Revue-IRS

Revue Internationale de la Recherche Scientifique
(Revue-IRS)
ISSN: 2958-8413
Vol. 4, No. 6, Novembre 2026

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.

Évaluation de la toxicité des phtalates contenus dans les sols des Zones CMDT et Office du Niger au Mali

Evaluate of toxicity of phthalates found in soils in the areas CMDT and Niger Office in Mali

Vital TRAORÉ[1], Souleymane KONÉ[2], Edmond Sika AHOUA[3], Souleymane Bathiè KONÉ[2#], Drissa KEÏTA[4], Arouna DEMBÉLÉ[5], Daniel TRAORÉ[6], Fallaye KANTÉ[2*], Mohamed S. MAÏGA[7].

Vital TRAORÉ[1] (Ph.D, Maître de Conférences)
[1]Laboratoire de Chimie Analytique, Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali. BP: E 3206 Bamako, Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Souleymane KONÉ[2] (Doctorat Unique, Maître de Conférences)
[2]Laboratoire de Microbiologie du Sol, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.
BP: E 3206 Bamako; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Edmond Sika AHOUA[3] (Ph.D, Maître de Conférences CAMES),
[3]UFR- Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, République de la Côte d'Ivoire.

Souleymane Bathiè KONÉ[2#] (Ph.D, Maître-Assistant)
[2#]Laboratoire de Microbiologie du Sol, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.
BP: E 3206 Bamako; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Drissa KEÏTA[4] (Infirmier d'État de Santé, Assistant)
[3]Association Santé Communautaire Kalaban Coura ACI (ASACO-KALA-ACI), Rue 578, Kalaban Coura ACI, Bamako, République du Mali ; Tél: (00223) 66 77 71 91 ;

Arouna DEMBÉLÉ[5] (Master en Sciences Biologiques, Commission Nationale pour l'UNESCO au Mali)
[4]Laboratoire de Microbiologie du Sol, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.
BP: E 3206 Bamako; Tél: (00223) 20 22 32 44 ;

Daniel TRAORÉ[6] (Ingénieur d'Hygiène Publique, Assistant, Ordre du Mérite de la Santé)
[5]Programme National de Lutte contre le Paludisme, Rue : Quartier du fleuve face AMAP, Bamako, République du Mali ; Tél: (00223) 20 22 22 32 56 ;

Fallaye KANTÉ[2*] (Doctorat Unique, Professeur Titulaire, Membre de la Commission de la Journée Scientifique du Département de Biologie, FST/USTT-B, Membre de la Commission du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, CNRST de Bamako, République du Mali),

[2*]Laboratoire de Microbiologie du Sol, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.
BP: E 3206 Bamako ; Tél: (00223) 20 22 32 44 / 75 05 02 04 ;

Mohamed S. MAÏGA[6] (Doctorat Unique, Professeur Titulaire, Ministère de l'Éducation Nationale),
[6]Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST) / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B), République du Mali.

Résumé
Introduction : Les phtalates constituent un problème de santé publique. Aux États-Unis, annuellement on estime à 100.000 morts prématurément suite à la contamination par ces polluants. **Objectifs :** L'étude a porté sur l'évaluation de la toxicité des phtalates contenus dans les sols des Zones CMDT et Office du Niger au Mali. Elle a spécifiquement consisté à (i) déterminer la concentration des phtalates contenus dans les sols des deux zones agroécologiques du Mali, enfin (ii) déterminer l'effet des phtalates sur les animaux et l'homme. **Méthodes :** La teneur en phtalates a été déterminée à l'aide du chromatographe en phase liquide couplé au spectromètre de masse. Des effets néfastes sur les animaux et l'homme ont été déterminés selon la méthode décrite par OMS (1998). **Résultats :** Nos résultats ont montré que les sols d'étude renferment six phtalates (Diméthylphtalate, Diisobutylphtalate, Diéthylphtalate, Disecbutylphtalate, Benzylbutylphtalate et Bis (2-éthylhexylphtalate)). La concentration maximale a varié entre 955,0 mg/kg pour le Diisobutylphtalate et 796,66 mg/kg dans le sol 1, tandis celle de Bis(2-éthylhexylphtalate) et de Diéthylphtalate a oscillé respectivement entre 471,0 et 387,50 mg/kg dans le sol 2. La teneur en phtalates dépasse largement la norme OMS/FAO excepté le Benzylbutylphtalate. Chez les animaux l'atteinte hépatique, la baisse de la fertilité, la diminution du poids fœtal, tandis que chez l'homme la perturbation hormonale et métabolique, les cancers de sein, des reins et de l'utérus et autres ont été observés suite à l'exposition aux phtalates. **Conclusion** : Les phtalates sont nocifs pour la santé, d'où la nécessité de préserver les populations locales contre ces substances chimiques.

