

RAPPORT DE STAGE

PROMOTION DES RIVIÈRES ET DES HOMMES N°37

ACTIONS, OBJECTIFS ET DISPOSITIONS TECHNIQUES À MOBILISER EN ÉCOLOGIE URBAINE POUR LA MITIGATION DES RISQUES LIÉS À L'EAU (APPRÉHENDÉS AU TRAVERS DE L'EXEMPLE DE LA VILLE D'ARKIA AU COURS DE LA PÉRIODE 2015-2050).

Mots clés : aménagement / écologie urbaine / techniques de mitigation / impacts hydrauliques de l'urbanisation et conséquences sur les milieux naturels / risques naturels / changements climatiques et résilience urbaine.

Le 1^{er} Février 2050.

MOOC Des rivières et des hommes (Denis Siguier, 15-16)

O. INTRODUCTION

En qualité de stagiaire-expert Développement Durable à la ville d'Arkia, j'ai été chargé en cette année 2050 (autrement désignée COP21+35), d'établir un rapport de synthèse des actions de mitigation aux effets des changements climatiques menés dans la ville concernant la gestion de l'eau et les problématiques hydrauliques.

Selon les règles de bonnes pratiques unanimement adoptées, ce rapport a pour objectif de réaliser le bilan et l'analyse rétrospective des actions menées dans une optique de partage d'expérience et d'analyse comparative. Je commencerais donc par décrire la ville en 2015 afin de mettre en évidence les problématiques hydrauliques que nous avons dû traiter, puis, je décrirais les actions menées et leurs résultats pour permettre d'appréhender les objectifs du tableau de synthèse des bonnes pratiques proposé en annexe.

1. SITUATION INITIALE ET PROBLÉMATIQUES

En 2015, Arkia était une ville de 50 000 habitants s'étalant sur environ 15 km². Implantée sous le massif de la Montagne bleue (culminant à 1200 mètres), Arkia a été fondée par les romains le long du fleuve de la Bleuette et s'est peu à peu étalée dans le lit majeur du fleuve – en particulier entre 1850 (construction de l'usine à papier en aval de la ville qui générera le quartier de Villeneuve-les-pieds-dans-l'eau) et 2015, période qualifiée « *d'urbanisation sauvage* » par les historiens du Développement Durable (taux d'imperméabilisation des sols du territoire urbain voisin de 65%). Pour parachever ce que l'on désignait à l'époque comme une « *modernisation urbaine* », plusieurs affluents de la Bleuette ont été canalisés, un réseau d'assainissement (unitaire avec déversoirs d'orages) a été créé tandis que les capacités de la station d'épuration (située à Villeneuve) ont été augmentées (mais de manière insuffisante...).

Suite à la déprise agricole des années 1950-2020, l'occupation des sols de ce petit bassin versant (185 km² - hors territoire urbain) a fortement changé passant de 75% du territoire occupé par l'agriculture et l'habitat dispersé et 15% de forêts (en 1950) à 10% de surfaces agricoles, 25% d'habitat (imperméabilisé à 45%), 25% de zones industrielles et commerciales (imperméabilisées à 60%), 35% de forêts.

A partir des années 1990-2000, plusieurs phénomènes sont apparus et se sont amplifiés avec le temps ;

- Incisions du lit du fleuve, en secteur péri-urbain amont (reboisement),
- Crues torrentielles de plus en plus intenses balayant le centre-ville (et contribuant à généraliser le phénomène d'incision)
- Inondations récurrentes du quartier de Villeneuve-les-pieds-dans-l'eau laissant de très importants dépôts alluvionnaires (paralysant la STEP).
- Abaissement du niveau des nappes phréatiques et assèchement des milieux naturels, des parcs du centre-ville et des puits utilisés par les derniers jardiniers amateurs¹.

Le bilan humain et matériel de ces événements était tellement important que les élections municipales de 2017 ont violemment opposées deux visions contradictoires ;

- Abandonner la ville et la reconstruire au sommet de la montagne.
- Réaliser la rénovation écologique des aménagements urbains et du bassin versant pour réduire les risques (projet municipal finalement adopté).
- (sans oublier la liste extrémiste qui voulait canaliser le fleuve ailleurs, jusqu'à une frontière....)

¹ Avant l'interdiction de planter des légumes manuellement, sans licence spéciale, promulguée par la loi de 2016 (et abrogée en 2019 après la « révolution des tomates »).

2. SITUATION ACTUELLE (2050) ET BILAN DES PRATIQUES MISES EN ŒUVRE

En 2050, Arkia vit enfin en harmonie avec la Montage Bleue et la Bleuette.

