

Modéliser pour mieux gérer l'eau selon les besoins des hommes et des écosystèmes

Paran Frédéric

Docteur, Chargé de recherche (paran@emse.fr)

Centre SITE (Sciences Informations et Technologies pour l'Environnement)

<http://www.emse.fr/spip/-Le-Centre-Science-Information-et-.html>

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

158, cours Fauriel - 42 023 Saint-Etienne Cedex 2

Les enjeux liés à la ressource en eau sont de plus en plus présents et pressants. Les activités anthropiques dans un contexte de changement climatique représentent une lourde menace tant pour les écosystèmes aquatiques que pour les hommes eux-mêmes. La directive européenne sur l'eau (DCE) propose un cadre de travail global qu'il convient d'articuler en cohérence avec les enjeux nationaux, régionaux et locaux afin de mieux gérer la ressource selon les besoins des hommes et des écosystèmes.

Comment bien gérer la ressource en eau dans un contexte de changement climatique ? Cette vaste question est centrale dans le domaine, notamment depuis la parution de la DCE [1]. Son objectif général vise à atteindre le bon état écologique et chimique des eaux en 2015. Ceci nécessite de recourir à une approche équilibrée, pluridisciplinaire et multi-échelle [2]. Il en découle un fort besoin de connaissance des systèmes écologiques et sociaux [3] pour mieux appréhender leur complexité et leurs interactions [2].

Une telle approche doit être déclinée du niveau européen jusqu'au niveau local. Cet article, découpé en 3 parties, présente notre positionnement sur la question de la bonne gestion l'eau, notamment souterraine, pour un cas d'application local :

1. articulation des problématiques issues des différents niveaux ;
2. contribution à la modélisation d'un hydrosystème local ;
3. résultats attendus et perspectives.

• Du global au local

La réflexion méthodologique présentée est issue d'un projet de recherche du centre SITE¹ mené sur la période 2008/2012. Il s'inscrit dans le programme PLGN 3 (Plan Loire Grandeur Nature 3) piloté par l'Établissement Public Loire (EPL) et financé par le FEDER (Fonds Européens de Développement Régional). Ce programme est construit en cohérence avec les objectifs de la DCE [1] et ceux du SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) du bassin Loire-Bretagne [4]. Ces objectifs généraux [5] visent à préserver la ressource en eau et à développer/partager une connaissance globale, fondamentale et opérationnelle du fleuve Loire pour la réduction des vulnérabilités. Le PLGN 3 insiste sur les problématiques d'évolution du lit du fleuve et de changements climatiques.

Ces objectifs globaux ont été articulés avec les problématiques locales de la Plaine du Forez (Figure 1.). Celles-ci découlent des travaux de recherche antérieurs menés sur ce secteur en coordination avec les services de l'Etat dont la DDEA (Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture) et le Conseil Général de la Loire.

¹ Centre « Sciences, Information et Technologie pour l'Environnement », Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (ENSM-SE) en partenariat avec l'UR BELY du Cemagref Lyon et l'UR MODYS de l'Université de Saint-Etienne.



Figure 1: Localisation de la Plaine du Forez
(Données : IGN BD Carthage ; ARCGIS 9.2., Adobe illustrator)

Les enjeux liés à 2 outils de gestion de l'eau ont ainsi été pris en compte :

- ceux du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Loire en Rhône-Alpes [6] dont le périmètre couvre la Plaine du Forez : a) préservation/partage de la ressource quantitative en eau (notamment souterraine) dans un contexte d'aléas climatiques ; b) dysfonctionnement hydromorphologique du fleuve (masse d'eau fortement modifiée).
- ceux du Contrat de Rivière du Lignon du Forez [7] petit bassin versant en rive gauche du fleuve Loire : évolution du régime hydrologique (Figure 2.).

- **Application locale**

La prise en compte des objectifs selon les différents niveaux, des besoins des services de l'Etat locaux et la mise à disposition de nos champs de compétences, ont conduit à établir un projet interdisciplinaire visant à articuler étude des aspects physiques, écologiques et sociaux d'un hydrosystème local pour préserver la ressource en eau souterraine et identifier les vulnérabilités.