Mots-clés : *Évaluation ; toxicité ; phtalates ; Zone CMDT ; Zone Office du Niger ; Mali.*

Abstract
Introduction : Phthalates are a public health problem. In the United States, an estimated 100,000 people die prematurely each year as a result of contamination by these pollutants. **Objectives :** The study assessed the toxicity of phthalates in soils in the areas of CMDT and Niger Office in Mali. It specifically consisted to (i) determine phthalates concentration contained in two agro-ecological areas of Mali's soils and (ii) determine phthalates effect on animals and humans. **Methods :** The phthalate content was determined using liquid chromatograph coupled to mass spectrometer. Adverse effects on animals and humans were determined using WHO (1998) described method. **Results :** Our results showed that the study soils contained six phthalates (Dimethylphthalate, Diisobutylphthalate, Diethylphthalate, Disecbutylphthalate, Benzylbutylphthalate and Bis (2-ethylhexylphthalate)). The maximum concentration varied between 955.0 mg/kg for Diisobutylphthalate and 796.66 mg/kg in soil 1, while Bis(2-ethylhexylphthalate) and Diethylphthalate varied between 471.0 and 387.50 mg/kg respectively in soil 2. The phthalate content was well confirmed the WHO/FAO standard, excepted Benzylbutylphthalate. In animals, liver damage, reduced fertility and lower foetal weight have been observed, while in humans, hormonal and metabolic disruption, breast, kidney and uterine cancers and other diseases have been observed following exposure to phthalates. **Conclusion:** Phthalates are harmful to health, hence the need to protect local populations from these chemicals.

Keywords : *Evaluation ; toxicity ; phtalates ; CMDT area; Niger Office area ; Mali.*

Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.5281/zenodo.**24381565**

1. Introduction

Les phtalates regroupent plus de 28 produits chimiques constitués d'un anneau benzénique et de deux groupements carboxylates générant une structure de type diester (Saint-Laurent & Rhainds, 2004). Les phtalates proviennent principalement des adhésifs, des revêtements de sol en vinyle, des huiles lubrifiantes, des condensateurs électriques, des détergents, des solvants, des produits pharmaceutiques. Les polymères rigides, semi-rigides ou souples sont fabriqués à base de chlorure de polyvinyle (PVC) contenant des phtalates. Aussi, l'utilisation de ces composés organiques comme biberons, emballages alimentaires, dispositifs médicaux et contenants pour stockage du sang et des solutions physiologiques. La production mondiale des phtalates a été estimée à 8 millions de tonnes par an (RECORD, 2015). Les phtalates sont largement répandus dans l'environnement. Ces phtalates sont lipophiles, moins solubles dans l'eau et persistants dans l'environnement. Par exemple, la demi-vie du DEHP dans différents types de sol allait de 2 jours dans un sol loameux à 69,3 jours dans le sable (Peterson & Staples, 2003), pour atteindre 77 jours dans le sol bio-assaini d'un site industriel brésilien (Ferreira & Morita, 2012). Aussi, dans les sols argileux et en condition anaérobie (sols hydromorphes) la rémanence de Bis(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP) atteint 2000 jours (Traoré et al., 2017), tandis que cette même substance (DEHP) dépasse 3000 jours dans les sédiments.