Faire la critique de l'urbanisme écologiquement dysfonctionnel, comme cause des réajustements fluviaux générant l'ensemble des problématiques hydrauliques, a permis de lancer dès les années 20 un programme de rénovation écologique de l'aménagement qui a depuis prouvé sa validité et sa pertinence. Ainsi, il me semble important que le présent rapport conserve la mémoire des errances urbanistiques passées afin qu'elles ne soient pas reproduites.

La réforme administrative (2017-2022) a permis d'unir ce que l'on qualifiait à l'époque de « *millefeuille administratif* » à l'échelle de chaque bassin versant. Il me semble aujourd'hui que le regroupement des acteurs de l'aménagement du territoire et de la conservation de la biodiversité autour d'équipes d'élus locaux est le facteur qui a généré le réel changement de pratiques en aménagement, en permettant la gestion coordonnée de l'ensemble des problématiques à l'échelle d'un bassin versant.

Villeneuve-les-pieds-dans-l'eau a été abandonnée, rasée, dépolluée et convertie en zone naturelle protégée (le marais des mortes-eaux) et en élevage piscicole. En effet, en outre d'être inondable, ce secteur accumulait toutes les hérésies de l'urbanisme dit des « *quarante honteuses* » (période 1974-2014, après les « *30 glorieuses* ») – imperméabilisation des sols, immeubles concentrationnaires sans isolation thermique, cités pavillonnaires consommatrices de surfaces, dénuées de commerces et de vie sociale, qui avaient reléguées l'architecture à la production de photocopies et l'urbanisme à la réalisation de quadrillages routiers qui morcelaient les milieux naturels jusqu'à leur totale éradication et multipliaient inutilement les déplacements individuels et de marchandises (cause d'une perte d'efficacité sociale et économique importante, de consommation abusive des ressources fossiles, de dérèglement climatique global, d'une économie non circulaire basée sur la destruction et le pillage des ressources – le « *drame des communs* »).

Le recours à des aménagements hydrauliques était obligatoire pour colmater les incisions du fleuve, paver le lit et certaines berges en tronçons très urbanisés afin de restaurer les hauteurs d'eau nécessaires au maintien du niveau piézométrique des nappes. Des campagnes de dragages et rechargement sédimentaires ont dû être réalisées pendant plusieurs années (phase de réaménagement). Tandis que la levée d'une butte en amont de la ville, associée à une noue d'infiltration (et ruisseau temporaire), et la végétalisation de l'ensemble (parc arboré) ont rapidement permis de limiter les effets des aléas inondation et tempête.

L'assainissement est maintenant séparatif-décentralisé et organisé autour d'unités de méthanisation (entretenues par les producteurs de composts agricoles). Tous les cours d'eaux canalisés ont été rétablis dans leurs cours naturels (avec parfois des limiteurs de débits et des prairies d'expansion).

Le phénomène de crues dévastatrices (qui a été le plus long et le plus coûteux à maîtriser) a cessé en 2042 (bien que le régime des précipitations ait changé et que la pluviométrie ait augmentée). La « *reprise agro-écologique* » et la sanctuarisation des milieux naturels ont permis d'assainir le métabolisme urbain ; en recréant des prairies d'inondation et en organisant dans les coteaux une succession de milieux naturels et agricoles (avec noues d'infiltrations et réserves d'irrigation) avec pour finalité de rétablir et de contrôler le bilan sédimentaire du fleuve (et la perte de sol), de limiter le ruissellement dans les pentes, maximiser l'infiltration des eaux pluviales et de maintenir le niveau des nappes phréatiques, de favoriser le déphasage temporel entre précipitations et apports au fleuve. Les zones agricoles occupent aujourd'hui 25% du bassin versant, les zones naturelles, parcs et aménagements verts 50%, les zones urbaines et artificialisées 25% (bien que la population ait légèrement augmenté).

Enfin, les obligations d'infiltration de l'eau à l'échelle de l'ouvrage et de la parcelle (avec toitures végétalisées en secteur d'habitat dense), de compensation des surfaces imperméabilisées par des noues et ouvrages d'infiltration, de Coefficient d'Optimisation des Sols Artificialisés, ont favorisé la mutation de l'habitat en faveur d'une réduction des surfaces imperméabilisées et des surfaces artificialisées (habitat dense, intégration des activités commerciales et productives à des noyaux d'habitation, transports collectifs).

Des stations hydrologiques automatisées (avec mesure continue de la charge solide des cours d'eau, des hauteurs et des vitesses d'écoulement et de transport ainsi que de la saturation en oxygène par réfractométrie edX – développée par le Docteur Gratiot en 2019) couplées à des stations météorologiques et de suivi des nappes phréatiques nous permettent de suivre en direct l'hydrologie du bassin versant et de piloter finement les ajustements nécessaires (délestage des ouvrages de stockage / activation des barrières immergées de dissipation de l'énergie cinétique – en phase de test / modification des plans de plantations agricoles / plus rarement dragages et rechargement sédimentaire).

Nous mesurons aujourd'hui, combien cette démarche de réaménagement écologique du bassin versant et de l'écosystème urbain et d'assainissement du métabolisme urbain a été longue et complexe. Et si au final, nous pouvons nous réjouir à la fois de la réussite et du faible coût économique de ce projet (pas de surcoûts par rapport aux investissements traditionnels et réduction des coûts des dommages), il convenait de produire une synthèse des actions menées, qui permette, au cas par cas, de proposer des solutions opérationnelles (en anticipant les effets indirects). Synthèse présentée dans le tableau qui suit (qui ne prétend pour l'instant n'être rien de plus qu'une ébauche et un support pour animer une réflexion transdisciplinaire).

3. CONFRONTATION AUX TRAVAUX DE LA DISCIPLINE

Le travail réalisé n'a pas pour vocation de s'opposer ou de commenter les travaux produits par le passé, mais tente plutôt de les agréger en une synthèse opérationnelle et à vocation pédagogique. Cependant, la production (et avec profit, la lecture) de ce document repose sur l'étude plus particulière de ;

- « *Modélisation de la dynamique potentielle d'un bassin versant et mesure de son efficacité structurelle* »¹ qui soulève la question de la multitude d'indices en hydrologie (de forme, de volume, de réseau, croisés) et propose un Indice d'efficacité structurelle des bassins versants. Cette étude m'a permis de mieux cerner les indicateurs à mettre en exergue dans la synthèse produite (tout en mesurant la partialité de ce choix...).
- « *Les réseaux hydrographiques : de la transformation pluie-débit vers la modélisation intégrée du cycle de l'eau en milieu urbanisé* »⁴, qui formule des critiques au modèle de développement urbain et propose des pistes pour la description de l'ensemble d'un système hydrologique urbain.
- « *Outils d'analyses hydrologique, économique et spatiale des services écologiques procurés par les milieux humides des basses terres du Saint-Laurent : adaptations aux changements climatiques. Rapport final* »². Met en évidence les fonctions des zones humides et l'intérêt de leur conservation dans le contexte de changement climatique (mitigation de l'aléa inondation par une stratégie de restauration de la désynchronisation naturelle) et prolonge le cours de M. Piégay, dans une approche multidisciplinaire exemplaire.
- « *Gestion alternative des eaux pluviales en aménagement urbain* »³, qui relate les premières conclusions ainsi que des éléments méthodologiques tels que formulés en 2010. L'approche suivie dans ce document est intéressante, mais montre également ses limites (« *sauf en cas de pluie exceptionnelle où il surverse vers le ruisseau directement* » ; en opposition avec l'approche du cours de M. Navratil).

4. ETUDE COMPARATIVE

L'organisation d'un « *projet personnel d'approfondissement* » avec mise en commun des travaux est un prolongement au cours « *des Rivières et des Hommes* » qui permet d'enrichir l'apprentissage par une recherche personnelle et surtout les échanges constructifs avec les autres étudiants.

Le présent rapport classé, dans la thématique « *L'occupation du sol dans un bassin versant* » trouve des complémentarités avec les rapports suivants :

1. « *Quel rôle l'agriculture peut-elle jouer dans la gestion du ruissellement ?* »
2. « *Etude de l'impact de l'occupation du sol sur la pollution de l'eau et la biodiversité des cours d'eau* »
3. « *L'effet de l'urbanisation sur la rivière Bengawan Solo, Java-Est : Quelle est la réponse de la politique publique en Indonésie.* »
4. « *Incision des cours d'eaux par l'exploitation des alluvions lagunaires et eutrophisation d'origine anthropique et prolifération des jacinthe* »

Les deux premiers rapports, qui étudient les impacts de l'occupation du sol sur la biodiversité et le ruissellement, correspondent à la partie diagnostic de terrain et étude d'impact, en amont de la proposition de solutions techniques issues de retours d'expérience. Dans les versions lues de ces rapports, j'ai pu constater une convergence de points de vue avec le présent rapport (agriculture extensive associée à des milieux naturels permettant de limiter les ruissellements, de désynchroniser, de gérer les apports sédimentaires).

Les deux rapports suivants sont plutôt centrés sur l'analyse de retours d'expériences. Le premier (n°3) étant complémentaire avec le présent rapport et tend à renforcer l'analyse produite, tandis que l'état d'avancement du dernier rapport ne permettait pas encore d'en articuler les conclusions avec mes travaux.

Les discussions m'ont aidées à réviser certains aspects du rapport, en particulier concernant la notation à retenir dans le tableau synthétique. Ces échanges auraient pu être plus développés, j'aurais en particulier apprécié pouvoir discuter des indicateurs à retenir dans le tableau de synthèse qui suit.

J'ai pu apprécier la qualité des rapports produits par l'ensemble des groupes, mesurer la diversité des approches et des problématiques (montrant la diversité et la richesse des questions à résoudre par l'hydrologie) et en même temps ressentir des convergences, et notamment dans le souci du respect de la biodiversité.

5. NOTE FINALE

Le « *Catalogue typologique des actions, objectifs et dispositions techniques à mobiliser en écologie urbaine pour la mitigation des risques liés à la gestion de l'eau* » présenté en annexe n'est que l'ébauche d'un travail de synthèse (en particulier concernant la notation), dont la vocation est de susciter et de structurer la réflexion transdisciplinaire sur la thématique de l'aménagement urbain et péri-urbain durable.

Compte-tenu des contraintes de longueur et de délais, j'ai choisi de mettre en exergue ce sujet par une approche diachronique prospective et caricaturale. En effet, la complexité du sujet ne permettait pas de mettre en discussion et commenter chaque élément présenté (pas de volonté de dogmatisme), si bien que plutôt que de m'attarder sur les détails de diagnostic ou de solution, j'ai préféré présenter un panorama global et impactant. Cet exercice (expérimental) qui permet à partir d'une situation souhaitée d'établir un rétro-planning des tâches à effectuer, me semble constituer un exercice pédagogique nécessaire pour confronter citoyens et décideurs aux réalités des enjeux et de l'ampleur des actions à entreprendre pour intégrer les activités humaines aux équilibres écologiques et répondre aux enjeux des changements climatiques.

6. BIBLIOGRAPHIE ET RESSOURCES DOCUMENTAIRES

1. Johnny Douvinet, Daniel Delahaye et Patrice Langlois. « **Modélisation de la dynamique potentielle d'un bassin versant et mesure de son efficacité structurale** », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 412, mis en ligne le 15 février 2008, consulté le 20 décembre 2015. URL : <http://cybergeo.revues.org/16103> ; DOI : 10.4000/cybergeo.16103
2. Richard Fournier (UdeS), Monique Poulin (ULaval), Jean-Pierre Revéret (UQAM), Alain Rousseau (INRS-ETE), Jérôme Théau (UdeS). « **Outils d'analyses hydrologique, économique et spatiale des services écologiques procurés par les milieux humides des basses terres du Saint-Laurent : adaptations aux changements climatiques. Rapport final** », ORANOS, Fond Vert, Québec, Octobre 2013.
3. Olivier Briand (Territoires), Frédéric Geffroy (Cabinet Desormeaux), Marie-Laure Gautier (Safège), Floriane Hérou (Safège), Bruno Ricard (Sinbio) « **Gestion alternative des eaux pluviales en aménagement urbain** », NOVATECH, 2010.
4. Hervé Andrieu et al. « **Les réseaux hydrographiques : de la transformation pluie-débit vers la modélisation intégrée du cycle de l'eau en milieu urbanisé** ». IFSTTAR, IRSTV.
5. Jamal Bengassem « **Elaboration d'un système d'aide au diagnostic hydraulique et structural des réseaux d'assainissement urbains** », Thèse présentée à l'Ecole de Technologie Supérieure, Université du Québec, Mars 2001.
6. Philippe Bonneau. « **Les eaux pluviales, quelle problématique ? quelle gestion ?** », Agence de l'eau Artois-Picardie, Boves Juin 2014.
7. « **La boîte à outils de suivi des zones humides** », RhoMeao, Version 1, Février 2014.
8. H. Levrel, N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, S. Pioch. « **Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement. Analyse des mesures conservatoires pour la biodiversité.** », Ifremer, éditions Quae, collection Synthèses., 2015.
9. « **Système ISDIS des objectifs de développement durable, cibles et sous-cibles avec leurs indicateurs incontournables de DD** ». HQE²R, CSTB
10. ADOPTA. « **Fiche technique n°1 : le puits d'infiltration** », Mars 2006.
11. ADOPTA. « **Fiche technique n°3 : la noue** », Mars 2006.
12. ADOPTA. « **Fiche technique n°4 ; la structure réservoir avec revêtement classique** », Novembre 2001.
13. ADOPTA. « **Fiche technique n°5 ; la structure réservoir avec revêtement poreux** », Novembre 2001.
14. ADOPTA. « **Fiche technique n°6 ; la bouche d'injection** »,.
15. ADOPTA. « **Fiche technique n°7 ; la structure réservoir avec matériaux synthétiques** », Octobre 2002.
16. ADOPTA. « **Fiche technique n°8 ; la toiture verte** », Mars 2009.