

Ewa Malinowska-Miros

UNE METHODE DE DETERMINATION DES VOIES  
DE MIGRATION DES COMBINAISONS CHIMIQUES  
DANS LES EAUX SOUTERRAINES DES PETITS BASSINS VERSANTS

Le problème de migration de la substance dans l'environnement constitue un élément particulièrement important dans les études sur les processus de propagation des produits polluants. En effet, la substance introduite artificiellement dans un milieu, parfois en quantité excessivement grande, utilise d'habitude les voies naturelles de migration. La connaissance précise de ces voies permet d'établir le bilan de la matière et de l'énergie dans le milieu et par conséquent de diriger d'une manière rationnelle l'écoulement et l'accumulation des combinaisons anthropogènes, en vue de prévenir l'affaiblissement des barrières biologiques, facteur décisif de bioaccumulation de la substance.

Les défauts du système de mesure des processus migratoires sont communément connus, on les soumet depuis des années à des analyses. Il manque cependant jusqu'à présent des solutions définitives quant à la méthodologie de mesure et au traitement des données acquises, en particulier dans le cas des études à une microéchelle (p.ex. lorsqu'il est question des petits bassins versants).

Les eaux, principalement les eaux souterraines se caractérisent par une facilité relativement grande d'assimilation et de transport des substances. Elles sont également de bons indicateurs des composants chimiques grâce à leur capacité de dissolution et de lessivage des combinaisons chimiques absorbées dans les sols et les roches. Les eaux souterraines constituent un milieu dans lequel les parcours de la matière et de l'énergie ne s'effectuent pas d'une manière stabilisée, aussi nécessitent-elles l'enregistrement permanent de leur composition chimique. Pourtant elles peuvent être considérées comme un bon médium puisqu'elles permettent de suivre les voies de migration de la substance provenant des sources différentes, liées soit à l'émission et au transport de divers polluants d'origine industrielle et municipale, soit aux activités agricoles.

Le voisinage immédiat de l'Usine de Raffinage et de Pétrochimie à

Płock représente un terrain typique soumis à ces deux influences. C'est la raison pour laquelle cette région a été choisie pour des études hydrochimiques détaillées qui se proposaient, dans la première étape, de définir les voies principales de migration des eaux et d'établir une carte des risques pour la protection des eaux souterraines. L'étape suivante en cours de réalisation doit établir une image spatiale des transformations de l'environnement et principalement définir la vitesse d'accrécissement de la teneur en certaines combinaisons chimiques, la dynamique de leur accumulation et les zones de concentrations importantes. L'étape finale des études permettra de créer une image complète des transformations anthropogènes de la chimie de l'environnement.

Les études sur les voies de migration des eaux présentent un exemple des études zoologiques intégrées, c'est pourquoi les méthodes d'études communément appliquées à la géographie physique y sont très utiles: une démarche en deux étapes, dont la première, analytique, procède à la reconnaissance précise des éléments de l'environnement pour aboutir à l'élaboration des cartes thématiques, et dont, la seconde, synthétique, opère une systématisation des données acquises, suivant le système des unités typologiques qui sert de base à des études plus détaillées et approfondies (Richling 1979).

Cette importance attribuée à la typologie résulte du fait que n'importe quelle étude zoologique doit considérer l'environnement comme un système d'éléments liés par une dépendance réciproque. On peut admettre que les unités typologiques se caractérisent par une certaine homogénéité quant à leurs dépendance et influence réciproques. Il est alors parfois justifié d'extrapoler le résultat des études ponctuelles sur toute la surface d'une unité ou même sur plusieurs unités du même type, ce qui peut être particulièrement utile lorsqu'on ne dispose pas d'un nombre suffisamment grand de mesures.

Dans la présente étude ce procédé se traduit par l'établissement d'une classification géochimique intégrée de la région étudiée, c'est-à-dire une délimitation des surfaces homogènes du point de vue géochimique, caractérisées par un type déterminé de migration de certaines combinaisons chimiques.

