

---

## LE SYSTÈME ALIMENTATION/EXCRÉTION DES TERRITOIRES URBAINS : RÉGIMES ET TRANSITIONS SOCIO-ÉCOLOGIQUES

par Fabien **ESCULIER**<sup>1</sup>

Analysée par Daniel **TESSIER**<sup>2</sup>

Directrice et directeur de thèse :

Josette **GARNIER**, Sorbonne Université  
Bruno **TASSIN**, École des Ponts ParisTech

Il n'est pas toujours aisé de prendre conscience des changements lents, mais structurels, de notre société, lesquels *in fine* changent en profondeur notre environnement global. Il en est ainsi de l'impact des changements globaux de nos modes d'approvisionnements en produits alimentaires, surtout si ceux-ci sont mis en corrélation avec le devenir des rejets humains des sociétés du 21<sup>ème</sup> siècle dans l'environnement. Le mémoire présenté par Fabien Esculier vient justement combler ce vide et c'est tout le mérite de sa thèse de doctorat.

En premier lieu, l'auteur s'appuie sur une analyse détaillée du système d'alimentation humaine et des voies dites d'excrétion des déchets humains dans l'agglomération parisienne. Il souligne d'abord l'incohérence à utiliser de l'énergie pour fabriquer, par exemple, des engrais azotés alors que les rejets humains en contiennent de fortes quantités et, qu'à l'autre bout du système, de l'énergie est dépensée pour dénitrifier et ainsi réduire la charge en azote des eaux usées traitées et rejetées dans les cours d'eau. F. Esculier part donc du constat qu'il y a urgence à développer un système beaucoup plus circulaire que le système de rejet direct (linéaire) dans les égouts.

D'entrée on est frappé par les ordres de grandeurs mis en jeu dans les rejets humains, notamment la charge en azote des urines humaines arrivant dans les stations d'épuration. Séparer cet azote à la source faciliterait le traitement des eaux avant leur rejet dans le réseau hydrographique, avec en prime la fourniture possible d'un substitut aux engrais azotés de synthèse gourmand en énergie pour leur fabrication. La force du document est de faire émerger et concrétiser une préoccupation globale de durabilité du système d'alimentation/excrétion des territoires urbains par le recyclage. Il s'agit en particulier de valoriser l'ensemble des ressources, spécialement celles considérées jusqu'à présent

<sup>1</sup> Thèse présentée et soutenue le 9 mars 2018 à l'École nationale des ponts et chaussées, à Champs-sur-Marne, Programme OCAPI (Optimisation des cycles Carbone, Azote et Phosphore en ville)

<sup>2</sup> Daniel TESSIER, membre titulaire de l'Académie d'agriculture de France (secrétaire de la section 5 : Interactions milieux-être vivants)

comme des déchets, dans un contexte culturel et technique autour du tout à l'égout dominé par l'objectif « d'épuration des eaux usées ».

Dans son document l'auteur présente en premier les grands cycles biogéochimiques et leurs perturbations par l'homme en relation avec les fondamentaux du métabolisme humain. Il montre par la suite, analyse détaillée à l'appui, que la perturbation anthropique des cycles biogéochimiques n'est pas seulement locale, mais qu'elle est désormais globale. Cette vision globale, par cycles, l'amène à ne plus seulement considérer la gestion des excréta humains uniquement sous l'angle de l'épuration des eaux et de la protection des milieux aquatiques récepteurs. Ceci le conduit à démontrer que le potentiel des urines est au centre du cycle de l'azote dans l'environnement urbain. La force du document est aussi de considérer l'emboîtement de différentes échelles dans le système d'alimentation/excrétion. Une liste d'indicateurs est proposée, caractérisant les flux d'azote (circularité, autonomie, sobriété, devenir des urines, pollution ...), ainsi que la performance des systèmes vis-à-vis de quelques autres enjeux (salubrité...). L'argumentation conduite à partir de calculs d'ordres de grandeur est originale et rigoureuse, et donc convaincante. Le taux de recyclage de l'azote et du phosphore des urines et matières fécales a connu un pic au début du 20ème siècle avec le développement du tout à l'égout et l'épandage des eaux usées en zones agricoles périurbaines, puis, a quasiment disparu aujourd'hui.

L'auteur en fait une analyse et met en exergue l'émergence de nouveaux paradigmes vis-à-vis du recyclage de l'urine, notamment en Europe du Nord et explore les possibilités techniques de séparation à la source, de stockage, de transport, de traitement et de valorisation agricole de cette ressource. Il examine dans le détail les verrous techniques potentiels associés à la mise en place d'un système de séparation et de valorisation des urines, et s'appuie sur des expériences pilotes mises en œuvre partout dans le monde. Il tire ensuite un bilan des expériences effectivement mises en œuvre, analyse les blocages existants et propose un scénario pour l'agglomération parisienne et son « hinterland » agricole basé sur la séparation à la source des urines et leur valorisation en agriculture. Son analyse historique vaut pour l'ensemble des villes occidentales. Il montre qu'un verrouillage sociotechnique s'est progressivement mis en place autour du tout à l'égout, avec une sophistication croissante des procédés techniques, coûteux sur tous les plans, de traitement des eaux à l'aval sans remise en cause des fondements du système. Parmi les types de solutions explorés, il met l'accent sur la présence d'azote dans les eaux collectées à épurer, avec une « recircularisation » du système d'alimentation/excrétion. Ce type de scénario est proposé pour l'agglomération parisienne, avec des hypothèses de mise en place progressive d'une collecte séparée des urines.

En conclusion l'auteur s'appuie sur une vision large, systémique, du système alimentation/excrétion des sociétés humaines. Il mobilise un large spectre de disciplines scientifiques : biogéochimie, physiologie, histoire, sociologie, socio-écologie, droit,... Il distingue opportunément les disciplines dans lesquelles s'insère ce travail et auxquelles il peut prétendre contribuer. Son analyse combine des analyses théoriques, des calculs d'ordre de grandeur pour hiérarchiser et identifier les processus dominants et des considérations très opérationnelles de faisabilité technique.

Un travail remarquable de quantification des flux N et P de l'agglomération parisienne a été réalisé, en combinant différentes sources d'information, avec un souci permanent de croiser des chiffres d'origines diverses afin d'évaluer leur cohérence. Ces résultats sont très originaux.

Un scénario de reconfiguration du système d'alimentation/excrétion de l'agglomération parisienne est proposé en fin de document, basé sur une « recircularisation » des flux d'N et P, et il en évalue les performances. Pour les agronomes il faudra maintenant envisager plus en détail quelles pourraient être les applications en agriculture. Du côté des concentrations en élevages hors sol (porcs par exemple) des analogies pourraient être possibles.

Bien que long, son document est clair, facile à lire, et capte l'attention par son originalité et sa nouveauté. Il fera réfléchir les acteurs et chercheurs du domaine. L'auteur fait preuve de rigueur, largeur de vue, capacité à faire des liens, aptitude à combiner approches théoriques et analyses opérationnelles. Toutes ces qualités ont été signalées par les rapporteurs de la thèse. C'est un travail remarquable qui mérite d'être valorisé sur le site de l'Académie.