Modélisation de transfert des nitrates dans les eaux souterraines : application à la nappe alluviale de l'oued Nador

Résumé

La plaine côtière de Nador est située à l'ouest d'Alger, dans la région de Tipaza. C'est une plaine alluviale qui s'étale sur environ 20 km^2, caractérisée par ses terres fertiles exploitées par une activité agricole intense et par la présence d'une nappe peu profonde. La contamination des eaux de la nappe par les nitrates depuis plus d'un demi-siècle constitue une menace majeure qui préoccupe les autorités locales et les agriculteurs.

Les teneurs moyennes en nitrate estimées entre 1995 et 2018 mettent en évidence une hausse considérable de la présence de ce polluant dans les eaux souterraines. Le taux ainsi mesuré dépasse largement les normes de qualité fixées à 50 mg/L par les autorités algériennes et par l'OMS. Face à l'ampleur de cette pollution, des actions doivent être prises et une nouvelle politique de gestion des ressources souterraines et de l'activité agricole doit être mise en place. Afin d'aboutir à une meilleure maitrise de la dynamique des nitrates, une approche par modélisation s'avère nécessaire.

Dans notre travail, un modèle de susceptibilité du transfert des nitrates à partir du sol vers les eaux souterraines a été réalisé. Ce modèle combine la méthode *d'Analyse Hiérarchique des Procédés* (*AHP*) et le *Système d'Information Géographique* (*SIG*).

La démarche suivie allie les fonctionnalités de l'analyse multicritère et la spatialisation des résultats. En effet, selon notre analyse, le transfert des nitrates est régi par deux critères. D'une part le critère hydrogéologique et topographique (C1) regroupant : la profondeur de la nappe, les matériaux de l'aquifère, les matériaux de la zone non saturée, la conductivité hydraulique, la topographie, l'occupation du sol, le type de sol et l'infiltration et d'autre part, le critère physico-chimique du polluant (C2) qui regroupe la solubilité et l'adsorption. Ces deux critères ont été identifiés, standardisés, pondérés et agrégés en se basant sur l'*Analyse Hiérarchique des Procédés* (*AHP*). La superposition pondérée des cartes critères (C1 et C2) permet de mettre en évidence cinq classes d'aptitude de transfert des nitrates.

La classe « *très élevée* » représente 72 % de la surface de la plaine. Elle est localisée majoritairement à l'Est et au centre de la région d'étude, correspondant aux zones à fortes activités anthropiques. Enfin, le taux de coïncidence élevé entre les concentrations en nitrates des eaux de la nappe (Octobre 2018) et les différentes classes d'aptitude a permis de confirmer la fiabilité et la validité de la carte élaborée.

Mots clé : Modélisation, pollution, analyse multicritère, Analyse Hiérarchique des Procédés (AHP), Système d'Information Géographique (SIG), nitrates, Cartographie, eaux souterraines, carte de susceptibilité, Nador.

Abstract

The coastal Nador plain is located west of Algiers, in the region of Tipaza. It is an alluvial plain spread over about 20 km^2, characterized by its fertile land exploited by intense agricultural activity and by the presence of a shallow aquifer. Nitrate contamination of groundwater for more than half a century is a major threat of concern to local authorities and farmers.

The mean nitrate concentrations estimated between 1995 and 2018 indicate a significant increase of this pollutant in groundwater. The measured rate values greatly exceed the quality standards set at 50 mg/L by the Algerian authorities and by the WHO. Given the scale of this pollution, we must act and implement a new policy for managing underground resources and agricultural activity. In order to achieve a better control of nitrate dynamics, a modeling approach is necessary.

As part of our research, a sensitivity model of nitrates transfer from soil to groundwater was carried out. This model combines the Hierarchical Process Analysis (HPA) method and the Geographic Information System (GIS).

