

**AFPP – 4^e CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN
DES JARDINS, ESPACES VÉGÉTALISÉS ET INFRASTRUCTURES
TOULOUSE – 19 et 20 OCTOBRE 2016**

**LES PROJETS DE RECHERCHE PARTICIPATIFS DANS LES JARDINS COLLECTIFS URBAINS :
DES OPPORTUNITÉS POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE !**

*C. DUMAT^(1,2) & L. SOCHAKI^(1,3)

- (1) CERTOP, UMR 5044, CNRS, UT2J, UPS, Axe Transition Ecologique, 115 rte de Narbonne, 31077 Toulouse cedex 4. camille.dumat@ensat.fr corresponding author.
- (2) INP-ENSAT, Avenue de l'Agrobiopole - BP 32607 - Auzeville-Tolosane 31326 Castanet-Tolosan Cedex.
- (3) IUT Paul Sabatier - 115 Route de Narbonne - 31077 TOULOUSE CEDEX.

RÉSUMÉ

Dans le cadre du projet de recherche socio-scientifique JASSUR (ANR Ville Durable 2013-2016), plusieurs sites de jardins collectifs ont été investigués en Midi-Pyrénées. La détermination des quantités de légumes produits, l'analyse des pratiques culturelles et des mesures environnementales ont été effectuées afin de vérifier la qualité des végétaux produits en relation avec la qualité des sols, de l'air et de l'eau utilisée en irrigation.

Cette communication présente pour un site impacté par une pollution en arsenic, comment les échanges entre les différents acteurs (jardiniers, élus, chercheurs, etc.) ont permis de faire évoluer les pratiques des uns et des autres: (i) des analyses systématiques de la qualité des sols sont désormais réalisées avant installation de nouveaux jardins; (ii) les jardiniers ont évolué dans leur perception des risques de pollution en intégrant la notion de mobilité/biodisponibilité des polluants; (iii) les chercheurs ont progressé dans l'articulation entre savoirs et savoir-faire dans les jardins urbains.

Mots-clés: Jardinage, transition écologique, qualité des sols et des productions, biodisponibilité, pluridisciplinarité.

ABSTRACT

As part of the socio-scientific JASSUR research project (ANR Sustainable City), several community gardens sites were investigated in Midi-Pyrenees. The determination of the quantities of produced vegetables, the analysis of cultural practices and environmental measures were carried out to check the quality of produced plants in relation to the quality of soils, air and waters used in irrigation.

In the context of As pollution for one gardening site, the exchanges between the different actors (gardeners, politicians, researchers) allow to change the practices of each other: (i) systematic analyzes of soil quality are now done before installation of new gardens; (ii) the gardeners have evolved in their perception of the risks of pollution by incorporating the concept of mobility / bioavailability of pollutants; (iii) the researchers also made progress in the relationship between knowledge and know-how in urban gardens.

Keywords: Gardening, ecological transition, soil and vegetables quality, bioavailability, pluridisciplinarity.

INTRODUCTION

La transition écologique ouvre une troisième phase du développement économique révélatrice du changement de statut de la thématique écologique dans les sociétés contemporaines. Elle devient un facteur (re)structurant des activités socio-économiques. Les travaux en cours de l'axe Ternov du CERTOP explorent plusieurs thèmes de recherche liés à ce processus : transition écologique de l'innovation, transition énergétique, transition touristique, transition écologique « juste ». La transition écologique se construit dans les dynamiques de territoires dans lesquelles la société civile joue un rôle majeur, ce que l'on observe tout particulièrement sur le terrain des agricultures urbaines (AU). Ces nouvelles formes d'agriculture porteuses de nouvelles pratiques et de nouveaux modèles représentent potentiellement un lieu majeur de recomposition de la critique contemporaine. Avec le boom de l'AU qu'il faut associer aux préoccupations sociales pour le développement durable et la nature, aux crises de confiance alimentaire, et qui remettent en question « *les formes de production alimentaire ainsi que leur localisation* » (<https://lejournal.cnrs.fr/auteurs/aurelie-sobocinski>), la ville devient progressivement un territoire « jardiné » incrustée de petits terrains potagers ou de plus vastes ensembles maraichers (Chenot et al., 2014). La ruralification de la ville revêt un caractère paysager : elle modifie les propriétés du décor citadin en créant de nouvelles trouées de verdure qui s'ajoutent aux squares et jardins paysagers plus anciens qui organisent déjà la trame verte des agglomérations. La ruralification de la ville témoigne surtout d'une inversion des dynamiques de prédation territoriale jusque-là en sens unique de la ville vers la campagne : « plus qu'un mécanisme de conquête foncière, c'est une nouvelle alliance entre la ville et la campagne qui se met en place. » (Jaillet, 2014).