Les études ayant servi de base à notre démarche ont été localisées à l'intérieur de deux polygones de recherches, caractérisés par des conditions hydrogéologiques et hydrodynamiques comparables. Le premier, englobant le bassin versant de la basse Wierzbica, se trouve au voisinage immédiat de l'Usine de Raffinage et de Pétrochimie de Płock et reste ainsi sous une forte influence anthropogène. Le second, éloigné de 15 km au Nord-Ouest du précédent, est limité par le bassin d'un cours d'eau traversant les environs de Rembielin. L'absence d'un apport de sub-

stance aussi bien superficielle que souterraine des territoires situés au-delà du partage des eaux constitue le trait caractéristique des deux bassins versants. Ils représentent donc des systèmes hydrauliques fermés.

Les travaux concernant l'établissement d'une classification géochimique ont été précédés par une reconnaissance précise des conditions physiques qui influent d'une manière décisive sur les processus de migration. Un intérêt particulier a été accordé aux paramètres hydrogéologiques et hydrodynamiques suivants:

- la profondeur de la nappe phréatique;
- la forme de la nappe phréatique, les directions dominantes ainsi que l'intensité du ruissellement souterrain et la répartition dans des surfaces autonomes et subordonnées;
- la nature de la nappe aquifère et de la couche sus-jacente du point de vue de sa perméabilité et de sa capacité d'infiltration;
- la nature de la couche sus-jacente, du point de vue de sa capacité d'absorption des combinaisons chimiques.

Une fois définies ces conditions hydrogéologiques et hydrodynamiques, il a été possible d'établir une esquisse de la carte des voies potentielles de migration des eaux (Perelman, 1982). On a ainsi obtenu un réseau d'unités élémentaires, hiérarchisées par la suite du point de vue du type d'écoulement de la substance et du point de vue des conditions d'infiltration.

La construction de la carte a permis, d'une part, l'établissement d'une typologie géochimique et, d'autre part, un choix des points les plus représentatifs pour un prélèvement d'échantillons d'eaux souterraines, destinés à des analyses chimiques. On a échantillonné 63 points dans les deux bassins en déterminant les ions typomorphiques suivants:  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ainsi que pH (dans (KCl), la dureté générale et la minéralisation. On a renoncé à cette étape de l'étude, au dosage des éléments traces qui, bien qu'ils soient de bons indicateurs de la pollution, se caractérisent par une capacité faible ou très faible de migration et ne peuvent pas être de bons indicateurs de ses voies. Le dosage de ces éléments sera sans doute indispensable au cours des étapes suivantes des travaux.

Les valeurs de concentration en ions (maintes fois supérieures aux normes en vigueur) que l'on a obtenues, ainsi que le rapport étroit entre la composition ionique des eaux et la lithologie, ont permis d'élaborer la carte hydrochimique des deux bassins où des types géochimiques d'eaux souterraines ont été attribués à des types lithologiques déterminés.

Ces deux cartes représentant la synthèse des informations sur l'hydrodynamique et l'hydrochimie de la région considérée ont servi de base à l'établissement d'une typologie géochimique dont le but a été de déli-

imiter des unités spatiales homogènes du point de vue de la dynamique d'écoulement de la substance et de la composition ionique des eaux.

Cette classification correspond, d'une manière générale à celle proposée par Perelman (Perelman, 1971, 1982), bien que la grande échelle (au 10 000<sup>e</sup>) et la superficie relativement petite du terrain étudié enfermée dans les limites d'un bassin versant, aient nécessité certaines modifications. La superposition de la carte hydrochimique et de celle des voies potentielles de migration a permis d'obtenir un certain nombre d'unités de signification taxonomique différentes, que l'on a, par la suite, mis en ordre, compte tenu de la ressemblance de leur composition chimique. Selon ce critère, quelques unes de ces unités ont été rassemblées et ont formé ainsi des ensembles de surfaces élémentaires, caractérisées par une composition ionique déterminée des eaux qui, conformément à la définition de Perelman, pourraient être considérées comme paysages géochimiques.

L'étape finale des travaux concernant l'établissement de la classification géochimique s'est traduite par la systématisation de ces surfaces en système „vertical” suivant:

1. **la classe des paysages géochimiques** — établie sur la base des traits caractéristiques généraux de l'arrivée, de l'écoulement et de l'évacuation de la substance;

2. **le groupe des types de paysages géochimiques** — formé par la jonction des types des unités élémentaires caractérisées (dans le cadre des classes) par la ressemblance des conditions de migration précisément définies;

3. **les types de paysages géochimiques** — unités délimitées à la suite des recherches déjà décrites, diversifiées à partir des conditions de migration précisément définies, et de la composition chimique des eaux souterraines.