L'axe central du travail consiste en une **modélisation hydrodynamique des nappes alluviales à l'échelle de la Plaine du Forez** [8], incluant des modèles partiels préexistants [9] [10] [11], en tenant compte des conditions limites que constituent les apports de versants, notamment des aquifères encaissants, et le niveau de la ligne d'eau du fleuve Loire. D'autres actions sont prévues pour améliorer cette modélisation (Figure 2.) :

1. Enfouissement du lit du fleuve (Figure 3.). Il est causé par le fonctionnement des barrages, l'endiguement et l'extraction de granulats ; il est de l'ordre de 2m depuis 1 siècle [12]. Ce phénomène a des conséquences sur les ouvrages (déstabilisation des digues et des ponts, érosion) et influence les échanges nappes/fleuve (colmatage des berges, déconnexion des aquifères). Une étude prospective permettra de tester l'influence de scénarios d'incision du lit sur le fleuve Loire et d'ajuster la condition limite qu'il représente.

2. Bioindication. L'analyse des peuplements d'invertébrés souterrains permettra d'évaluer les échanges nappes/fleuve et donc de valider les résultats du modèle de nappe [14]. De tels bioindicateurs peuvent aussi détecter des problèmes de qualité des eaux (rejets des stations d'épuration, pollutions agricoles) et des perturbations hydrauliques (éclusées des barrages). Sur la base d'une étude antérieure [13], il sera possible de mettre en avant des tendances d'évolution. Une méthode de caractérisation des échanges nappes/rivière par analyse spatiale sous SIG (Système d'Information Géographique) sera aussi mobilisée [15].