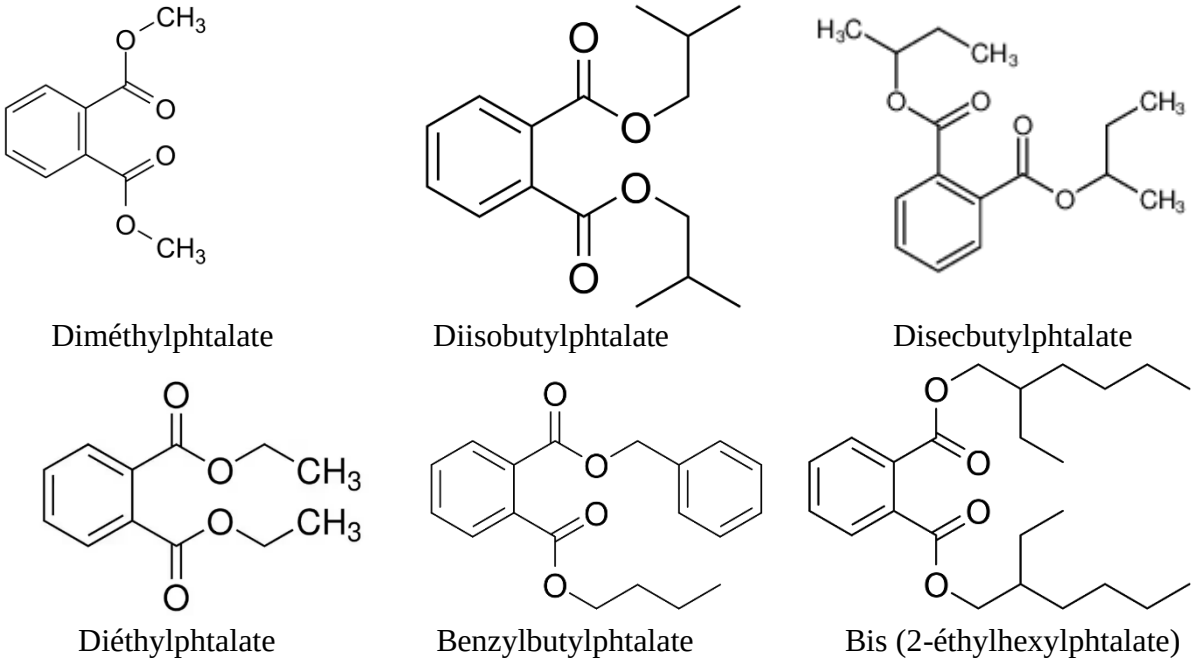


Figure 1. Structure chimique des phtalates rencontrés dans les sols d'étude

Source : Santé Canada (2020)

Ces polluants (phtalates) présentent des risques de contamination suite à des réactions chimiques ou des transformations attribuables à la forte température et autres facteurs environnementaux. Actuellement, ces contaminants chimiques (phtalates) sont toxiques ou dangereux pour les animaux et l'homme. Ces phtalates constituent un problème de santé publique, car ils sont cancérigènes, génotoxiques, perturbateurs endocriniens, reprotoxiques, neurotoxiques, immunodépresseurs et autres (Santé Canada, 2020). On dénote annuellement la mort prématurée de plus 100 000 américains (N'Tumba-Byn, 2013), d'où la nécessité d'évaluer la toxicité des phtalates pour les consommateurs biologiques finaux tels que les animaux et l'homme.

Cette étude visait à évaluer la toxicité des phtalates contenus dans les sols agricoles des Zones CMDT et Office du Niger au Mali.

Il s'agissait de :

- Déterminer la concentration des phtalates contenus dans les sols des deux zones agroécologiques du Mali ;
- Déterminer les effets néfastes des phtalates sur les animaux et l'homme.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Zones et sites d'étude

2.1.1. Zones d'étude

- Zones cotonnières du Mali ou Zone CMDT

Les zones cotonnières du Mali sont situées entre le 4°15'00'' et le 10°15'00'' de longitude Ouest et le 10°15'00'' et 14°15'00'' de latitude Nord avec une superficie d'environ 150 000 km² et une population estimée à 5,6 millions d'habitants (INSTAT, 2017). La Zone CMDT couvre l'ensemble des régions de Kayes, de Bougounui, de Sikasso, de Koulikoro et de Ségou. Elle couvre trois zones climatiques : une zone semi-aride (soudanienne-Nord) comprise entre les isohyètes 500 mm et 900 mm, une zone semi-humide (soudanienne-Sud) comprise entre 900 mm et 1100 mm et une zone humide (guinéenne-Nord) situé au-delà de 1100 mm (MA, 2016). En zone cotonnière on distingue trois types de sols (les sols peu évolués sur reliefs cuirassés ; les sols sur matériau d'altérations kaolinique de bas glacis et les sols des plaines et de bas-fonds) et deux types de paysages (une savane soudanienne boisée à *Khaya senegalensis, