



projection

RÉSEAU DE PROFESSIONNELS JUNIORS

L'empreinte azotée dans nos modes de vie

Compte-rendu de la rencontre Jeunes Professionnels

Date : 21 janvier 2016

Lieu : Café Le voltigeur, 59 Rue du Faubourg Saint-Antoine, 75011 Paris

Intervenants : **Fabien Esculier**, chercheur en assainissement écologique à l'Université Paris Est

Animatrice : Hélène Dentel (réseau Projection)

1. Contexte & Objectifs

La consommation d'aliments de meilleure qualité, et à moindre impact environnemental, est devenue une préoccupation des sociétés. Il est aujourd'hui admis que l'azote, issu principalement de notre alimentation, des modes de production agricole et des modes de gestion de nos excréments est à l'origine de nombreuses pollutions environnementales. Et ces problématiques se traduisent aussi bien au Nord qu'au Sud.

1. DES CONSTATS AUX OBSERVATIONS

L'environnement est de plus en plus pollué par des produits azotés, déchets issus de nos activités. L'impact environnemental de ces rejets azotés est directement lié, en amont, à nos modes de consommation, et en aval, aux modalités de gestion des eaux usées des systèmes d'assainissement. Les éléments nutritifs et énergétiques (azote, phosphore et carbone) rejetés par l'Homme et présents dans les eaux usées sont ainsi au cœur des enjeux techniques et d'innovations de recyclage et de valorisation. La majorité des recherches est aujourd'hui tournée vers l'optimisation des procédés (haut rendement de traitement) et le « re use ».

Toutefois, un autre domaine de recherche se développe autour de l'exploration de solutions pour séparer directement les différentes eaux des habitations (eaux des toilettes VS autres eaux de la maison) et séparer à la source les différents composants des eaux usées.

Ce domaine de recherche impose alors une autre réflexion autour de nos modes de vie et leurs impacts sur les différentes empreintes environnementales (azote, phosphore et carbone) : culture, production et consommation, excréments.

Ces enjeux, concernant à la fois les sociétés du Nord et du Sud, diffèrent cependant dans leur nature : excédentaire ou déficitaire.

Faut-il devenir végétarien ou peut-on continuer à être carnivore ? Quel est l'impact réel de nos rejets azotés issus de notre alimentation sur notre environnement ? Peut-on traiter ces rejets ? Est-il possible de les réduire sans bouleverser nos modes de vie et de consommation ? Quelles sont les différences entre le Nord et le Sud ?

Autant de questions que nous nous posons aujourd'hui sans en connaître réellement les réponses.

2. LES ATTENTES DE CETTE RENCONTRE

Apprendre à calculer son empreinte azote en réfléchissant :

- ▶ à l'impact de nos modes de consommation
- ▶ aux différents moyens qui existent pour réduire notre empreinte azote
- ▶ à comment trier et recycler à la source

2. Retour sur la thèse de Fabien : « les cycles biogéochimiques en ville - Analyse de régimes socio-écologiques et capacités de mutation dans un contexte de transition écologique »

Fabien ouvre la discussion en revenant sur son parcours et en reposant les grandes problématiques qui l'ont amené vers ce sujet de recherche.

1. LE GRAND PARIS

Le projet d'aménagement territorial du Grand Paris remet en question les infrastructures d'assainissement face à l'augmentation de la démographie dans les prochaines années. En effet, les stations d'épuration actuelles, bien qu'au rendement élevé, seront sous-dimensionnées pour traiter les flux des nouveaux habitants. Ces sous capacités de traitement risquent d'être à l'origine de rejets de polluants (non traités et/ou en deçà des normes de rejet) dans les milieux aquatiques. Ces rejets potentiels intensifient alors l'enjeu sur les objectifs d'atteinte du bon état écologique des eaux selon les obligations de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

Les perspectives démographiques annoncent une population d'environ 12,4 millions d'habitants d'ici 2030 (Insee) dans le Grand Paris où les activités, les usages et l'assainissement, sont organisés autour de la Seine, dont le débit est le plus faible des grands fleuves de la métropole (Agence de l'eau Seine Normandie). La possibilité du fleuve à diluer la pollution, actuellement déjà faible, deviendra alors saturée. En outre, il est prévu que le changement climatique entraîne une baisse du débit d'étiage de la Seine d'environ 30% en 2050 ce qui entraînera une limitation substantielle de rejets polluants, même à population égale.

Il est amusant de constater que Lyon, capitale des Gaules, est située sur un fleuve au débit 10 fois plus important avec une population 10 fois moindre ce qui lui donne un potentiel écologique de développement beaucoup plus important.
(Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse).

Face à ces problématiques et celle d'une société de consommation dont les modes alimentaires impactent notre environnement, Fabien a eu la volonté de réfléchir à des pistes pour améliorer le bilan environnemental de l'assainissement. Ces pistes ont été proposées au Ministère de l'écologie et c'est finalement auprès de la communauté scientifique de la recherche que Fabien a pu s'y consacrer. Un projet de recherche a donc été créé pour développer ces pistes d'actions permettant de rendre l'assainissement soutenable écologiquement, et limiter ainsi les empreintes en azote, phosphore et carbone dans les cycles urbains. Parmi tous les sujets d'études, Fabien nous a présenté l'étude **OCAPI**, « **Optimisation des cycles Carbone, Azote et Phosphore en ville** » ou en langage plus familier « *comment faire de l'Or avec du CAca et du Pipi ?* ». Parce que l'assainissement d'aujourd'hui est considéré comme un ensemble de déchets qui ne doit pas polluer nos milieux aquatiques, cette étude a pour objectif de repenser la place de ces déchets polluants dans nos chaînes de traitement et de production : les déchets sont des ressources mal placées, qui en étant valorisées, deviendraient des « produits secondaires » à haute valeur ajoutée.

Ce sujet d'étude vise donc à analyser tous les régimes socio-écologiques humains possibles et les comparer selon les données alimentaires et les déchets solides et liquides produits, autour de deux approches :

1. *Biogéochimique* : Comment les nutriments circulent dans la ville ?
2. *Sociologique* : Quels sont les freins et les leviers à des changements de modèles ?

2. L'AZOTE

Un élément limitant

L'azote fait partie des 4 composés organiques majeurs des êtres vivants avec le carbone, l'oxygène et l'hydrogène. Les composés azotés peuvent être divisés en deux formes :

- ▶ Majoritaire : atmosphérique, c'est-à-dire inorganique, où l'azote est à l'état gazeux sous forme inerte (N_{atm}). Très peu d'organismes sont aujourd'hui capables de fixer l'azote atmosphérique et le transformer puis le rejeter dans l'environnement en azote organique (micro-organismes du sol et légumineuses).
- ▶ Limitante : réactive (N_r), qui est la forme assimilable majoritaire des êtres vivants mais dont les quantités naturelles sont limitées.

Ces transformations entre les formes atmosphériques et organiques forment le cycle de l'azote.

Les composés azotés réactifs sont présents sous de nombreuses formes (NO_x , NH_3 , NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , etc.). L'Homme est incapable de stocker l'azote, il l'excrète dans ses urines et ses matières fécales. Les quantités nécessaires à son métabolisme sont donc puisées dans les aliments qu'il ingère. Pour 100g de protéines, 16g sont de l'azote.

La révolution industrielle, début de l'ère Anthropocène

Le procédé **Haber-Bosch** développé au début du XXème siècle a révolutionné le monde agricole et industriel en permettant de synthétiser industriellement de l'azote organique, contrôlant ainsi la production et modifiant alors les équilibres naturels.



La majorité de l'azote organique produit est à destination agricole (engrais), les applications industrielles ne concernant qu'une infime partie. Ce procédé a permis de dépasser les contraintes naturelles liées aux besoins alimentaires des populations et aux besoins d'engrais pour la production agricole. Aujourd'hui, un humain sur deux est nourri via des aliments dont l'azote organique est issu de la synthèse Haber-Bosch. Cette synthèse industrielle est ainsi devenue notre propre contrainte : l'arrêt immédiat de l'utilisation de ce procédé, sans changement de nos modes de production et consommation, empêcherait de nourrir la population mondiale actuelle. L'intensité de perturbation mondiale du cycle de l'azote est aujourd'hui de 100% contre 10% pour le carbone.

L'Homme étant capable d'interférer avec les équilibres naturels, des scientifiques ont nommé une nouvelle ère géologique débutant dès la révolution industrielle : l'anthropocène.

Le relargage des excès d'azote organique dans l'environnement, via les déchets organiques humains, les engrais dispersés et les utilisations industrielles, sont à l'origine d'incidences aussi bien environnementales que sanitaires :

- ▶ Les pollutions aquatiques
- ▶ L'eutrophisation océanique et terrestre
- ▶ L'acidification des sols
- ▶ La modification de la chimie atmosphérique
- ▶ L'émission de N_2O (représente 15% des gaz à effets de serre en termes de pouvoir réchauffant)
- ▶ L'ozone

▶ La qualité de l'air urbain (NO_x)

▶ Particules (ammoniac NH₃, nitrates NO₃⁻)

Ces incidences liées au relargage d'azote organique sont très peu diffusées par les divers outils de communication à l'exception de quelques cas médiatisés comme les marées vertes en Bretagne ou la fermeture des puits pollués aux nitrates, par exemple. Or, la perturbation des cycles biogéochimiques naturels, dont celui de l'azote, et avec la perte de la biodiversité, apparaissent aujourd'hui bien plus déréglés que le climat (Steffen, Rockström et al., 2015). Ces impacts, cités ci-dessus, sont généralisés au globe et provoquent par la suite une cascade de modifications de nos milieux.

3. LES MODES DE CONSOMMATION ACTUELS : PEUT MIEUX FAIRE ?

« Viande ou pas viande ? »

Pour produire 3.5 kg d'azote d'origine animale (exemple de la vache en France), quantité annuelle nécessaire pour le métabolisme humain, une vache doit consommer 20kg d'azote par an. Il y a donc environ un facteur 6 entre la quantité ingérée dans les produits alimentaires animaliers et la quantité utilisée pour la production de ces aliments.

« Le miracle des engrais chimiques »

Aujourd'hui en France, 70% des apports azotés agricoles proviennent des engrais chimiques, les 30% restant provenant des légumineuses.

Il n'y a ainsi aucune concurrence loyale entre les capacités de production agricole des pays du Sud, traditionnelle, et des pays du Nord, mécanisée et chimique.

De plus, certaines pistes intermédiaires sont pratiquées, telles que la déforestation suivi du feu de forêt, pour utiliser les stocks d'azote à des fins agricoles, dont les sols sont très riches. Cependant, une fois les terres brûlées, les quantités initiales d'azote ne seront renouvelées qu'au bout d'une cinquantaine d'années.

Aussi, l'utilisation intensive d'engrais ajoutée à la surexploitation des terres agricoles détruisent les couches pédologiques et entraînent une perte de la qualité du sol et de son épaisseur, réduisant directement le rendement de production de ces mêmes terres.

« Excrétats et biodéchets humains »

Le citoyen ingère sa quantité d'azote organique via les aliments.

Les composés azotés sont ensuite rejetés par le citoyen dans ses excrétats puis traités selon les infrastructures d'assainissement.

Mais les citoyens produisent également des biodéchets, le fameux gaspillage alimentaire qui sont les aliments non ingérés. La gestion des déchets doit ainsi se développer à deux niveaux : la gestion des excrétats et la gestion des biodéchets.

3. A la découverte de l’empreinte azote

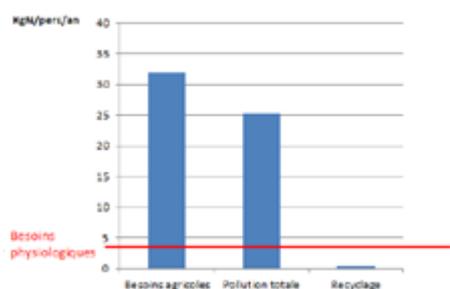
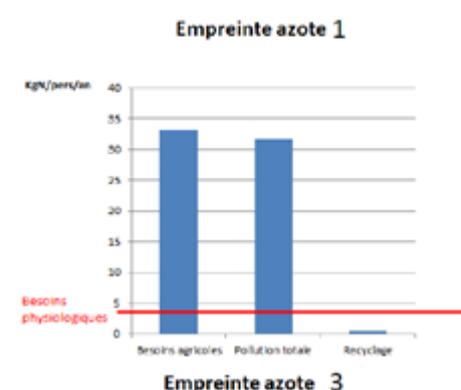
1. QUELLE EST NOTRE EMPREINTE AZOTE ?