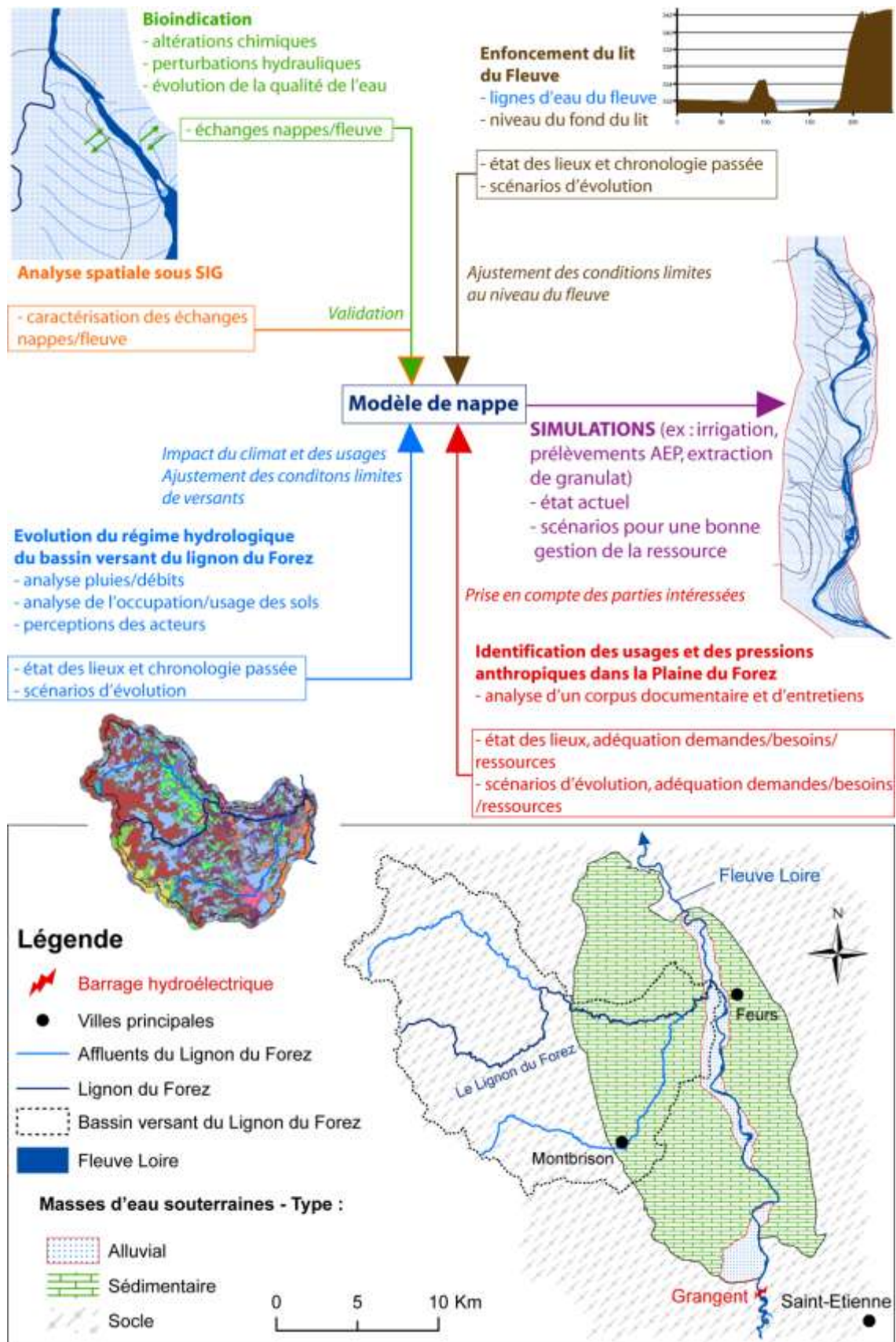


Figure 2 : Bassin versant du Lignon du Forez, cours d'eau et masses d'eau souterraines de la Plaine du Forez : méthodologie de modélisation pour une meilleure gestion de l'eau
(Données : IGN BD Carthage, Agence européenne pour l'environnement Corine Land Cover 2000, Sandre BDRHF V1, Centre SITE D. Mimoun ; ARCGIS 9.2, Adobe Illustrator)

3. Evolution du régime hydrologique. La caractérisation des variations du régime hydrologique d'un bassin versant représentatif (Lignon du Forez) sera réalisée par confrontation de 3 analyses : données chronologiques pluies/débits sur 30 ans, évolution historique des paysages, de l'occupation/usage des sols et des corridors écologiques [16], perceptions des variations à dire d'acteurs. Ce type d'étude permettra d'ajuster les apports des versants (conditions limites) aux aquifères alluviaux en fonction de l'impact du climat et des usages.

4. Identification des usages et des pressions anthropiques. Sur la base d'un corpus documentaire et d'enquêtes visant à prendre en compte les parties intéressées [17] un état des lieux et des scénarios d'évolution de la demande et des besoins en eau par rapport à la ressource disponible seront établis. Sur la base de ces informations, des simulations seront réalisées à l'aide du modèle de nappe.



Figure 3 : Le fleuve Loire dans la Plaine du Forez : bancs de marnes émergés, témoins de l'incision du lit (R. Déchomets, centre SITE)

- **Résultats attendus**

La finalité opérationnelle de ce travail est de caractériser la vulnérabilité physique des nappes alluviales en vue de protéger, gérer et rationaliser durablement l'exploitation de la ressource en eau. Il s'agira par exemple de mettre en œuvre des mesures de protection des ouvrages, des captages, d'identifier les zones de nappes les plus productives et les plus vulnérables afin de satisfaire les usages humains en respectant les écosystèmes aquatiques.

Les résultats pourront aussi être mobilisés pour l'aide à la décision afin d'anticiper les crises (ex : manque d'eau) et de proposer des solutions de secours ou de mieux prendre en compte la ressource en eau dans les politiques d'aménagement du territoire. Par exemple, les données et résultats acquis dans ce projet de recherche pourraient être utilisés dans le cadre du Schéma Départemental des Carrières (SDC) de la Loire pour déterminer la localisation des meilleurs

gisements de granulats alluviaux en tenant compte des contraintes environnementales (ex : impact sur le niveau des nappes) et des préférences des acteurs impliqués.

Le travail en réseau (chercheurs, gestionnaires, institutions, industriels, acteurs locaux) pourrait être valorisé à terme par la mise en place d'un observatoire Loire-amont en interface avec l'EPL comme contribution à un programme de recherche global sur le bassin Loire-Bretagne.

