



Photo : PNRL



QUELQUES ASPECTS DE LA QUALITÉ DES EAUX DU LUBERON : HÉRITAGE GÉOCHIMIQUE ET DÉRIVES ANTHROPIQUES

Claude ROUSSET*

Depuis 1985, notre laboratoire travaille sur les eaux souterraines et de surface du Luberon, d'abord sur contrat avec le Parc naturel régional du Luberon (1985-1993), puis dans le cadre de travaux de recherche indépendants, soutenus notamment par la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. La première étude concernait l'état initial de nappes aquifères des secteurs nord et sud du Petit Luberon, susceptibles de recevoir un nouvel apport par irrigation à partir de la Durance et donc, de connaître des transformations dans les façons culturales. Un suivi fut ensuite réalisé pour tenter de déceler l'évolution de la qualité des eaux souterraines à la suite du passage à l'agriculture irriguée, connue pour recourir fortement aux engrais. Les prélèvements étaient effectués sur des sources et des forages (généralement surtout influencés par les roches sous-jacentes) et sur des puits, tributaires d'apports plus superficiels et davantage sujets à la pollution anthropique.

Au cours de ces premières investigations, nous avons repéré des forages dont l'eau ne correspondait ni au cadre géologique apparent local, ni à des apports de la Durance et de ses canaux. Nous avons donc cherché à contrôler le caractère permanent de ces anomalies, susceptible de démontrer leur origine naturelle, dans le chimisme de roches particulières, hors des apports humains qui ont une constitution beaucoup moins stable.

Puis, dans le secteur le plus intéressant à ce titre, celui de La Bastide-des-Jourdans, au sud-est de l'extrémité du Grand Luberon, nous avons serré l'inventaire des points pour avoir une répartition aussi précise que possible des apports à minéralisation « anormale ». En 1998-1999, nous y avons aussi étudié les eaux plus superficielles des puits et celles du réseau hydrographique de l'Èze, à la recherche d'indications sur l'impact relatif des anomalies naturelles et des activités humaines sur leur qualité.

On trouvera ici, en encadré, un rapide exposé des méthodes analytiques employées, et l'essentiel des résultats obtenus, sachant que les études doivent continuer. On verra qu'il est important d'étendre à l'ensemble du bassin versant de l'Èze nos investigations, de reprendre la comparaison avec un point particulier du secteur de Puyvert (Sud du Petit Luberon), d'arriver aussi à un diagnostic précis des nuisances anthropiques variées pour proposer des solutions permettant d'envisager, au long de l'Èze, une reprise d'activités à hautes exigences de qualité.

* Laboratoire de chimie et environnement, EA 26-78, case 29, Université de Provence, 13331 Marseille CEDEX 03;

tel : 0491 106376; télécopie : 0491 106377; e-mail : lce@newsup.univ-mrs.fr

Recherches en collaboration avec : Frédéric THÉRAULAZ, Catherine MASSIANI, Jacques REY, Joël GAUDINEAU, Ekwakwa BULUKU et Nicolas ROBIN.

LA MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE

L'échantillonnage a été réalisé, par pompage ou déversement sur les forages, par puisage sur les puits, sources et écoulements de surface, en suivant les directives de la norme NF 90-100 (Thomas *et al.*, 1995). Les bouteilles sont en polyéthylène, ou en verre brun borosilicaté pour les pesticides. Pour le dosage des nitrites, quelques gouttes de formol sont ajoutées dans la bouteille et pour le cuivre, ce sont des gouttes d'acide nitrique ultra-pur. Les flacons sont conservés en glacière.

Sur site, on mesure les paramètres physico-chimiques labiles : température, pH, oxygène dissous, potentiel RedOx, conductivité. On utilise également le matériel portable de spectrométrie UV.

Au laboratoire, on dose les cations et anions majeurs par complexométrie et colorimétrie (Ca, Mg), spectrométrie de flamme (Na, K), par chromatographie ionique (F, Cl, NO₃, PO₄, SO₄) ; carbonates et hydrogénocarbonates sont dosés par virage d'un indicateur coloré, sachant que les carbonates sont en général absents. Les nitrites sont dosés dans les 24 heures après le prélèvement, à l'aide d'un spectrophotomètre qui mesure l'absorbance à 450 nm, après réaction colorimétrique. On a dosé également l'azote Kjeldhal au réactif de Nessler (NF T90-110) et l'azote ammoniacal au bleu d'indophénol (NF T90-015).