L’empreinte azote se regroupe à partir de trois composantes, représentées en abscisse de gauche à droite par les trois colonnes bleues :

- ▶ Les besoins : besoins agricoles entrants en azote selon la production agricole
- ▶ Les pollutions : somme de toutes les pollutions émises selon la gestion du territoire
- ▶ Le recyclage : performance des systèmes de gestion des déchets et de l’assainissement

Les besoins physiologiques humains sont de 3,5 kg N/an, représentés par la ligne horizontale rouge.

Empreinte 1 et 3



La combinaison 1 représente l’empreinte en azote d’un citoyen parisien en 1985, la combinaison 3 représentant celle d’aujourd’hui.

La seule différence visible est le taux d’azote émis via les pollutions totales, qui a diminué d’environ 1/6 en 30 ans. Une légère baisse des entrants agricoles, de quelques KgN/pers/an est observable.

Ainsi, le citoyen parisien relargue dans l’environnement 8 fois les quantités d’azotes dont il a physiologiquement besoin.

L’impact du territoire parisien est toujours très riche en intrants azotés, principalement via ses systèmes agricoles, et très pauvre en capacités de recyclage, malgré la construction de nouvelles STEP performantes. La consommation de viande a beaucoup augmenté sur les dernières décennies et la prise de conscience de l’impact de nos modes de production et de consommation est encore très faible.

Empreinte 2

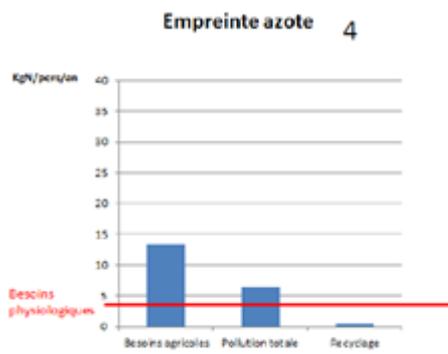


Ce scénario quant à lui représente l’empreinte d’un citoyen parisien lorsque la politique de gestion des biodéchets serait appliquée (recyclage des biodéchets prévu par la loi sur la transition énergétique pour 2025, division par 2 du gaspillage alimentaire).

Cependant, même si ces politiques sont appliquées et respectées, les pollutions totales diminueront de moins de 2/5 et moins de 1/3 pour les intrants agricoles, restant de 3 à 4 fois plus élevés que les besoins physiologiques humain.

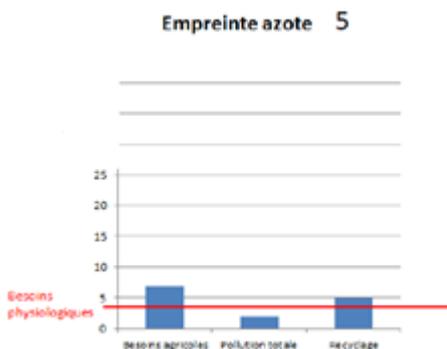
En revanche, le recyclage augmente nettement, dépassant les

3,5 kgN/pers/an.



Empreinte 4

Ce scénario représente l’empreinte azote d’un citoyen parisien à l’alimentation issue de l’agriculture biologique. Les intrants agricoles et les pollutions totales émises sont réduits au minimum par deux.



Empreinte 5

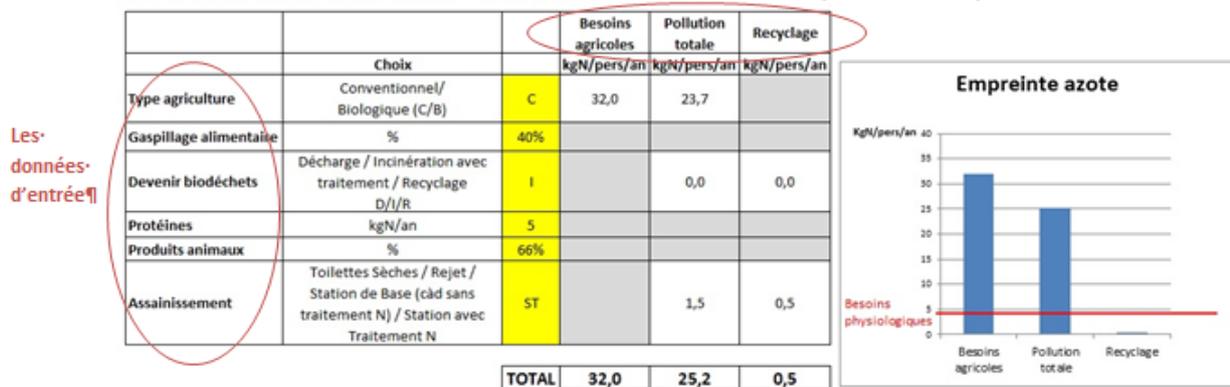
Ce scénario est « l’exemple vertueux » où le citoyen est demitarien (division par 2 des produits d’origine animale) en agriculture biologique, les biodéchets recyclés et les urines recyclées à la source.