#### CONCLUSIONS

L'analyse des matériaux recueillis au cours des travaux nous amène aux conclusions suivantes:

1. L'établissement d'une typologie géochimique a confirmé l'utilité d'application de l'échelle au 10 000<sup>e</sup>.

2. Il existe dans les deux bassins versants une variation géochimique considérable qui se manifeste de la façon suivante:

— les surfaces plates du partage des eaux (éluviales propres) où il s'observe l'arrivée des substances de l'atmosphère et leur évacuation à l'atmosphère et aux eaux souterraines, se caractérisent par une migration intense de ions sulfurés, chlorurés et calciques;

— les terrains situés dans les parties inférieures des pentes, dans les vallées sèches et dans les excavations locales dépourvues d'écoulement, dans lesquelles le niveau des eaux souterraines se situe à une grande profondeur et où les conditions de l'arrivée et de l'évacuation des substances ressemblent à celles mentionnées ci-dessus se caractérisent par une migration intense des ions sulfurés, chlorurés, calciques et sodiques;

— les pentes raides (transéluviales) où dominent l'écoulement superficiel et souterrain ainsi que le manque d'accumulation se distinguent par une migration intense de tous les ions, dont en particulier des ions chlorurés, calciques et sodiques;

— les terrains plats dans les fonds des excavations imbibées d'eau dépourvues d'écoulement (superaqueux propres) sont des lieux d'accumulation intense provoquée par l'arrivée latérale des substances, principalement des ions carbonatés et calciques;

— les terrains plats dans les fonds des vallées fluviales (transsuperaqueux) sont aussi des endroits, où l'accumulation intense des ions carbonatés et chlorurés peut s'observer.

3. Une analyse des types de paysages géochimiques montre leur différenciation dans l'espace sur les deux polygones de recherche. Le bassin versant situé au voisinage de l'Usine, dans la zone de forte pollution se distingue par la liaison des anions avec du sodium, tandis que dans l'autre bassin versant de caractère agricole, les anions se lient avec du calcium. Il est cependant impossible, à l'étape actuelle des travaux, de préciser d'une manière indubitable la nature de ce phénomène, c'est à dire de savoir si celui-ci est conditionné par l'émission des produits polluants, ou bien s'il résulte des propriétés naturelles de l'environnement.

4. La classification élaborée peut servir de point de départ à la construction de la carte, à une grande échelle, de la protection et de la menace des eaux souterraines, puisque la distinction des paysages géochimiques élémentaires permet d'estimer le degré de menace des eaux souterraines par l'émission des polluants.

5. La connaissance des régions où s'effectuent l'évacuation et la concentration des substances rend possible les activités pratiques de prévention dont le but est d'empêcher l'accumulation excessivement dense des combinaisons toxiques pour les organismes vivants (p.ex. métaux lourds).

6. La classification géochimique en question présente un complément pour la classification physico-géographique de l'environnement et permet également la vérification des indicateurs et des schémas de fréquence et de forces des liaisons entre les éléments particuliers.

7. Les résultats acquis au cours des travaux nous encourageant à poursuivre; il serait toutefois souhaitable d'améliorer les méthodes d'études

et d'élargir le polygone étudié de manière à pouvoir (en augmentant aussi le volume et l'étendue des analyses) distinguer l'importance de l'influence anthropogène sur l'état géochimique d'un milieu physico-géographique.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Perelman A.I., 1971. *Geochemia krajobrazu* [La Géochimie des paysages], PWN, Warszawa.
- Perelman A.I., 1982. *Geokhimiya prirodnykh vod* [La Géochimie des eaux naturelles], Nauka, Moskva.
- Richling A., „Z metodyki wydzielenia uroczysk na terenach glacyjnych [Des Méthodes de délimitation des unités sur les terrains glaciaux], *Przegląd Geograficzny*, t. 51, fasc. 4.