

AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique

Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 26, printemps 2024

Les systémiques de l'eau

Res-Systemica, volume 26, article 02

Modélisation systémique d'un cycle de l'eau localisé

Naomi de Mejanès, Anissa Djaffar, Olivier Maurice

3 pages

contribution reçue le 05 septembre 2024



Creative Commons

Modélisation Systémique d'un Cycle de l'Eau Localisé

Naomi de MEJANES, Anissa DJAFFAR, Olivier MAURICE, AFSCET

3 Février 2024

1. INTRODUCTION

Nous proposons une modélisation d'un cycle local de l'eau incluant le ruissellement, le stockage, l'usage et l'évaporation - condensation. Un modèle de base établi, nous pouvons ensuite l'enrichir de l'impact des activités humaines et argumenter des aspects néfastes de certaines actions. Le modèle étant localisé, nous créons aussi des éléments d'interactions avec son environnement pour traduire les conséquences des évolutions du climat à une échelle supérieure sur ce cycle local. En conclusion, nous proposons une extension par l'utilisation d'une collection de modèles similaires couplés pour couvrir un espace plus large.

2. PRINCIPE

Nous considérons une région en pente sur laquelle un apport d'eau par la pluie vient alimenter le sommet. L'eau ruisselle ensuite et s'infiltre aussi pour partie pour alimenter une nappe en sous-sol. Le reste non absorbé ruisselle jusqu'à une étendue d'eau. L'apport en eau est représenté par un débit J_0 . L'énergie potentielle au point alimenté est ρU^0 où ρ est la masse d'eau cumulée et U^0 le potentiel de gravitation. Cette énergie potentielle est liée à un cumul du débit dans le temps défini par :

$$(1) \quad U^0 = \frac{1}{C} \int_t dt J_1(t)$$

C est la capacité de rétention du milieu. Le ruissellement est caractérisé par une perte en ligne σ^{11} et un débit d'alimentation de la nappe a_1 . Le stockage dans la nappe est aussi associé à une capacité de rétention γ et une perte dans la terre par diffusion / évaporation f . La part d'eau a_2 non retenue dans la nappe continue le ruissellement avec pertes σ^{22} et parvient à un étang, un lac ou la mer. L'équation du problème peut être écrite avec les hypothèses précitées :

$$(2) \quad \begin{bmatrix} U^0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{kC} & -\frac{1}{kC} & -\frac{1}{kC} \\ -\frac{1}{kC} & \frac{1}{kC} + \sigma^{11} + F & \frac{1}{kC} + F \\ -\frac{1}{kC} & \frac{1}{kC} + F & F + \sigma^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

L'impédance F résulte ici de la combinaison du stockage et pertes dans la nappe : $F = f/(1 + k\gamma f)$.

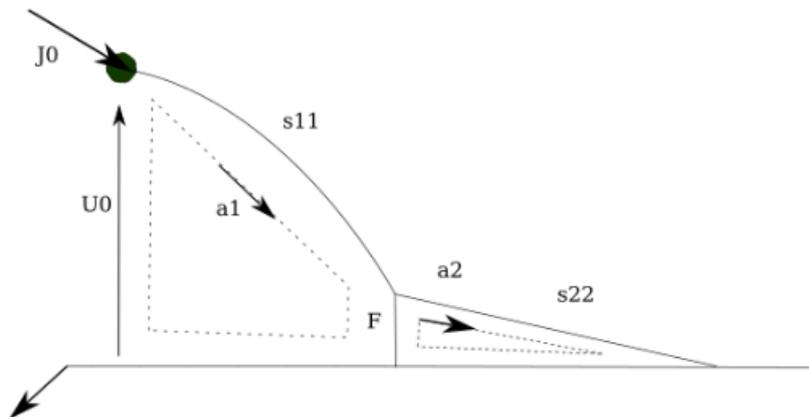


FIGURE 1. Graphe de la situation considérée

Notre étude porte sur l'analyse de cette équation suivant les hypothèses portant sur ses différentes composantes.

3. RÉOLUTION THÉORIQUE

Le système d'équation n'est que de l'ordre 3, pour autant les expressions obtenues pour les débits sont déjà assez compliquées et difficile à interpréter en l'état. Regardons le graphe du problème figure 1.

Sur ce graphe apparaît clairement que le débit circulaire fermé a_1 est le débit d'alimentation de la nappe d'eau, et le débit circulaire fermé a_2 est celui de la consommation sur la nappe. Cette consommation peut être par exemple liée à l'activité humaine qui prélèverait de l'eau dans les nappes pour l'exploiter. En considérant le rapport $R_c = a_2/a_1$ nous supprimons le déterminant et simplifions de fait l'expression, tout en accédant à une expression facilement interprétable.

$$(3) \quad R_c = \frac{a_2}{a_1} = \left[(F + \sigma^{22}) \frac{J_0}{kC} \right] \left[\frac{F}{kC} J_0 \right]^{-1} = 1 + \frac{\sigma^{22}}{F}$$

Le résultat est logique : le rapport entre consommation et stockage est d'autant plus grand que le débit vers l'étendue d'eau σ^{22} est grand pour une impédance F de stockage invariante.

4. ANALYSE

Pourtant ce rapport pourrait ne pas apparaître si intuitif. N'oublions pas que σ^{22} renvoie aux pertes dans la consommation. Plus ces pertes sont grandes en regard du stockage, plus le rapport de consommation à stockage est grand, c'est comme cela qu'il faut comprendre la relation obtenue. Plus ce rapport est grand, plus la consommation s'avère importante devant

le stockage au point éventuellement de ne plus permettre le stockage complet au maximum de la capacité du réservoir de stockage.

Nous avons aussi intérêt à augmenter l'impédance de stockage F autrement dit, minimiser les pertes en consommation et augmenter la capacité de stockage.

Nous remarquons aussi que les pertes en ruissellement vers le stockage n'apparaissent pas directement dans ce rapport. Effectivement, l'impédance F regroupe les pertes d'eau s'écoulant vers la nappe, mais la quantité d'eau arrivant sur ce mécanisme n'intervient pas du coup dans le rapport. Peu importe ici comment arrive l'eau, ce qui arrive est soit stocké soit distribué en aval. Ce constat est donc directement induit par l'espace de configuration que nous avons choisi de représenter. Mais le cas retenu est d'autant plus intéressant qu'il se focalise justement sur la partie de circuit entre la réception d'eau et son stockage ou consommation. En restreignant l'étude à ce domaine nous montrons simplement que la première façon de réduire le gâchis est de limiter les pertes en consommation. Nous savons que notre réseau peut fortement progresser de ce point de vue [1]. A l'heure où nous nous inquiétons du bon maintien en niveau des nappes phréatiques en France, nous devrions aussi agir rapidement pour réduire les pertes en ligne, au-delà des seules restrictions sur l'usage. Ces dernières sont bien sûr à limiter car elles interviennent sur la consommation. Mais ces restrictions doivent venir en complément d'actions pour la diminution des pertes en distribution, sans quoi la consommation globale ne pourra descendre en-deçà d'un seuil lié à ces pertes.

Enfin notre modèle simple pourrait aussi permettre de discuter de l'impact des bassines. Celles-ci constituent des stockages locaux qui alimentent ensuite des cultures ou de l'évaporation. Bien qu'artificielles, leurs fonctionnements n'est que peu différent dans le principe de celui des étangs ou étendues d'eaux qui existaient autrefois avant que les rivières et les fleuves ne soient dirigés par l'homme. Par contre ces derniers alimentaient immédiatement des sources de surfaces ou profondeurs sans passer par un filtrage des cultures modernes, et leurs apports en produits de traitements. C'est peut-être là que l'impact environnemental de ces bassines est le plus significatif.

REFERENCES

- [1] Paumier, G., Defretin, E., Berthault, D., Martin, A., Lamandé, S., & Cousin, A. C. (2007). Limitation des pertes en eau des réseaux. *Techniques Sciences Méthodes*, (9), 17-37.