2. PRESENTATION DE L’OUTIL DE FABIEN

Les trois composantes de l’empreinte azote (figure ci-dessous) sont obtenues à partir de calculs issus de données d’entrées en :

- ▶ **Type d’agriculture** : Conventionnel (système de production actuel) ou biologique (réductions des intrants azotés principalement)
- ▶ **Gaspillage alimentaire** : pourcentage d’aliments jetés. La moyenne française est de 40%.
- ▶ **Devenir des biodéchets** : selon le type de traitement mis en place en fin de chaîne
- ▶ **Protéines** : consommation de protéines alimentaires. La moyenne française est d’environ 5 kgN/pers/an.
- ▶ **Produits animaux** : pourcentage de produits animaliers consommés
- ▶ **Assainissement** : selon le type d’assainissement utilisé

Outil de calcul de l'empreinte azote - F. ESCULIER - projet OCAPI Les composantes de l'empreinte azote



A partir de notre mode de consommation et de nos infrastructures, les besoins agricoles azotés, les pollutions totales et le recyclage correspondant sont calculés et illustrés par les graphiques, représentant l'empreinte azote.

Les participants ont ainsi pu tester plusieurs combinaisons possibles.

3. QUELS SONT LES LEVIERS D'ACTIONS ?

Les principales entrées sur lesquelles le citoyen urbain peut directement agir sont :

- ▶ **Recycler des biodéchets**
- ▶ **Réduire le gaspillage alimentaire**
- ▶ **Diminuer la consommation de produits animaliers**
- ▶ **Choisir plus de produits issus de l'agriculture biologique**

Comme nous le montre l'outil de Fabien, ces choix sont simples et accessibles avec une incidence positive importante sur notre empreinte azote.

Cependant, les nouvelles formes d'assainissement et de recyclage des déchets représentent également des leviers d'actions importants dans la réduction de l'empreinte azote à long terme.

Recycler les biodéchets

Les biodéchets peuvent être recyclés de deux manières : la méthanisation ou le compostage.

Cette première entrée d'actions impose de repenser nos systèmes de transports. Par exemple, si tous les parisiens souhaitent trier leur biodéchets, les jardins partagés existants à l'heure actuelle seront dépassés en termes de réutilisation de ces biodéchets. D'autres solutions devront être trouvées. Si l'export de ces biodéchets est choisi pour diminuer le bilan azote, le transport par camion augmentera celui du carbone.

Aussi, l'idéal serait de limiter le plus possible la création de biodéchets, par différents moyens présentés ci-dessous.

Réduire le gaspillage alimentaire

Le pacte *anti gaspi*, plan national de lutte contre le gaspillage alimentaire élaboré en 2013 fixe l'objectif de diviser par deux le gaspillage des citoyens français d'ici 2025 et oblige de céder les invendus aux associations.

Diminuer la consommation de produits animaliers

Aujourd'hui, la grande majorité des citoyens consomme 5 kgN/pers/an, bien au-dessus de leur besoin physiologique à 3,5. L'excès est presque dans son intégralité due à la consommation de produits animaliers (laitage et viande).

Choisir plus de produits issus de l'agriculture biologique

Les modes de production biologique, en associant polyculture et élevage, permettent de diminuer fortement les pertes azotées.