Les détergents sont déterminés, comme les paramètres de pollution globaux (DBO, DCO, COT et MES), par exploitation directe du spectre d'absorbance moléculaire en UV, selon une méthode développée dans notre Laboratoire (Thomas & Gallot, 1990; Thomas *et al.*, 1995). Il s'agit de spectrophotométrie d'absorption moléculaire et déconvolution spectrale.

LES EAUX SOUTERRAINES ET LA MARQUE GÉOCHIMIQUE

Les roches du secteur du Luberon sont assez variées, mais on peut les classer par ordre décroissant de représentation, ordre que l'on va retrouver dans les eaux qui y transitent et y prennent leurs caractéristiques chimiques. On pourra consulter avec profit la récente carte à 1/100 000 du Luberon (Moutier & Balme, 1998) et le guide géologique de Provence (Gouvernet, Guiéu & Rousset, 1975).

- *La première catégorie*, de loin la plus nombreuse, regroupe des roches calcaires, ici peu magnésiennes, qui peuvent s'être formées à des époques variées, allant de la base du Crétacé inférieur (- 130 millions d'années [Ma] environ), dans le flanc Sud du Grand Luberon - au Pliocène (- 6 Ma) vers Mérindol. Seules celles qui sont perméables, calcaires massifs ou en bancs, molasses..., peuvent contenir des quantités d'eau appréciables et surtout, les stocker suffisamment longtemps pour leur imprimer leur marque chimique. Les marnes, trop argileuses pour laisser passer des débits significatifs, pourront avoir un effet de contact, surtout marqué par le fer emprunté aux pyrites.

Les eaux de ces roches calcaires sont hydrogénocarbonatées calciques, plus ou moins dures. Nous proposons la fontaine des Chapelins (108 mg.L⁻¹ de calcium

et 193 d'hydrogénocarbonate¹), issue des molasses des Claparèdes, sur la commune de Bonnieux, comme modèle de ce type d'eaux subissant au minimum les influences humaines. Les circulations sont de type karstique franc (calcaires crétacés) ou non, avec des aquifères semi-poreux comme les molasses. Nous n'avons pas étudié les eaux du karst de Vaucluse-Luberon nord et très peu celles du karst du Sud du massif, vues par E. Buluku (1995) à la source du Mirail qui ne présente pas d'indice de pollution.

- *La seconde catégorie est celle des roches siliceuses* du groupe des ocre, résultant de l'altération de sables marneux glauconieux qui sont parfois encore présents à leur base. Ces roches constituent une bande de collines allongée ouest-est, entre la plaine de Coustellet et le Collet de Flaqueirol. Les eaux sont encore hydrogénocarbonatées calciques, mais beaucoup moins minéralisées. Les eaux du puits des Finets, sur le flanc Est de la butte de Roussillon, nous paraissent les plus proches de l'état naturel qui correspond à ce type, avec seulement 58 mg.L⁻¹ de calcium.

- *La troisième catégorie*, bien développée dans la synforme du Calavon, surtout à l'Est d'Apt, se retrouverait en situation dominante dans le Luberon de Manosque. Il s'agit de *roches évaporitiques*, déposées dans des

1. La notation « mg.L⁻¹ » se lit « milligramme par litre », elle correspond à la norme internationale actuelle, elle est synonyme de l'ancienne forme mg/l.

lagunes lacustres de la fin de l'Éocène et, surtout, de l'Oligocène (vers - 30 Ma), alors que la Provence était bordée au Sud par un haut massif de socle et que les déversements épisodiques vers la mer ne pouvaient se faire que vers le nord, probablement par le couloir rhénan. Ces niveaux comportent des lamines calcaires, souvent dolomitiques, accompagnées de gypse et d'anhydrite (avec ou sans soufre natif) et de sel gemme. Le développement considérable de ce dernier dans la *fosse de Manosque* a permis d'implanter, au sein de cette roche imperméable, le stockage souterrain d'hydrocarbures de Géosel.

Bien des ressources en eaux souterraines se sont révélées impropres à la consommation humaine et même, à l'apport agricole, à cause de la minéralisation excessive par ces évaporites : celles-ci sont imperméables en masse, mais le contact prolongé avec elles suffit à dégrader l'eau des aquifères voisins. Il est classique de trouver des eaux salées, à plusieurs grammes par litre de NaCl, et des eaux sulfatées-calciques, qui sont douceâtres ou amères (séléniteuses) au-delà de 300 mg.L⁻¹ de SO₄⁻. Citons la fontaine du quartier des Chaffrets, à Gargas, ou la source salée de Passaire, sur le site Géosel.