De plus, le développement récent des AU illustre une nouvelle dynamique de territoire : la transition écologique (Dumat et al., 2016). En effet, avec le projet agri-urbain qui s'intéresse à la place de l'agriculture dans l'intention de développement des villes, les AU prennent place dans l'organisation de la planification citadine des métropoles. Plus globalement, dans son ouvrage : « La démocratie aux champs. Du jardin d'Eden aux jardins partagés, comment l'agriculture cultive les valeurs démocratiques », Zask (2016) conclut que les relations entre les cultivateurs et la terre cultivée (agriculture partagée, locale, écologique, traditionnelle, raisonnée, diversifiée, familiale...) favorisent la formation de la citoyenneté. Selon la Food and Agriculture Organization (FAO, 2015), l'AU concerne en effet un citadin sur quatre. Or, à l'échelle mondiale, les humains résident majoritairement dans les villes et l'urbanisation intense amorcée en 1950 se poursuit, comme illustré par la figure-1 « urban and rural world population (1950-2050) ». En 2050, la planète comptera 6,4 milliards d'urbains, soit plus de 75% de la population mondiale (United nations, 2014). Or, selon le World economic forum (WEF, 2015), 40 % de la croissance urbaine se fait actuellement dans les bidonvilles. La prise de conscience progressive par les urbains de l'importance cruciale des lieux d'humanités en ville, d'une alimentation durable, de la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité, participe au développement de l'AU comme vecteur d'écologie démocratique.



Figure-1:

La population urbaine mondiale augmente, et ceci pour 40% dans les bidonvilles.
The world's urban population increases, and this to 40% in the slums.

Pour des raisons telles que la crise économique ou l'incertitude sur la qualité et l'origine des plantes du commerce, un développement croissant des activités de jardinage est observé à travers la planète (Ghose et Pettygrove, 2014). La production de plantes de qualité est l'objectif principal des jardiniers (Pourias & Duchemin, 2013). Selon Menozzi (2014), les jardins collectifs sont un véritable outil à penser et à développer la ville. Hale et al. (2011) considèrent que les jardins sont une ressource urbaine potentielle d'apprentissage actif et passif sur les processus écologiques. Comme l'a démontré Ghosh (2014), le développement des activités de jardinage pourrait contribuer à préserver l'environnement. Mais, l'atmosphère ou le sol pollués sont souvent observés dans les zones urbaines principalement en raison de la proximité des routes, activités agricoles et industrielles qui a eu lieu au cours des siècles (Xiong et al. 2016, Wu et al. 2016). De nombreux produits chimiques peuvent en effet circuler ou s'accumuler dans l'atmosphère, les eaux, les sols de jardins (Schwartz, 2013), et enfin les légumes (Mombo et al., 2015). Cependant, actuellement, il n'y a pas de valeurs seuils réglementaires françaises pour les concentrations totales de polluants dans les sols de jardin ; seules les plantes commercialisées sont réglementées en Europe et ceci uniquement pour certains polluants inorganiques ciblés tels que le plomb, le cadmium et le mercure (CE, n ° 466/2001). Dans le cas de l'arsenic (As), un métalloïde persistant, fortement (éco)toxique et très souvent observé dans l'environnement (OMS, 2010) une évaluation quantitative spécifique des risques pour la santé (EQRS) doit alors être effectuée. L'objectif de l'EQRS est d'évaluer la quantité de polluants potentiellement ingérée par les jardiniers dans le cas de la consommation des plantes contaminées et de la comparer avec la valeur sanitaire de référence (Dumat & Austruy, 2014). Il est donc nécessaire de renseigner les quantités de légumes produits dans les jardins et leur utilisation (consommation, dons ...) grâce à une enquête auprès des jardiniers et une mesure de la concentration des polluants dans les légumes (Xiong et al., 2014). La réalisation de l'évaluation collective du risque et sa gestion peuvent parfois conduire à une nouvelle norme ou règlement comme exposé par Boutaric (2013): il estime que l'évaluation des risques sanitaires est l'un des instruments scientifiques dont la caractéristique d'aide à la décision confère des propriétés aux frontières de la science et de la politique. Mais, en raison de la complexité des mécanismes biophysicochimiques impliqués dans le transfert de substances dans les écosystèmes terrestres, les scientifiques répondent rarement de façon simple aux questions concernant les pollutions (Goix et al, 2015). La réponse d'un scientifique sera généralement: "ça dépend" des caractéristiques du sol, de la variété des cultures, etc. (Dumat et al, 2013).

Promouvoir dans le monde la collaboration opérationnelle entre les jardiniers, les chercheurs et les élus est donc un enjeu crucial pour la santé humaine et l'environnement car des millions de citoyens cultivent et consomment des légumes (Dumat et al., 2015). Il est certainement l'objectif principal du projet national français de la recherche scientifique "JASSUR" (Associatif Urban Gardens en France et des villes durables: pratiques, fonctions et risques, <http://www6.inra.fr/jassur>) dans lequel notre étude s'inscrit. Un projet de recherche interdisciplinaire et participatif basé à la fois sur la fertilité des sols et l'évaluation des risques liés à la présence de l'arsenic a été réalisé dans un jardin collectif français touché par la pollution de l'arsenic dans les puits utilisés pour l'irrigation des légumes. Notre question de recherche concernait la construction d'une dynamique collective face au risque de pollution et ses conséquences sur l'organisation des activités de jardinage. Après un chapitre présentant la chronologie de « l'histoire de l'arsenic dans les jardins » et les interactions entre les différents acteurs impliqués, la construction collective du risque sanitaire est décrite et il est finalement expliqué comment le problème de l'arsenic induit plusieurs changements à la fois dans la prise en compte du lien complexe environnement-santé et dans les interactions entre acteurs impliqués dans les jardins collectifs.

MATERIEL ET MÉTHODE

SITE DES JARDINS ASSOCIATIFS A CASTANET-TOLOSAN PRES DU "CANAL DU MIDI" EN MIDI-PYRENEES.

En 2005, une parcelle précédemment agricole a été transformée en 40 parcelles individuelles qui sont louées par 50 jardiniers amateurs impliqués dans l'association. Progressivement, en fonction de ses pratiques agricoles chaque jardinier a changé de manière significative les caractéristiques du sol de sa parcelle. Le tableau 1 montre les variations de cuivre échangeable (Cu), phosphore (P), potassium (K), les concentrations de matière organique, le pH et la CEC. Ces paramètres agronomiques ont été mesurés avec des méthodes normalisées sur sol sec et tamisé à 2 mm.

Parcelle	pH-H ₂ O	pH-KCl	MO (%)	C/N	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Carbonates (%)	CEC (me.kg ⁻¹)
2	8	7.5	2.6	10	32	36	32	0.25	207
5	7.6	7.2	2	9	30	35	25	0.3	208
11	8.1	7.6	2.45	8.9	35.8	36.2	25.5	0.2	265
12b	8	7.6	3	11	35	37	28	0.3	211
13	8.2	7.4	2.85	9.7	31	38.7	27.8	1	209
15	7.6	6.8	2	10.6	35.3	37.1	25.7	0.1	237
21	7.8	7	2.8		24.4			0.7	146
26	8.2	7.4	4.05	12.4	33.5	37.2	25.4	0.8	242
35b	8.1	7.5	2.6	10.5	31	37	32	0.3	206

Parcelle	P ₂ O ₅ échangeable JH (mg.kg ⁻¹)	K ₂ O échangeable (mg.kg ⁻¹)	Cu échangeable (mg.kg ⁻¹) (Ti= 0,75)
2	185 (50-125)	575 (180-260)	1.8
5	260 (170-240)	203 (180-260)	2.1
11	71 (50-125)	239 (200-285)	3.6
12b	53 (50-130)	260 (200-280)	2.8
13	80 (50-125)	225 (175-250)	2.3
15	79 (50-125)	346 (200-280)	6.6
21	383 (170-240)	294 (200-280)	2.2
26	107 (50-125)	280 (185-270)	5.5

Table-1 :

Paramètres agronomiques. Les valeurs entre parenthèses en bleu correspondent aux valeurs de référence (Tr-Ti) obtenues par des expériences au champ. *Agronomic parameters. The values in parentheses correspond to blue reference values (Tr-Ti) obtained by field experiments.*

Promouvoir des pratiques de jardinage durables est un des objectifs de notre projet de recherche, en particulier sur la base d'une meilleure connaissance, par les jardiniers, des transferts de nutriments et polluants dans les systèmes sol-plante-eau en relation avec leurs pratiques, et les paramètres du sol (Elouear et al., 2014). L'enquête auprès des jardiniers souligne que le compost, la bouillie bordelaise, les pulvérisations (ortie et consoude) et l'anti-limace biologique sont fréquemment utilisés. Un niveau de Cu dans le sol au dessus du fond géochimique naturel a été observé. Cet élément est peu toxique pour l'homme (sauf à forte dose), mais elle peut réduire l'activité biologique dans les sols. Les valeurs mesurées de P et K échangeables (procédure normalisée) ont été comparées aux valeurs de référence pour la fertilisation (expériences de terrain). Si la valeur pour un sol étudié est supérieure à la valeur de référence maximale de l'élément échangeable (Ti), alors il n'est pas nécessaire d'ajouter l'élément nutritif (c'est la stratégie d'impasse). Si la valeur mesurée est inférieure à la valeur minimale de référence acceptable de l'élément échangeable (Tr), alors il est nécessaire d'ajouter une plus grande quantité de l'élément nutritif que celle strictement nécessaire pour compenser les exportations (c'est la stratégie de renforcement). En utilisant les valeurs actuelles de référence en agriculture, il peut être conclu à une sur-fertilisation à surveiller pour les sols de jardin investigués. Cependant, les sols de jardin sont différents des sols agricoles: ils présentent en particulier de plus fortes teneurs en matières organiques et ont souvent une plus grande quantité de particules grossières, il pourrait donc être pertinent de déterminer des valeurs de référence spécifiques pour la fertilisation raisonnée des jardins.

LE CONTEXTE DE POLLUTION

La pollution en arsenic de l'eau des puits utilisés pour l'arrosage des productions végétales des jardins associatifs a été découverte fortuitement en 2010 (La Dépêche du Midi, 2011). La figure 2 présente: (a) la localisation du site (1200m²), (b) avec les 40 parcelles et les puits pollués. Suite à la détection de la pollution, l'Agence régionale de santé (ARS) a été contactée. De nouvelles analyses de l'eau ont été réalisées et les puits ont ensuite été condamnés par un arrêté préfectoral, afin d'éviter le risque de toxicité aigüe par ingestion d'eau contaminée ou son utilisation pour le lavage des légumes. Le projet de recherche participative sur les quantités et la qualité des plantes cultivées a été organisé afin d'évaluer le risque d'exposition à l'arsenic engendré par la consommation des légumes. Ainsi, des mesures d'arsenic régulières sur différents échantillons ont été organisées avec les jardiniers afin de répondre à leurs préoccupations légitimes sur le risque sanitaire potentiel dans ce contexte d'incertitudes scientifiques et réglementaires induits par la pollution. L'eau des puits, le sol et les produits végétaux ont été analysés sur ce site entre 2010 et 2014 avec des échanges réguliers avec les jardiniers sur les résultats. En outre, des discussions ont eu lieu entre les jardiniers, le maire et les chercheurs pour gérer collectivement la pollution.



Figure-2.

(a) La localisation des jardins collectifs à Castanet-Tolosan (31). (b) Description du site avec les 40 parcelles et des puits (taches rouges). (a) *Localization of collective gardens in Castanet-Tolosan (31).* (b) *Description of the site with the 40 parcels and wells (red spots).*

ANALYSE DES QUANTITES DE LEGUMES PRODUITES DANS LES JARDINS, EQRS ET CONSTRUCTION COLLECTIVE DU RISQUE

Les quantités de légumes produits dans les jardins et leurs pratiques alimentaires ont été obtenues des jardiniers et notées dans les livrets de récoltes (Pourias et al., 2015) : figure-3 ci-dessous. Les concentrations en As totales et bioaccessibles ont été mesurées dans les légumes et les sols échantillonnés dans les jardins et comparées aux données de la base nationale BAPPET (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/BAPPET-BASE-de-donnees-sur-les.html>). Toutes ces données obtenues ont permis de calculer la quantité d'arsenic qui peut être ingérée lors de la consommation des légumes et d'effectuer l'évaluation quantitative du risque sanitaire. La figure 4 présente les étapes de l'étude. Les enquêtes auprès des jardiniers et des réunions publiques ont permis d'étudier les représentations des risques des jardiniers et de construire collectivement des solutions pour une gestion durable du site. Le cadre théorique de Gilbert (2003) : "la fabrication des risques", a été appliqué dans cette étude pour classer les jardiniers en fonction de leur position par rapport au risque. Quel que soit l'analyse scientifique, le risque est une construction sociale.



Figures 3 and 4 :

Carnets de récoltes (Pourias et al., 2015) et différentes étapes de l'étude.
Notebooks crops (Pourias et al., 2015) and the various stages of the study.

RESULTATS

EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

Selon la figure 5 : (A) les jardins collectifs de Castanet-Tolosan sont productifs, 80 à 100% de la surface disponible cultivée en légumes, même si les jardiniers accordent une attention à l'esthétique (fleurs et décorations). (B) la bouillie bordelaise est fréquemment utilisée ; cependant, comme le cuivre est persistant dans l'environnement, il serait raisonnable de réduire les apports. (C) Pour obtenir de bons rendements, les jardiniers réalisent des apports de nutriments (composts et engrais) et irriguent. La qualité de l'eau est donc un sujet crucial, et (D) depuis la découverte de l'arsenic, des réunions régulières entre les acteurs ont été organisées (2011-2015). Le potentiel risque sanitaire de l'arsenic est une force motrice pour les jardiniers qui s'intéressent d'avantage aux caractéristiques du sol ou des végétaux qui influencent le transfert de l'arsenic vers les cultures. Le projet est donc aussi l'occasion pour les chercheurs d'échanger avec les jardiniers sur les avantages à développer des pratiques de jardinage durables, par exemple connaître les caractéristiques du sol, être vigilant sur la qualité et les quantités d'apports au sol (compost, engrais phosphatés, etc.). Les analyses d'eau des puits regroupées dans le tableau-2 ont permis de conclure à une pollution inacceptable et à l'obligation de stopper l'utilisation des puits pour l'irrigation.



Figure-5:

(a) Jardins productifs de Castanet-Tolosan, **(b)** Tâches bleues sur les feuilles (CuSO_4),
(c) la qualité de l'eau d'irrigation est cruciale, **(d)** des réunions multi acteurs fréquentes (2011-2015).
(a) productive Gardens Castanet-Tolosan, (b) blue stains on the sheets (CuSO_4)
(c) the quality of irrigation water is crucial, (d) meetings multi frequent players (2011-2015).

N° du puit et date de prélèvement de l'eau.	P ₁ 02-2011	P ₁ 05-2014	P ₂ 02-2011	P ₂ 05-2014	P ₃ 11-2010	P ₃ 01-2011	P ₃ 02-2012	P ₄ 05-2014
As (µg.L ⁻¹)	5	28	9.9	28	120	372	220	90

Table-2 :

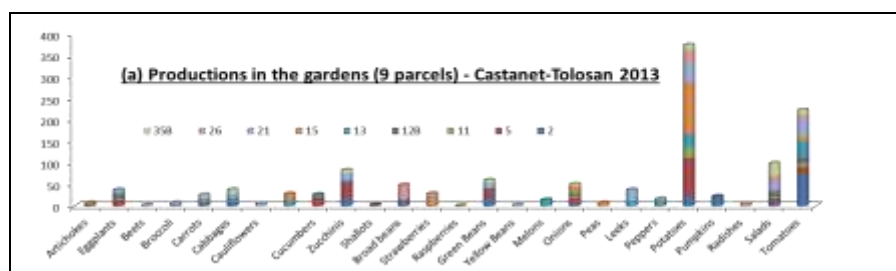
Valeurs de concentrations en As mesurées dans l'eau des puits depuis 2010. A noter que la valeur réglementaire en France pour une eau potable est : 10 µgAs.L⁻¹. [As] measured in the water wells since 2010. Note that the regulatory status in France for drinking water is 10 µgAs.L⁻¹.

Afin d'évaluer la potentielle exposition humaine à l'As suite à l'ingestion de légumes cultivés, l'apport quotidien (DI, µg.d⁻¹) est estimé à partir des concentrations dans les légumes (µgAs.kg⁻¹) et des taux de consommation de légumes par jour (kg.d⁻¹). La consommation journalière de légumes est obtenue à partir des études de terrain telles que celles menées par Sharma et al. (2009) : consommation quotidienne moyenne de légumes frais par personne (poids corporel d'un adulte moyen: 60 kg) = 77 g de poids frais (FW) ou 13 g DW. Les interviews des jardiniers de Castanet indiquent une consommation de légumes FW entre 30g et 300g.d⁻¹. La figure 6 ci-dessous regroupe les quantités de légumes produits dans les jardins en 2013 (a) et 2014 (b). En accord avec Clinard et al. (2015), si une biodiversité élevée a été observée dans les jardins collectifs, environ dix espèces sont toutefois très largement cultivées dans les parcelles : pommes de terre, tomates, haricots verts, salades, courgettes, poireaux, potirons, choux, concombres, fèves, aubergines et carottes. En 2010, 2013 et 2014, l'arsenic a été analysé dans les légumes et les sols correspondants. En 2010, plusieurs espèces ont été analysées et les résultats ont tous été en dessous de 0,05 mgAs.kg⁻¹ poids sec (DW), c'est-à-dire comparables aux valeurs observées pour des légumes cultivés sur des sols non pollués (base BAPPET, Ademe 2014). Des mesures ont été régulièrement effectuées en 2013 et 2014, à la fois sur la laitue et la carotte (plante racine). Le tableau-3 donne les concentrations totales et bioaccessibles d'As mesurées et le tableau-4 présente les résultats (minimum/maximum) de la base BAPPET. La concentration mesurée dans le sol des parcelles était au maximum de 14 mg.kg⁻¹, avec 2% d'échangeable au CaCl₂. Selon Austruy et Dumat (2014), les sols non pollués français ont des valeurs de 1 à 25 mg.kg⁻¹ DW. L'équation suivante est utilisée pour calculer la consommation humaine quotidienne de polluant (Swartjes 2011) :

$$\text{Dose journalière ingérée (}\mu\text{gAs.d}^{-1}\text{)} = [\text{As}]_{\text{veg}} \times \text{Quantité consommée.}$$

Les valeurs de doses journalières ingérées déterminées sont ensuite comparées à la dose journalière tolérable: TDI (µg.kg⁻¹.d⁻¹.kgBW⁻¹), exprimée en quantité d'As ingérée quotidiennement (g) en fonction du poids corporel kg (BW) . En ce qui concerne les risques sanitaires associés à l'As, TDI-As est égal à 0,003 mgAs.kgBW⁻¹.d⁻¹ (Okorie et al., 2012), ce qui correspond à 180 µgAs.day⁻¹ pour un être humain 60 kg. La concentration maximale en As des légumes était de 0,065 mgAs.kg⁻¹ DW. Selon les données de terrain, entre 0.325 µgAs et 3,25 µgAs.day⁻¹ pour les jardiniers. Ces valeurs peuvent être comparées à la valeur TDI de 180 µgAs.d⁻¹.kgBW⁻¹ (55 fois supérieure à 3,25). La quantité quotidienne maximale de légumes cultivés dans les jardins qui peut être consommée sans dépasser la DJA a été calculée (laitue et poids corporel de 60 kg) : 2,8 kg DW ou 16,8 kgFW.d⁻¹. En outre, les mesures de bioaccessibilité indiquent que seule une partie de l'As ingérée est biodisponible.

Le risque de toxicité à l'As dans les jardins étudiés peut donc être raisonnablement écarté.



