escaut

DUREE DU PROJET  
01/01/2007 - 31/01/2011

BUDGET  
653.782 €

### MOTS CLES

Silice biogène ; eutrophisation ; utilisation des terres ; déforestation ; bassin fluvial de l'Escaut.

### CONTEXTE

Les concentrations de nutriments dans la mer du Nord et les estuaires adjacents sont le résultat final des intrants, de la rétention, de la mobilisation et du transport à l'échelle du bassin de N, P et Si. Traditionnellement, l'eutrophisation est abordée comme un problème d'augmentation des apports humains de N et de P. En revanche, les concentrations de Si dissoutes sont essentiellement considérées comme exemptes d'influence anthropique. Le transfert de Si dissoute (DSi) vers les rivières est généralement considéré comme résultant d'un processus purement géochimique, impliquant uniquement une météorisation chimique directe de minéraux du sol. Par conséquent, l'émission de DSi en provenance de systèmes terrestres affectés par les activités humaines dans les masses d'eau est considérée comme relativement constante en comparaison avec des systèmes naturels vierges. L'incorporation par des diatomées dans le continuum de la rivière était le facteur principal utilisé pour expliquer les changements de profil DSi à travers le temps. Les études actuelles indiquent clairement que la couverture végétale peut avoir un impact considérable sur les flux de Si à travers les écosystèmes terrestres. Il devient apparent que les écosystèmes sont capables d'emmagasiner une quantité importante de Si en tant que Si amorphe, biogène ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  amorphe, BSi), tant dans le sol que la végétation. La BSi est nettement plus soluble que la Si minérale, et les flux de Si terrestres sont donc potentiellement fortement contrôlés par le biote. Il en résulte que les changements d'utilisation des terres et les changements concurrents de couverture végétale ont un impact potentiel important sur les flux de Si à travers les bassins fluviaux.

### OBJECTIFS

Ce projet avait pour objectif de répondre à la question de savoir si les flux de Si à travers un bassin fluvial, atteignant finalement la mer, peuvent changer en raison de changements d'utilisation des terres. Ces changements ont été budgétisés pour le bassin de l'Escaut, en tenant compte du ruissellement en surface, du drainage du sous-sol et du stockage et du cyclage à travers la végétation.

Les résultats seront utilisés pour évaluer l'effet des changements d'utilisation des terres au fil de périodes historiques sur les flux Si. De surcroît, le but est de formuler des recommandations en ce qui concerne la planification des terres eu égard à la réduction de l'eutrophisation, en partant du point de vue de Si dans les ratios de nutriments. En l'occurrence, cette étude de Si peut constituer une image miroir pour les aspects N et P du problème de l'eutrophisation, et fournir de nouveaux points de vue précieux dans notre conception en évolution de l'eutrophisation.

### RÉSULTATS ET DISCUSSION

Notre étude sur l'habitat et le bassin hydrologique à petite échelle montre que dans les bassins agricoles, BSi est un composant important des flux de Si totaux, contrairement aux bassins forestiers. Le transport de BSi survient essentiellement au cours de cas de précipitations. L'érosion induit une mobilisation importante de couche arable et donc de BSi en provenance d'écosystèmes de terres cultivées. Au cours d'événements de pointe, un échange clair existait entre les concentrations de DSi et de BSi, et BSi devenait souvent la forme dominante de Si bioréactif transporté dans les terres cultivées.

Sur la base de nos résultats, nous proposons un nouveau modèle conceptuel pour les flux Si liés à la déforestation. Le développement forestier initial est caractérisé par la libération de petites quantités de DSi du gisement de BSi du sol, comparé à la quantité ajoutée annuellement au gisement de BSi du sol et de la végétation. Les forêts en développement forment des puits nets de DSi : malheureusement, peu ou pas d'études abordent actuellement les dynamiques Si dans les forêts en développement. À un moment donné, un état d'équilibre finit par être atteint : cette étape est caractérisée par des réserves de BSi du sol importantes, croissant lentement. La végétation forestière stimule la météorisation du substrat rocheux de silicates à travers des hausses du contenu en  $\text{CO}_2$  des terres, la production d'acides organiques et la stabilisation de la couverture du sol organique. Les arbres absorbent la Si dissoute (DSi) météorisée et la dispersent en tant que corps végétaux BSi (phytolithes) dans leur biomasse. La majeure partie de la DSi météorisée passe à travers la biomasse avant d'être finalement libérée dans les rivières.

# LUSI - Résultats

## Changements d'affection de sol et le transport de Si à travers le bassin de l'Escaut

Les flux de Si d'exportation éventuels issus des sols de forêts climaciques sont contrôlés par la dissolution des phytolithes du sol. Avec la déforestation, la quantité de DSi exportée à partir des sols forestiers augmente de manière draconienne avec la dissolution des réserves de BSi. Toutefois, on peut s'attendre à ce que les flux de DSi diminuent à nouveau progressivement au fil du temps étant donné qu'il y aura un déséquilibre fondamental : la production de BSi biogène ne compense plus la quantité totale d'ASi dissoute, étant donné que la récolte des cultures empêche le réapprovisionnement des stocks de BSi du sol. L'érosion du sol augmentera et la BSi sera enlevée physiquement des sols, particulièrement pendant les événements de précipitations. Les flux de TSi accrus ne dureront que jusqu'à ce que le sol atteigne un nouvel état cultivé climacique, caractérisé par des flux de TSi d'exportation inférieurs. L'absence de végétation à enracinement profond et l'absence d'une couche organique de sol significative restreint les mécanismes de météorisation stimulés par la végétation.

Les résultats de nos recherches prouvent que la récolte de Si agricole massive, ainsi que l'importation et l'exportation d'aliments de pays, réduisent les mécanismes potentiels de biocontrôle et de biostimulation dans les bassins fluviaux du monde entier. La récolte de silicium agricole constitue donc une nouvelle boucle importante dans le cycle de la silice, et sa fonction de puits s'ajoute et dépasse potentiellement d'autres puits importants de Si de création anthropique, comme le dépôt de BSi dans les lacs et réservoirs et la réduction de la stimulation de la météorisation après la déforestation. Nous recommandons fortement d'entamer des recherches axées sur cette nouvelle boucle de cyclage de Si biogéochimique, par l'évaluation du cycle de vie détaillé de BSi récoltée, et des recherches axées sur le décroissement de Si du sol et les conséquences biogéochimiques dans les bassins fluviaux agricoles dans le monde entier.

Enfin, nous avons également accompli des progrès sensibles dans notre connaissance de techniques d'analyse de BSi dans les sols et les sédiments en suspension. Nous avons découvert des seuils de concentration dans lesquels les méthodes d'extraction alcaline traditionnelles sont applicables pour les sols terrestres, et élaborons de nouvelles techniques d'extraction continue pour acquérir une meilleure connaissance des interférences lithologiques et de la réactivité de BSi. Nous avons également testé le modèle conceptuel en étudiant l'utilisation des terres et les flux de Si dans les gradients d'âge d'utilisation des terres (en coopération avec l'université de Lund, Suède) dans le sud de la Suède. Les gradients d'âge dans l'utilisation des terres étudiés ici ont indiqué que notre modèle conceptuel reste vrai dans d'autres environnements. Enfin, nous avons résumé la compréhension actuelle de l'effet d'écosystèmes sur les flux de Si terrestres dans un ensemble de recommandations scientifiques pour le futur.

Les résultats de nos recherches soulignent la nécessité d'améliorer notre compréhension des impacts de l'utilisation des terres sur les fluctuations de Si biogéochimique, avec un millénaire de perturbation des sols après la déforestation menant à des réductions par 2, voire par 3 des flux de TSi d'un bassin hydrologique où la zone côtière adjacente a rencontré des problèmes significatifs d'eutrophisation côtière causée par des changements dans les apports en Si/P et Si/N des rivières au cours des trois dernières décennies.

### NOS RÉSULTATS ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

- L'intégration de nos constatations dans les modèles améliorera leur qualité eu égard à l'eutrophisation dans les rivières et la zone côtière : la capacité de prévision d'événements d'eutrophisation augmentera. Dès lors, des organisations telles que OSPAR et l'UE en général peuvent bénéficier des résultats de nos recherches. Nous fournissons l'ensemble de nos données sous la forme d'ensembles de données prêts à l'emploi à MUMM (Management Unit of the North Sea Mathematical Models).
- La mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau bénéficiera de ce projet, étant donné que l'effet de l'utilisation des terres sur Si peut être utilisé dans la construction de conditions de référence. Les résultats peuvent également avoir un impact sur les objectifs de conservation, étant donné que les fluctuations de silice ont été intégrées dans l'établissement d'objectifs de conservation de certains habitats tels que les marais intertidaux.
- Les mesures visant à réduire l'érosion changeront également l'apport de Si aux systèmes aquatiques. Le projet apportera des connaissances afin de lier ces deux aspects. La reforestation a un effet sur le stockage de Si. Dès lors, l'effet de la reforestation de changement de ratios de nutriments peut être évalué.
- Nos observations ont montré l'importance de l'utilisation des terres et de la couverture des terres comme facteurs de régulation du transport fluvial de Si, tant BSi que DSi. Une fois intégrées dans les modèles biogéochimiques, nos données fourniront de précieux intrants pour la gestion intégrée de bassins hydrologiques.



# LUSI - Résultats

Changements d'affectation de sol et le transport de Si à travers le bassin de l'Escaut

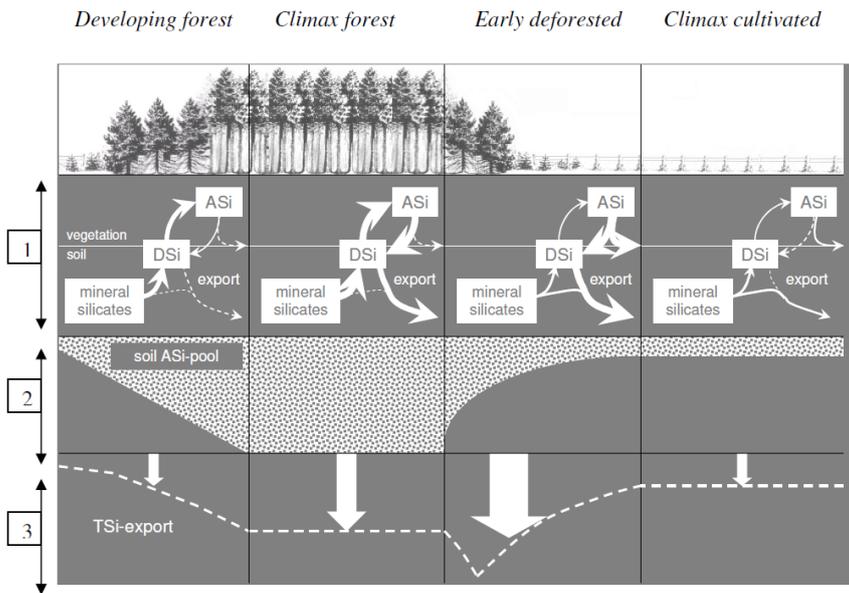


Illustration résumé : Un nouveau modèle conceptuel pour les changements de cyclage Si tenant compte de la perturbation à long terme des sols. (1) Hypothèse de fluctuations Si en forêt en développement, forêt climax, zones en début de déforestation, zones cultivées en équilibre, les réserves d'ASi de sol associées (2) et la magnitude d'exportation de TSi (3) en résultant. En (1), les cadres représentent les réserves de Si. Les flèches représentent les flux : l'épaisseur des flèches représente l'ampleur des flux. Les flèches pointillées représentent des flux non pertinents. En (2), la zone en pointillé représente la taille du gisement d'ASi du sol. En (3) les tailles des flèches représentent les flux TSi relatifs. La ligne pointillée représente l'évolution hypothétique de la taille des flux TSi.

## CONTACT INFORMATION

### Coordinateur

**Patrick Meire**  
 Universiteit Antwerpen (UA)  
 Departement Biologie, ECOBE  
 Universiteitsplein 1c  
 B-2610 Wilrijk  
 Tel: +32 (0)3 820 22 74  
 Fax: +32 (0)3 820 22 71  
 Patrick.meire@ua.ac.be  
 www.ua.ac.be/ecobe

### Promoteurs

**Gerard Govers**  
 Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven)  
 Physical and Regional Geography Research Group  
 Celestijnenlaan 200E  
 B-3001 Heverlee  
 Tel: +32 (0)16 32 64 23  
 Fax: +32 (0)16 32 64 00  
 gerard.govers@geo.kuleuven.ac.be  
 http://www.kuleuven.ac.be/geography/frg/ind  
 ex.htm

**Bas Van Wesemael**  
 Université Catholique de Louvain (UCL)  
 Département de Géographie  
 Place Louis Pasteur 3  
 B-1348 Louvain-la-Neuve  
 Tel: +32 (0)10 47 20 56  
 Fax: +32(0)10 47 28 77  
 vanwesemael@geog.ucl.ac.be  
 http://www.geo.ucl.ac.be/