The approach adopted combines the features of multi-criteria analysis with the spatialization of results. According to our analysis, nitrate transfer is governed by two criteria. On the one hand, the hydrogeological and topographical criterion (C1) grouping together: the depth of the water table, the materials of the aquifer, the materials of the unsaturated zone, the hydraulic conductivity, the topography, the land use, the type of soil and the infiltration. On the other hand, the physico-chemical criterion of the pollutant (C2) which includes solubility and adsorption. These two criteria were identified, standardized, weighted and aggregated based on the Hierarchical Process Analysis (HPA). The weighted overlay of the criteria maps (C1 and C2) highlighted five classes of nitrate transfer ability.

The "very high" class represents 72 % of the plain surface. It is mainly located in the east and in the center of the study area, corresponding to strong anthropogenic activity.

Finally, the high rate of coincidence between the nitrate concentrations in groundwater (field campaign of October 2018) and the different skill classes confirmed the reliability and validity of the developed map.

Keywords: Modeling, pollution, multi-criteria analysis, Hierarchical Process Analysis (AHP), Geographic Information System (GIS), nitrates, cartography, groundwater, map sensitivity, Nador plain.

ملخص

يقع السهل الساحلي للناظور غرب الجزائر العاصمة في منطقة تيبازة. يمتد هذا السهل على ما يقارب من 20كم^2، ويتميز بأرضه الخصبة التي يتم استغلالها من خلال النشاط الزراعي المكثف إضافة الى مياهه الجوفية القريبة من السطح. يعود تلوث هذه المياه الجوفية بالنترات لأكثر من نصف قرن ويعد تهديدًا رئيسيًا يقلق السلطات المحلية والمزارعين على حد سواء.

يُظهر متوسط مستويات النترات المقدرة بين عامي 1995 و2018 زيادة كبيرة في وجود هذا الملوث في المياه الجوفية. وبالتالي فإن المعدل الذي تم قياسه يتجاوز إلى حد كبير معايير الجودة المحددة عند 50 ملجم / لتر من قبل السلطات الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية. لمواجهة هذا التلوث والتقليل من اثاره، وجب اتخاذ عدة إجراءات ووضع سياسة جديدة لإدارة الموارد الجوفية والنشاط الزراعي. من أجل التحكم الافضل في ديناميكيات النترات، من الضروري اتباع نهج النمذجة.

في هذا العمل، تم تنفيذ نموذج إمكانية نقل النترات من التربة إلى المياه الجوفية. يجمع هذا النموذج بين طريقة تحليل العمليات الهرمية ونظام المعلومات الجغرافية.

يجمع النهج المتبع بين وظائف التحليل متعدد المعايير وتحديد مكاني للنتائج. في الواقع، وفقًا لتحليلنا، يخضع نقل النترات لمعيارين. من جهة نجد المعيار الهيد وجيولوجي والطبوغرافي الذي يضم: عمق منسوب المياه الجوفية، مواد طبقة المياه الجوفية، مواد المنطقة غير المشبعة، التوصيل الهيدروليكي، التضاريس، احتلال التربة، نوع التربة والتسرب ومن جهة أخرى لدينا المعيار الفيزيائي الكيميائي للملوث الذي يشمل الذوبان والامتصاص. تم تحديد هذين المعيارين وتوحيدهما ووزانهما وتجميعهما بناءً على تحليل العملية الهرمية. يتيح التراكب الموزون لخرائط المعايير تسليط الضوء على خمس فئات من قدرة نقل النترات.

النتائج المحصل عليها تدل ان 72٪ من سطح السهل يعتبر دات قابلية "مرتفعة جدا" لنقل النيترات. تقع هذه المناطق بشكل رئيسي في شرق ووسط سهل الناظور، بما يتوافق مع أماكن الانشطة البشرية الكثيفة. أخيرًا، أكد معدل التطابق المرتفع بين تركيزات النترات في المياه الجوفية لشهر أكتوبر 2018 ومناطق قابلية نقل النيترات صحة الخريطة المنتجة.

كلمات مفتاحية: النمذجة، التلوث، التحليل متعدد المعايير، تحليل العمليات الهرمي، نظام المعلومات الجغرافية، النترات، رسم الخرائط، المياه الجوفية، خريطة القابلية لنقل النيترات، سهل الناظور.