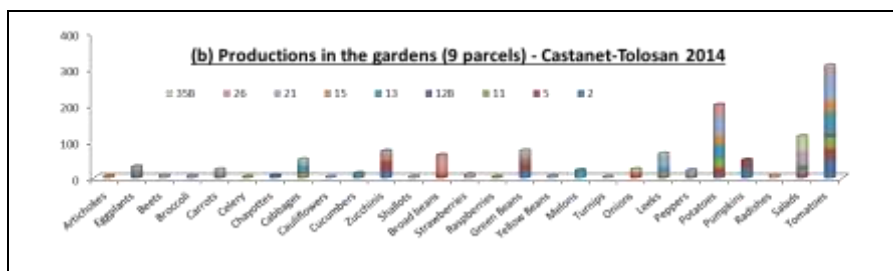


Figure-6:
Quantités de légumes produits (kg FW) en 2013 (a) et 2014 (b).
Vegetable products quantities (kg FW) 2013 (a) and 2014 (b).

Parcelle	Surface (m ²)	[As] _{laitue} (mg.kg ⁻¹)	Bioaccessibilité (%)	[As] _{carottes} (mg.kg ⁻¹)	Bioaccessibilité (%)
2	105	0.04±0.003 / 0.035	66	0.01±0.001 / 0.015	71
5	142	0.03±0.0015 / 0.024	45	0.01±0.001 / 0.01	53
11	142	0.03±0.001 / 0.03	44	0.01±0.001 / 0.009	53
12b	71	0.03±0.005 / 0.025	50	0.01±0.001 / 0.01	57
13	163	0.065±0.01 / 0.07	30	0.02±0.0015 / 0.015	39
15	150	0.03±0.001 / 0.035	42	0.01±0.001 / 0.01	51
21	124	0.065±0.01 / 0.065	71	0.02±0.0015 / 0.02	75
26	124	0.055±0.005 / 0.05	21	0.015±0.001 / 0.01	29
35b	50	0.035±0.001 / 0.03	55	0.01±0.001 / 0.015	65

Tableau-3 :

Concentrations en As dans les végétaux, 2013 et 2014. *As concentrations in plants, 2013 and 2014.*

Plante	mgAs.kg ⁻¹ DW plante	mgAs.kg ⁻¹ DW sol
Laitue	1.6 - 11	17 - 115
Carotte	0.11-1.2	17 - 115
Oignon	0.001-0.025	100 -140
Haricot	0.1 - 0.75	17 - 115
Pois	0.04	322
Radis	0.6-3.9	23 - 196

Tableau 4 :

Valeurs de concentrations en As dans les végétaux (min - max) selon la base BAPPET.
As values of concentrations in plants (min - max) according to BAPPET base.

DISCUSSION

L'arsenic n'est pas réglementé pour les légumes cultivés dans les jardins, et plus largement pour les légumes commercialisés en Europe. En favorisant les échanges entre les jardiniers, la pollution à l'arsenic a induit une structuration de leur communauté et des échanges avec les autres acteurs, et progressivement une construction collective de la gestion du risque. Le tableau 5 ci-dessous présente les typologies de jardiniers observées face au risque sur le site de Castanet-Tolosan.

Typologies de jardiniers	Caractéristiques
(I) Confiants (20%)	Peu concernés par la pollution. Ils font confiance au maire et aux scientifiques. Ils viennent dans les jardins pour cultiver des légumes. Ils appliquent sérieusement les consignes, mais ne posent pas de questions.
(II) Impliqués dans la recherche de solutions (70%)	Intéressés par des informations sur la pollution de l'arsenic, ils posent beaucoup de questions. Ils sont des acteurs dynamiques pour développer des pratiques pro-santé-environnement. Par exemple, fournir un compost de qualité ou en utilisant des plantes d'engrais verts. Ils sont également très actifs dans la recherche d'une solution durable pour l'arrosage des jardins. Étant donné que les puits ont été fermés et sur la base des résultats d'analyse de l'arsenic, ils ne sont pas inquiets, parce que leur opinion est fondée sur des arguments scientifiques. De plus, ces jardiniers sont également fortement impliqués dans la vie de l'association, très dynamiques et motivés pour participer à des projets de développement durable, tels que la création d'un étang pour favoriser la biodiversité dans les jardins (2013) ou la création d'un jardin accessible aux handicapés

	jardiniers (2015). Ils travaillent en harmonie avec le maire et sont donc en mesure de rechercher des solutions pour gérer durablement la pollution et de réduire l'exposition, tout en restant dans les jardins.
(III) Opposés (10%)	Ces jardiniers communiquent leur désaccord contre le maire qui a fourni ces jardins ou contre les scientifiques qui ne peuvent pas les convaincre que le risque sanitaire est contrôlé si l'exposition humaine est faible. En outre, ils ne comprennent pas pourquoi l'origine de l'As n'est pas déterminée avec certitude. Plutôt inquiets, ils ne proposent pas de solution et ne s'intéressent pas vraiment aux résultats scientifiques.

Table-5:

Les 3 différentes typologies observées de postures des jardiniers face au risque sanitaire.
The three different types of observed postures for gardeners to sanitary risk.

L'évaluation du risque sanitaire potentiel induit par la pollution nécessite de quantifier les productions dans les jardins et aussi de mesurer les concentrations dans les légumes consommés afin de préciser l'exposition humaine, puis de la comparer aux valeurs de référence (TDI). Cette procédure multi-étapes peut potentiellement induire des incertitudes. Pour améliorer la précision, il est nécessaire de connaître la part des plantes réellement consommées par les jardiniers: une partie des productions peut en effet être donnée ou le nombre de personnes dans la famille peut varier.

Dans les zones urbaines à forte densité de population, de nombreux cas de pollutions existent (sols, air, eaux), mais les citoyens n'ont généralement qu'une faible connaissance des mécanismes impliqués dans le devenir des polluants dans l'environnement (transferts, possibles dégradations et immobilisation, etc.), conduisant souvent à des conclusions erronées sur les risques environnementaux ou sanitaires. Par exemple, même de très petites quantités d'As dans l'eau peuvent induire une toxicité en cas d'ingestion, alors qu'une quantité d'arsenic dans le sol beaucoup plus élevée peut-être sans effet, en raison des phénomènes d'adsorption sur les composants du sol. Discuter de la concentration en polluants dans les légumes nécessite donc quelques précautions telles que : (i) connaître le contexte global (type de sol, climat, etc.), (ii) vérifier l'unité et si le résultat est exprimé en matière végétale fraîche ou sèche; (iii) expliciter les procédures d'échantillonnage et d'analyse utilisées.

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Nos résultats illustrent la complexité des interactions intervenant dans le devenir des polluants dans les écosystèmes à forte hétérogénéité tels que les jardins. Comment concilier recherche scientifique poussée concernant les mécanismes impliqués et le développement de solutions pratiques pour améliorer les services écosystémiques? Ceci est un défi important pour accroître les initiatives visant l'interface Sciences et société. C'est l'objectif soutenu par le réseau participatif de recherche et formation "Réseau-Agriville" (<http://reseau-agriville.com/>) (Jacquemoud, 2015) qui co-organise en juin 2017 à Toulouse un colloque international « Agriculture urbaine et transition écologique ». Les jardins collectifs et des particuliers aident à façonner une interface favorable entre les connaissances théoriques et les pratiques agronomiques dans le contexte de la transition écologique à l'échelle mondiale. Les jardiniers sont relativement indépendants et ont donc une réticence a priori pour se plier aux règles imposées. Toutefois, lorsque leur santé est en jeu, ils sont pour la plupart prêts à se mobiliser pour agir en coopération avec d'autres acteurs. Voilà pourquoi la mise en réseau des différents acteurs des jardins et ceci à diverses échelles (régionale, nationale et internationale) apparaît comme une approche efficace pour favoriser la transition écologique. On peut également souligner que la santé est un bon levier pour mobiliser les citoyens sur la qualité de l'environnement. En fait, les autorités en charge des jardins publics ont maintenant la responsabilité de la santé des jardiniers qui exploitent ces parcelles, mais aucune obligation réglementaire sur la qualité des sols ou de produits végétaux. Pour conclure, la gestion durable des pollutions dans les écosystèmes jardins urbains parce qu'elle oblige à une construction socio-scientifique collective du risque est un enjeu crucial du développement durable des villes dans le monde. En ce qui concerne la recherche de solutions alternatives pour l'arrosage des jardins, l'eau

du Canal du Midi sera finalement utilisée à partir de 2016 avec l'accord de l'administration. A noter également la mise en place de l'opération « pour une ville zéro pesticide : je participe » : désormais, plus aucun pesticide, herbicide, ni engrais chimique ne sont utilisés par les agents municipaux (Castanet-Lien, n°101, Juillet 2016).

REMERCIEMENTS

Ce travail a reçu le soutien de l'Agence nationale de la recherche : ANR-12-0011-VBDU. Le laboratoire CERTOP, l'INPT, l'ENFA et l'UPS sont remerciés pour leur soutien au «Réseau-Agriville" d'innovation enseignement interdisciplinaire et recherche participative sur les agricultures urbaines.

BIBLIOGRAPHIE

Boutaric F. 2013. La méthode de l'évaluation des risques sanitaires en France : représentations, évolutions et lectures plurielles. *Vertigo*, 13 (1), 1-23.

Chenot E., Dumat C., Douay F. C. Schwartz. 2013. EDP Sciences. ISBN : 978-2-7598-0723-9. 176 pages. Jardins potagers : terres inconnues ?

Clinard F., Delefortrie A., Bellec S., Jacquot G., Bonnelles A., Tillier C., Richert J. 2015. Enquête de pratiques agricoles et de consommation alimentaire dans les jardins ouvriers de l'agglomération de Belfort (Franche-Comté). *Environnement risques & santé*, 14(1) : 56-71.

Duchemin E. 2013. Agriculture urbaine : Aménager et nourrir la ville. *Vertigo*.

Dumat C., Pierart A., Sochaki L., Borries O., Messina M., Chevalarias F., Cazenave JM., Bertoni G. 2015. Socio-scientific strategies for research and formation projects to favor sustainable urban agricultures at the global scale. 8th International Conference of the Urban Soils Working Group - SUITMA 8, 20-25/09, Mexico. Session: Education strategies to promote awareness on urban soil ecological functioning.

Dumat C., Leveque T., Alletto L., Barbaste M., Sejalon N., Gaillard I. 2013. Environmental and sanitary risk assessment and management in associative gardens: vegetable quality in relation with practices and context. International Conference Environmental Geochemistry and Health, Toulouse.