La nouveauté a été de trouver, dans des forages relativement profonds, à La Bastide-des-Jourdans, des eaux hydrogénocarbonatées sodiques, parfois aussi sulfatées sodiques, à côté d'eaux sulfatées calciques ou chlorurées sodiques qui sont classiques dans les secteurs à évaporites. Les minéraux de ces dernières étant caractérisés, au contraire des silicates, par une dissolution aqueuse congruente, on peut déduire de la composition de l'eau celle de l'espèce minérale dominante. L'on doit donc avoir, dans certaines couches sous La Bastide, du natron, carbonate de sodium hydraté, et un sulfate de magnésium (epsomite ou kieserite?). On note en général la disjonction des différents sels, ce qui montre que l'eau captée par les forages profonds provient de zones variées du bassin évaporitique.

À ce stade, il serait très intéressant d'implanter deux ou trois forages de recherche pour étudier roches et minéraux en place. En effet, il apparaît que le bassin de l'Èze se trouve sur un prolongement sud-ouest de la structure salifère de Manosque. Dans celle-ci, l'on n'a

retrouvé, outre les évaporites classiques, que des sels magnésiens, et il paraît logique de considérer que le secteur de La Bastide ait été plus en aval et ait reçu le dépôt des sels les plus solubles, tels le natron. Par la suite, la présence de potassium en quantités très anormales (100 à 180 mg.L⁻¹), que nous avons reconnue et confirmée dans un sondage de Puyvert, pourrait indiquer un prolongement encore plus aval du bassin, invisible sous la couverture miocène. Là encore, seule l'hydrochimie indique la présence de sels de potassium.

Il faut remarquer que le gisement de La Bastide accompagne les calcaires de *Montfuron*, sous lesquels on trouve, à Passaire (Géosel), des marnes puis la masse anhydritique qui recouvre elle-même le sel gemme. Cependant, les eaux du calcaire de Montfuron y sont sulfatées et sulfureuses et l'eau de la source salée de Passaire sort du sommet de la formation anhydritique, ce qui souligne la permanence de la tendance évaporitique pendant une partie importante de l'Oligocène.

LES EAUX DE SURFACE ET DE SUB-SURFACE : INFLUENCE ANTHROPIQUE

Au cours de l'année écoulée, nous avons travaillé aussi sur ces eaux, dans le souci de préparer un travail plus complet sur le bassin de l'Èze. En effet, cette rivière pourrait offrir un terrain d'élection à des activités diverses si les problèmes de quantité (surtout l'été) et de qualité étaient résolus.

Nous avons ainsi échantillonné d'une part les eaux de divers puits, profonds de quelques mètres et donc, implantés dans les couches superficielles décomprimées et surtout, dans des colluvions et des éboulis et d'autre part les eaux de l'Èze, de ses affluents et des effluents du village de La Bastide, avant et après traitement. Le tout jusqu'à l'aval immédiat de Grambois.

On verra que la station d'épuration actuelle de La Bastide n'assure pas un traitement correct ; sa capacité est toujours dépassée et l'effluent est souvent directement rejeté à l'Èze, sans traitement.

La période d'études a couvert la fin de l'hiver, le printemps et le début de la saison chaude de 1999, jusqu'aux premiers jours de Juin. Une évolution sensible a touché les eaux de surface, de plus en plus polluées

avec la baisse des débits. Les indicateurs habituels de la pollution humaine, chlorures et nitrates (localement : nitrites et azote ammoniacal) ont été décelés, mais le potentiel auto-épurateur de l'Èze est apparu assez satisfaisant jusqu'avant l'été.

Les eaux utilisées pour l'alimentation du village proviennent essentiellement de la Durance, par l'intermédiaire du syndicat Durance-Luberon. Nous disposons ainsi facilement d'un niveau zéro de dégradation de leur qualité. Un prélèvement dans l'effluent du village, avant traitement, nous a montré des apports de forages (ou de sources?) occultes, avec une charge anormale en sulfate et hydrogencarbonate de sodium. L'importance de cette influence sur le chimisme de l'eau recueillie par les égouts devra être contrôlée par un suivi, car l'efficacité du traitement peut en être influencée.

En zone agricole, nous avons recherché les espèces de l'azote et les phosphates. Ces derniers étaient systématiquement absents. Après enquête auprès de la coopérative d'achats, les pesticides utilisés localement ont été aussi recherchés. Nous avons ainsi logiquement trouvé un pic de pollution par les activités agricoles dans la zone cultivée, à l'ouest-sud-ouest du village. Cette zone est drainée vers un bassin où les agriculteurs puisent l'eau pour irriguer.

Nos analyses nous montrent un circuit fermé recyclant la pollution des eaux de sub-surface de cette zone de culture, effet aggravé en saison sèche par un apport d'eau de l'Èze au bassin. Or, cette eau se révèle, en *qualité*, quasi identique à l'effluent du village, lequel est très peu transformé par le traitement, l'Èze ayant un débit estival trop faible pour une auto-épuration efficace. L'installation d'une nouvelle station d'épuration devrait rapidement améliorer cette situation.

CONCLUSION : UN SUIVI ET UN ÉLARGISSEMENT NÉCESSAIRES

Au cours de la dernière année, nous avons en quelque sorte affiné nos méthodes de prospection et d'analyse, tant en ce qui concerne les eaux souterraines profondes que pour les eaux de surface et de sub-surface. Un premier progrès a été obtenu grâce à un contact permanent avec les élus et la population de La

Bastide-des-Jourdans, contact mieux géré que lors des campagnes antérieures.

Quant à l'analyse des eaux, elle a, plus que par le passé, bénéficié de l'apport de technologies modernes de terrain mises au point dans notre laboratoire, avec la spectrométrie UV.

L'on se rend compte que les ressources souterraines de qualité sont fragiles, car superficielles, alors que celles des nappes profondes, mal connues en ce qui concerne les débits disponibles, sont obérées par une géochimie très spéciale. Par ailleurs, il apparaît évident que les premières sont peu abondantes, sujettes à de très bas régimes d'été. On peut déjà en déduire que leur utilisation devrait être réglementée, surtout si l'Èze n'est alimentée que par elles et par les eaux usées épurées, représentant un apport indirect de la Durance.

La question du traitement des eaux usées ne concerne que des habitations, donc une pollution de type urbain, dans le cas de La Bastide. En aval, il faut y ajouter l'industrie agro-alimentaire, avec les caves viticoles ; par ailleurs, l'habitat individuel prend de l'importance, renforçant les risques de pollution par les assainissements non collectifs.

La voirie se développe également, avec ses apports de polluants divers : nous n'avons pas encore abordé ce problème, sauf, peut-être, en détectant un excès de NaCl dans un puits proche de la route départementale.

Il apparaît donc que le bassin versant de l'Èze, très intéressant pour la recherche des anomalies géochimiques, l'est encore davantage en ce qui concerne les modalités de la constitution de pollutions diverses. À cet exercice, la méthodologie d'analyse ne peut que s'affiner, au bénéfice de tous, ce qui est déjà important. Mais c'est aussi seulement de cette façon que l'on pourra déboucher sur des propositions pour la prévention et le traitement de la pollution de l'Èze. Cette ambition devra s'inscrire dans la perspective de la reconstitution d'une rivière pérenne et propre, de La Bastide-des-Jourdans à la Durance, en passant par Pertuis!

BIBLIOGRAPHIE

BULUKU E., 1995, *Influence de l'agriculture sur la qualité des eaux souterraines, cas des nappes phréatiques du Parc naturel régional du Luberon*, Thèse de doctorat de l'université de Provence.

Collectif, *Carte géologique au 1/50 000, feuille Reillanne*, Bureau des recherches géologiques et minières.

GOUVERNET C., GUIEU G. & ROUSSET C., 1975, *Guide géologique de Provence*, 2^e éd., Ed. Masson, Paris.

MOUTIER L. & BALME C., 1997, *Carte géologique du Parc naturel régional du Luberon au 1/100 000*, Bureau des recherches géologiques et minières/Parc naturel régional du Luberon.

ROUX J.-C. & GUILLEMIN C., 1990, *Pollution des eaux souterraines en France*, Bureau des recherches géologiques et minières (Manuels et méthodes).

THOMAS O. & GALLOT S., 1990, Ultraviolet multiwavelengths absorptiometry (UVMA) for the examination of natural waters and wastewaters, parts I and II, (avec MAZAS N.), *Fresenius J. Anal. Chem.*, n° 338, p. 234-240.

THOMAS O., THÉRAULAZ F., AGNEL C. & SURYANI S., 1995, La spectrométrie ultra-violette et la qualité des eaux, *Tribune de l'eau*, n° 573/1.