Les nouvelles formes d'assainissement et de recyclage

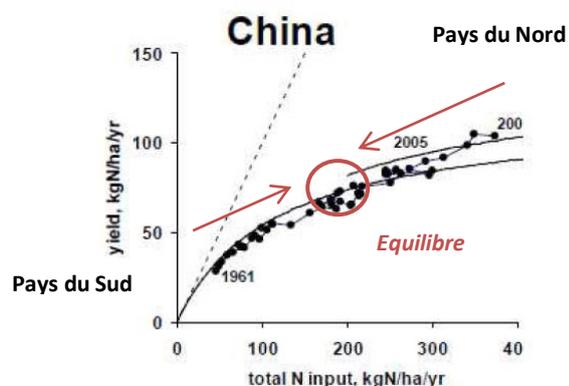
Aujourd'hui, l'assainissement est conçu de manière à répondre à deux vocations : ne pas diffuser des maladies hydriques et préserver la qualité des milieux aquatiques. Il devrait également intégrer une vocation de recyclage des ressources issues des excréments humains.

D'un point de vue sanitaire, l'urine est quasiment stérile (riche en ammonium qui est en outre un agent stérilisant) et pourrait donc être réutilisée en agriculture si le temps et la température de stockage recommandés par l'OMS sont respectés.

Le recyclage à la source de l'azote contenue dans les urines est une technique prometteuse, l'idéal serait de supprimer les toilettes classiques diluant l'azote concentré des urines humaines avec de l'eau.

4. QUELLE EFFICACITE NORD/SUD ?

Efficacité d'utilisation de l'azote



Les capacités de rendements des systèmes de production du Nord sont saturées. En effet, le taux d'intrants azotés est devenu bien supérieur aux taux de rendements obtenus. En revanche, ceux du Sud sont à développer. Un point d'équilibre, permettant d'atteindre des hauts rendements tout en limitant l'utilisation d'azote pourrait-être atteint si les pays du Nord réduisent les intrants et les pays du Sud les augmentent.

Ce scénario irait à l'encontre de l'idée où, à l'avenir, le Nord nourrirait le Sud pour répondre aux besoins mondiaux.

Pour plus d'informations, consultez la revue [La cascade de l'azote](#).

La mauvaise gestion de l'assainissement induit une triple pénalité :

- ▶ Perte des rendements agricoles
- ▶ Pollution de l'environnement (dont les ressources en eau)
- ▶ Risques sanitaires pour l'homme (dont maladies hydriques, pulmonaires et diffusion de substances toxiques)

Pour aller plus loin

1. Le site [Susana](#) de l'assainissement durable
2. Le site de [l'assainissement par territoire en France](#)
3. La présentation [PPT](#) de Fabien
4. L'article scientifique : Les limites planétaires (Rockström et al., 2009b; Steffen et al., 2015). Le concept des limites planétaires est « un ensemble de neuf limites biophysiques qui devraient être respectées pour maintenir des conditions favorables à la poursuite du développement humain ». La limite mondiale la plus connue est le changement climatique mais elle n'apparaît pas qu'en troisième position dans les limites prioritaires identifiées par ces scientifiques.
5. La revue [La cascade de l'azote](#), dirigée par Gilles Billen et éditée par l'Agence de l'eau Seine Normandie.

	Prénom	Nom	Adresse mail
1	Anne-Charlotte	Beaugrand	acbeaugrand@hotmail.fr
2	Amandine	Bourdon	amandine.bourdon11@gmail.com
3	Claudine	Clerc	claudine_clerc@hotmail.fr
4	Hélène	Dentel	helene.dentel@reseaprojection.org
5	Achim	Ernest	achim.ernest@astee.org
6	Fabien	Esculier	fabien.esculier@gmail.com
7	Chloé	Jolly	jolly.chloe@reseaprojection.org
8	Dalle	Marie-Alix	marie.alix.dalle@gmail.com
9	Valérie	Marie-Yagappa	valerie.marie-yagappa@reseaprojection.org
10	Hamidou	Ngaede	ngaedehamidou@gmail.com
11	Audrey	Pelerin	audrey@reseaprojection.org
12	Fabien	Rabouille	fabien.rabouille@gmail.com
13	Sylvain	Rivière	riviere_sylvain@hotmail.com

La discussion continue !

N'hésitez pas à nous faire parvenir vos remarques, vos idées, ou vos propositions :

Directement sur notre site Internet : www.reseaprojection.org

Ou par mail : info@reseaprojection.org