Dumat C., Aubry C. & Pourias J. 2016. Urban Agricultures. Réseau-Agriville. 22 mars 2016.

Elouaer Z., Bouhamed F., Bouzid J. 2014. Evaluation of different amendments to stabilize cadmium, zinc, and copper in a contaminated soil: influence on metal leaching and phytoavailability. *Soil and Sediment Contamination*, 23(6). DOI: 10.1080/15320383.2014.857640.

FAO. 2015. <http://www.fao.org/news/story/fr/item/260735/icode/>

Gilbert C. 2003. « La fabrique des risques », *Cahiers internationaux de sociologie*, 2003/1 n° 114, p. 55-72. DOI : 10.3917/cis.114.0055

Ghose R. & Pettygrove M. 2014. Urban Community Gardens as Spaces of Citizenship. DOI: 10.1111/anti.12077. *Antipode*.

Ghosh S. 2014. Measuring sustainability performance of local food production in home gardens. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability* 19 (1) pp. 33–55.

Goix S., Mombo S., Schreck E., Pierart A., Lévêque T. 2015. Field isotopic study of lead fate and compartmentalization in earthworm–soil–metal particle systems for highly polluted soil near Pb recycling factory. *Chemosphere*.

Gojard S. & Weber F. 1995. Jardins, jardinage et autoconsommation alimentaire. *Inra Sc. Sociales*.

Jacquemoud F. 2015. Réseau-Agriville, la science au service de l'agriculture urbaine. *La France Agricole* 3612. 16 octobre 2015.

Jaillet MC. 2014. Journées d'études sur l'agriculture urbaine du 2 et 3 décembre 2014 à l'Ecole Nationale de Formation Agronomique.

Lundholm JT., Richardson PJ. 2010. Review: Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. *Journal of Applied Ecology* 47, 966-975.

Hale J., Knapp C., Bardwell L., Buchenau M., Marshall J., Sancar F., Litt JS. (2011). Connecting food environments and health through the relational nature of aesthetics: Gaining insight through the community gardening experience. *Social Science & Medicine* 72, 1853-1863.

Menozi MJ. (dir.). 2014. *Les jardins dans la ville entre nature et culture*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, coll. « Espace et Territoires », 2014, 362 p., ISBN : 978-2-7535-3263-2.

Mombo S., Foucault Y., Deola F., Gaillard I., Goix S., Shahid M. & Dumat C. 2015. Management of human health risk in the context of kitchen gardens polluted by lead and cadmium near a lead recycling company. *Journal of Soils and Sediments*. DOI: 10.1007/s11368-015-1069-7.

Pourias J. & Duchemin E. 2013. Impacts nutritionnels des initiatives en agriculture urbaine *Agriculture urbaine : aménager et nourrir la ville*. Éditeur scientifique : Éric Duchemin, Laboratoire sur l'agriculture urbaine ISBN : 9782923982953. p. 379.

Pourias J., Duchemin E. & Aubry C. 2015. Products from urban collective gardens: Food for thought or for consumption? Insights from Paris and Montreal. *Journal of Agriculture, Food Systems and Community Development*. <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2015.052.005>

Réseau-Agriville. Plateforme de recherche et pédagogique sur les agricultures urbaines : www.reseau-agriville.com.

Schwartz C. 2013. Les sols de jardins, supports d'une agriculture urbaine intensive. *VertigO*, Hors-série 15, Pollutions atmosphériques, transport et agriculture.

Sharma R. K., Agrawal M. & Marshall F. M. 2009. Heavy metals in vegetables from production and market sites of a tropical urban area of India. *Food and Chemical Toxicology*, 47(3), 583–91.

Swartjes F. A. 2011. *Dealing with contaminated sites: From theory towards practical application* (1st ed., p. 264). Berlin: Springer Verlag.

United nations. 2014. *World urbanization prospects*.

World economic forum (WEF). 2015. *Rapport annuel « Global Risks »*.

Wu J., Dumat C., Lu H., Li Y., Hanqing Li, Yanhui Xiao, Ping Zhuang, Zhian Li. 2016. Synergistic improvement of crop physiological status by combination of cadmium immobilization and micronutrient fertilization. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6661-6670.

Xiong T., Leveque T., Shahid M., Foucault Y., Dumat C. 2014. Lead and cadmium phytoavailability and human bioaccessibility for vegetables exposed to soil or atmosphere pollution by process ultrafine particles. *J. Environmental Quality*, 43, 1593-1600.

Xiong T., Dumat C., Pierart A., Shahid M., Kang Y., Li N., Bertoni G., Laplanche C. 2016. Measurement of metal bioaccessibility in vegetables to improve human exposure assessments: field study of soil–plant–atmosphere transfers in urban areas, South China. *Environmental geochemistry and health*, 1-19.

Zask J. 2016. *La démocratie aux champs. Du jardin d'Éden aux jardins partagés, comment l'agriculture cultive les valeurs démocratiques*. *Les Empêcheurs de penser en rond* – 250 pages.