• Bibliographie

[1] Commission européenne, Directive 2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, Journal officiel n° L 327 du 15/12/2001.

[2] Roche PA, Billen G, Bravard JP, Décamps H, Pennequin D., Vindimian E, Wasson JG (2005) Les enjeux de recherche liés à la directive-cadre européenne sur l'eau. *CR Geosciences*, 337, 213-267.

[3] Wasson JF (2001) Les questions de recherche posées par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau : problématique pour les eaux de surface continentales. *Hydroécologie Appliquée*, (13), 1, 1-19.

[4] Agence de l'eau Loire Bretagne (1996), Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Loire-Bretagne, <http://donnees.eau-loire-bretagne.fr/sdage/>

[5] Etablissement Public Loire (2006), Document stratégique interrégional sur les suites du Plan Loire Grandeur Nature pour les années 2007-2013, <http://www.plan-loire.fr/concertation-2006-13-cp.html>

[6] Conseil Général de la Loire (2008), SAGE Loire en Rhône-Alpes, Etats des lieux et diagnostics de la ressource quantitative en eau et du fleuve Loire, http://sage.loire.fr/display.jsp?id=ca_699485

[7] Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lignon, de l'Anzon et du Vizézy (2008) Contrat de Rivière du Lignon du Forez, Etude bilan évaluation et perspectives.

[8] Ré-Bahuaud J (Thèse en cours) Hydrodynamique souterraine de la Plaine du Forez. Ecole des Mines de Saint-Etienne.

[9] Allignol F (1997) Analyse spatiale et aide à la décision pour la recherche de gisements alluvionnaires : application à la Loire supérieure (42). Mémoire de thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 224p.

[10] Laurent F (1996) Outils de modélisation spatiale pour la gestion intégrée des ressources en eau. Application aux Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Mémoire de thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 365p.

[11] Mimoun D (2004) Spatialisation de l'information : une aide à l'analyse hydraulique et paysagère développée lors de la réhabilitation de sites post-industriels, cas des réaménagements des gravières en eau en milieu alluvionnaire. Mémoire de thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 362p.

[12] Mimoun D, Dechomets R, Graillot D, Garcia D (2005) Evolution de l'enfoncement du lit de la Loire amont (entre Grangent et Balbigny). Plan Interrégional Loire Grandeur Nature 2, DDE-42, Armines, Ecole des Mines de Saint-Etienne, Rapport d'étude, 103p.

[13] Mouton J, Roger MC, Faessel B, Lafont M, Camus JC, Barbe J (1998) Etat écologique de la Loire entre Grangent et Villerest : impact des perturbations chimiques et physiques. Rapport Cemagref Lyon, 53p.

[14] Bornette G, Dechomets R, Dufour M, Ferreira D, Germain A, Gibert J, Graillot D, Jezequel C, Lafont M, Marmonier P, Paran F, Piscart C, Puijalon S, Simon L (2008) Évaluation des échanges nappes rivières et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides), Application au fleuve Rhône et à ses aquifères associés. Rapport final phase 2, Action recherche valorisation ZABR, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, École des Mines de Saint-Étienne, Université Lyon 1, Cemagref (Lyon), rapport, 113p.

[15] Paran F, Dechomets R, Graillot D (2008) Identification et quantification des échanges nappes/rivière par analyse spatiale. *Géomatique expert*, 64, pp. 73-79.

[16] Batton-Hubert M, Bonneville M, Joliveau T, Paran F (2008) Intégrer une dimension écologique et paysagère dans la planification territoriale - Méthode et questionnement à propos de la démarche Infrastructures Vertes et Bleues (IVB) dans les SCoT de la Loire (France). In. Actes de la conférence « Les outils pour décider ensemble », organisée par l'Université de Laval, Québec, Juin 2008, 17p.

[17] Paran F (2005) Représentations territoriales pour la gestion équilibrée d'un patrimoine écologique et anthropique dans le domaine de l'eau. Mémoire de thèse de doctorat « Sciences et Génie de l'Environnement », Ecole des Mines de Saint-Etienne, Université Jean Monnet de Saint-Etienne, 297p. <http://www.agora21.org/entreprise/these7.html>