

Le projet NAVEBGO: Réduction durable de l'apport de biocides dans les eaux souterraines du Rhin supérieur



Contexte initial et objectifs du projet

L'aquifère transfrontalier du Rhin supérieur assure de précieux services écosystémiques, tant pour l'approvisionnement en eau potable que pour l'irrigation, qui doivent être protégés aujourd'hui et pour les générations futures. Une étude récente réalisée dans un quartier de Fribourg a montré un apport significatif dans les eaux souterraines de biocides, tels que le diuron, la terbutryne et l'octhiline et de leurs produits de transformation, provenant des peintures et enduits utilisés dans la construction de ce quartier. Des apports similaires, voire plus importants, sont probables dans d'autres zones urbaines, tant du côté allemand que français. Il est donc urgent d'identifier et de quantifier le devenir dans les eaux souterraines des résidus des biocides utilisés dans les matériaux de construction. Le devenir et la toxicité de ces substances restent largement méconnus, et un risque pour l'homme et l'environnement ne peut être exclu. Dans une approche interdisciplinaire, le projet NAVEBGO (Fig. 1) se déploie sur trois sites d'étude : les villes de Fribourg, Landau, Strasbourg et selon trois stratégies pour réduire durablement les apports de biocides et de leurs produits de transformation dans l'aquifère du Rhin supérieur.

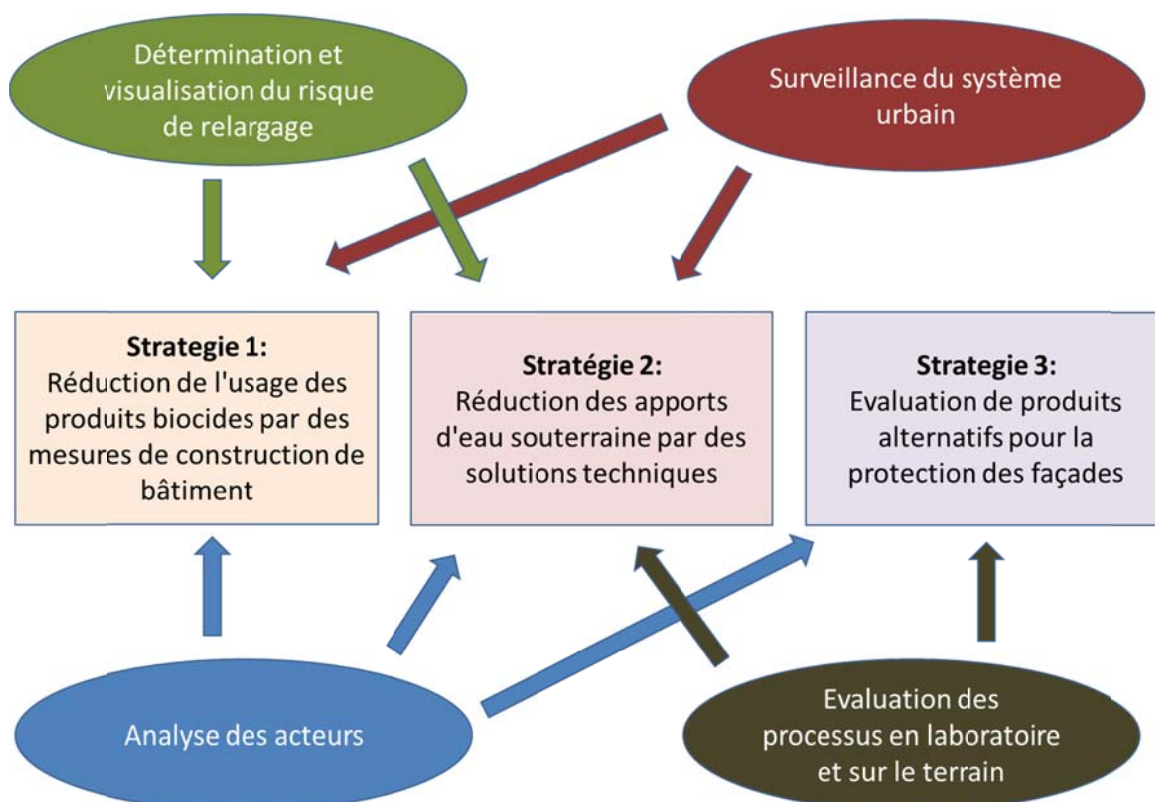


Fig.1: Stratégies (rectangle) et mesures (ovales) de NAVEBGO

Stratégie 1: Réduction de l'utilisation des produits biocides grâce aux précautions de construction

Sur les façades des bâtiments, les dépôts d'algues et les champignons peuvent apparaître et sont visibles sous la forme d'une pellicule gris-verdâtre à noir. Cela affecte l'apparence visuelle, en particulier des surfaces extérieures brillantes. D'autre part, l'impact de ces dépôts sur la durabilité des surfaces n'est pas connu. La protection durable des façades commence lors de la planification du bâtiment et comprend des mesures structurelles telles que le choix des matériaux de construction appropriés ou la conception même de la façade (par exemple, au moyen de saillies de toiture protégeant les façades contre les intempéries). En principe, les surfaces sèches en permanence sont moins affectées par les algues et les champignons et une suppression des produits biocides serait même envisageable. Pour les bâtiments existants, le simple fait d'éviter une ombre liée à la végétation à proximité peut également contribuer à réduire la présence d'algues et de champignons. Ainsi, l'environnement de la façade doit être soigneusement planifié et des compromis explorés pour permettre un ombrage suffisant permettant une protection thermique en été. Un drainage de façade adapté avec la mise en place de gouttières et de zones d'éclaboussure sur le pied de façade apparaît comme une mesure structurelle qui peut être mise en œuvre par la suite pour protéger les façades des dommages causés par l'humidité.

Sur la base des données SIG existantes auprès des partenaires associés dans les administrations municipales de Landau, de Fribourg et de Strasbourg, NAVEBGO analysera l'état du risque pour les eaux souterraines présentes sous ces trois zones urbaines. Les inspections de site intégreront la conception locale des façades et le drainage des écoulements de façade afin de déterminer le risque de relargage de biocide qui en résulte. Les aspects spécifiques, tel que la préconisation de façades minimisant l'utilisation de biocides sera inclus dans cette évaluation. Le système de drainage urbain joue également un rôle central. Sur la base de la surface des façades traitées, une première estimation du potentiel de contamination pourra ensuite être effectuée, ainsi qu'une série de recommandation concernant l'utilisation des peintures les plus courantes. Cette évaluation sera ensuite progressivement affinée par une modélisation spatialisée. Le modèle de bilan hydrique Urban RoGeR basé sur les processus clés du cycle de l'eau et l'outil d'analyse FReWaB-PLUS, développés par le concepteur à Fribourg, déjà opérationnels seront utilisés pour permettre une visualisation sur des cartes numériques interactives à partir d'une plate-forme Internet pour mieux percevoir l'ampleur du risque de contamination des eaux souterraines.

Une analyse du contexte socio-économique permettra d'identifier les acteurs pertinents dans les 3 villes étudiées et leur sensibilité aux précautions structurelles précédemment décrites, ainsi qu'au risque de relargage de biocides. Ainsi, les arguments en faveur d'une conception architecturale optimisée vis-à-vis du risque de relargage de biocides pourront être recueillis et la faisabilité de stratégies alternatives sera évaluée. Les différences de réglementation liées à l'urbanisme entre la France et en Allemagne posent des défis particuliers en matière de droit de la construction et des exigences d'utilisation des sols, fournissant aux acteurs de la planification urbaine différents instruments de pilotage. Une contribution importante de NAVEBGO sera de préparer sur la base des résultats du projet des supports d'information en allemand et en français spécifiques à la région du Rhin supérieur et aux acteurs concernés qui y sont basés. Finalement, différents acteurs seront amenés à réduire leur usage de produits biocides grâce à une information ciblée et une réglementation adaptée (par exemple, par des spécifications dans les plans de développement urbain).

Stratégie 2: Réduction des apports aux eaux souterraines par des solutions techniques

La lixiviation des biocides et de leurs produits de transformation depuis les façades lors des précipitations a été démontrée dans plusieurs villes européennes. Ce phénomène affecte potentiellement la région du Rhin

supérieur et a été confirmé par l'étude mentionnée précédemment dans la zone urbaine de Fribourg. De plus, la formation *in situ* de produits de photo-transformation sur une façade a été démontrée dans cette étude. Une contamination par des biocides et leurs produits de transformation a pu être déterminée dans les réseaux de collecte des eaux pluviales et dans deux systèmes d'infiltration (également appelés noues). Cependant, une quantification et une évaluation précise des différentes voies de contamination des eaux souterraines n'ont pas été réalisées. Ce n'est que lorsque les voies de transfert dominantes, différents probablement d'un quartier à l'autre, auront été identifiées dans les trois villes étudiées puis généralisées à d'autres zones urbaines, que des mesures techniques permettant de protéger efficacement les eaux souterraines dans le Rhin supérieur pourront être identifiées.

Par conséquent, NAVEBGO prévoit un **programme de suivi dans les 3 zones urbaines cibles**. Ici, des dépôts atmosphériques des substances cibles comme le diuron, la terbutryne et l'octhiline et leurs produits de transformation connus seront mesurés dans les 3 sites d'étude. L'objectif est de déterminer la contribution atmosphérique et ainsi estimer la contribution spécifique du lessivage des façades. Les transferts vers le réseau d'eau pluviale seront évalués par un échantillonnage à différents endroits. Sur la base de la stratégie décrite dans l'étude de terrain, des échantillons d'eau seront analysés dans le système de collecte des eaux pluviales provenant des murs et façades, jusqu'au niveau des zones d'infiltration. Un élément important et jusqu'à présent totalement inconnu consistera à étudier la contribution des biocides transportés en phase particulaire par les sédiments dans le système de collecte des eaux pluviales. Ces sédiments peuvent contribuer à une diminution temporaire des concentrations de biocides mais constituent également des environnements privilégiés pour leur transformation. Pour cette raison, ils seront échantillonnés en divers endroits du système de collecte des eaux pluviales et dans les zones d'infiltration. L'échantillonnage des eaux souterraines à la verticale dans les trois villes complètera la stratégie d'échantillonnage et permettra d'établir des bilans de masse complets pour certains quartiers cibles. Les données recueillies seront également utilisées pour valider les simulations de relargage des biocides et permettra la comparaison de la contamination des eaux souterraines dans les 3 zones d'études du projet.

De plus, l'accent sera mis sur les ouvrages d'infiltration des eaux pluviales (puits ou zones d'infiltration). Ces ouvrages permettent de soulager les réseaux d'eau pluviale en favorisant l'infiltration rapide des eaux de ruissellement accumulées à l'amont. Ces ouvrages présentent, du point de vue des micropolluants et en particulier des biocides, un risque de transfert direct vers la nappe sans bénéficier du rôle épurateur des sols. L'effet de filtre créé par ce lent passage au travers du sol sera étudié dans NAVEBGO par des expériences en mini-lysimètres. À cette fin, des cylindres d'acier seront remplis de terre et alimentés par des solutions contenant des biocides. L'analyse isotopique composé-spécifique (AICS) de biocides cibles combinée à une quantification par LC-MS / MS dans l'eau de percolation permettra d'évaluer la contribution des processus de rétention et de transformation des biocides et de quantifier les flux entrant dans les eaux souterraines. De plus, des traceurs hydrologiques seront utilisés pour évaluer les temps de transit et la réactivité des biocides. Les drains de gravier à la base des bâtiments représentent une autre voie de transfert potentielle. Compte tenu du rôle de dissipation du ruissellement provenant directement des façades, cette voie sera également étudiée dans NAVEBGO à l'aide de petits lysimètres et de traceurs artificiels.

Si les voies d'entrée les plus importantes sont connues, des mesures techniques visant à diminuer au maximum les entrées pourront être identifiées et leur efficacité évaluée. Ici, par exemple, une augmentation de l'effet filtrant du drainage du gravier ou de son interdiction est envisageable. En outre, les sédiments du système de drainage urbain pourraient être éliminés ou la couche de sol des puits ou zones d'infiltration pourrait être optimisée et remplacée régulièrement si nécessaire. Pour toutes les mesures, NAVEBGO élaborera des analyses coûts-bénéfices, identifiera les acteurs pertinents et analysera leur capacité d'action ainsi que les obstacles potentiels réels et perçus. Une mise en œuvre des premières mesures sera envisagée dans le cadre du projet grâce à une coopération directe avec les 3 municipalités.

Stratégie 3: Évaluation des produits de substitution pour la protection des façades

Les différents types de revêtements ont une sensibilité différente aux attaques d'algues ou de champignons. L'effet protecteur des produits biocides est de plus limité dans le temps une fois les principes actifs relargués, lessivés ou dégradés. Par conséquent, pour la protection de la façade, si cela est techniquement possible, les matériaux sans finition biocide supplémentaire doivent être privilégiés, par exemple avec des peintures ou des enduits incluant de la résine. Néanmoins, si la protection chimique ne peut être supprimée, les façades doivent être traitées avec des biocides encapsulés, en fonction de leur exposition. Les taux de lixiviation lors de la première année s'avèrent souvent nettement réduits, mais la formation de produits de transformation n'a pas encore été suffisamment étudiée. De plus, une utilisation de nanoparticules pour la protection des façades peut également être envisagée. Les nanoparticules de silice augmentent la dureté des peintures de façade et améliorent leur résistance à l'usure, aux rayures et aux intempéries. Le dioxyde de titane à l'échelle nanométrique est bactéricide et est utilisé dans les peintures de façade en raison de son activité photocatalytique et de sa protection UV. Les nanoparticules d'argent protègent également les surfaces traitées contre les bactéries. Cependant, il a été démontré que les nanoparticules d'argent et de dioxyde de titane sont également inacceptables pour l'environnement et ne sont pas en mesure d'empêcher complètement la croissance bactérienne et algale sur les substrats testés. Ainsi, leur effet protecteur s'avère limité vis-à-vis de la colonisation fongique et algale.

NAVEBGO examinera les autres produits de protection de façade disponibles sur le marché et évaluera leur efficacité en vue de réduire la lixiviation des biocides. Dans les **expériences de façade**, les fragments de paroi traités aux biocides seront comparés à des fragments traités avec des biocides encapsulés, des nanoparticules ou des enduits minéraux traditionnels. Le ruissellement généré sur la façade sera échantillonné sous pluie artificielle et en extérieur sous pluie réelle. L'analyse isotopique composé-spécifique (AICS) permettra d'évaluation la contribution des processus de transformation et les différents produits de transformation seront caractérisés par LC-MS/MS. Bien que la fonction de protection (à une possible prolifération algale ou fongique) ne puisse être évaluée à ce stade dans la durée du projet, la mobilisation des nanoparticules, les biocides et les produits de transformation pourront être étudiés, et une **évaluation écotoxicologique des eaux de ruissellement** provenant des façades pourra être menée. Pour cela, des expériences écotoxicologiques seront effectuées avec les substrats de départ et avec le ruissellement. Des tests inhibition de croissance de l'algue verte *Desmodesmus subspicatus* seront menés et examinés selon la directive OECD 201 et le comportement d'agglomération des nanoparticules dans les échantillons collectés sera quantifié par diffusion de lumière dynamique. En outre, des tests d'immobilisation aiguë seront menés avec le crustacé *Daphnia magna* conformément à la directive 202 de l'OCDE. Dans les deux essais, l'effet des nanoparticules sera comparé avec celui des biocides et des produits de transformation. Sur la base de ces observations, NAVBGO élaborera et communiquera des recommandations sur les produits alternatifs actuellement disponibles sur le marché pour la protection des façades.

Une analyse des acteurs examinera les perceptions et les pratiques des acteurs concernés (les propriétaires, mais avant tout les peintres et les artisans). Les processus et les critères de sélection des produits de protection de façade utilisés, ainsi que les freins ou les avantages des produits de substitution dans la protection des façades, seront évalués du point de vue des utilisateurs. Enfin, les arguments en faveur ou en défaveur des solutions alternatives pourront être analysés, et feront partie des supports d'information produits par NAVBGO. Un aspect transfrontalier important est le fait que de nombreuses entreprises de construction et de peinture travaillent tant du côté français que du côté allemand, et peuvent ainsi transférer efficacement des pratiques alternatives dans la région du Rhin supérieur.

Mise en œuvre et diffusion des connaissances

L'avancée des travaux de NAVEBGO sera directement visualisée et communiquée grâce à une plateforme en ligne. Le risque de lessivage et de transport de biocides sera visualisé grâce à des cartes numériques interactives pour les trois villes, en mentionnant la taille des façades, les caractéristiques et la connexion au système de gestion d'eau pluviale et aux zones d'infiltration. De plus, de nouveaux bâtiments ou des rénovations en cours pourront être directement évalués pour identifier d'éventuelles émissions de biocides. Les points d'accès d'entrée d'eau souterraine et les mesures d'atténuation proposées ou déjà mises en œuvre pourront être identifiés dans la plateforme d'information en ligne. Pour les sites d'investigation, les cartes numériques seront constamment actualisées au cours du projet et serviront de base de documentation du travail du projet. Un blog d'actualités sera créé sur la plateforme en ligne de NAVEBGO, où les événements pertinents et les dernières découvertes seront mis à jour. De plus, un bulletin d'information NAVEBGO sera préparé et envoyé aux personnes intéressées. Pour les communiqués de presse, les organes compétents des trois universités partenaires seront utilisés. Une communication de l'actualité du projet NAVEBGO sera relayée sur divers médias sociaux (par exemple, Research Gate, Facebook, etc.).

Un modèle Web innovant (FReWaB-PLUS) pour simuler simplement des volumes d'eau et des charges de biocides servira d'interface à la mise en œuvre pratique des résultats de NAVEBGO. Ce modèle a déjà été testé avec succès dans une zone résidentielle à Fribourg. Une période de 17 ans a été modélisée, permettant de calculer le bilan total d'exports de trois biocides (terbutryne, diuron et octhinilone) sur la base des données de la littérature issues d'études en laboratoire. FReWaB-PLUS fonctionne directement dans le navigateur Web sans difficulté d'installation et grâce à sa facilité d'utilisation, il peut être facilement utilisé par les urbanistes et les autorités locales. Le logiciel sera accessible gratuitement au début du projet sous www.biozidauswaschung.de et sera disponible gratuitement. Il sera traduit en français dans le cadre de NAVEBGO et enrichi de nouveaux résultats de produits biocides et de voies de transformation et de transport pertinentes. Des sessions d'information et de formation présenteront les travaux du projet à diverses parties prenantes, ce qui en fait un outil important pour la mise en œuvre et la diffusion des résultats du projet NAVEBGO dans toute la région du Rhin supérieur, en plus des brochures d'information produites.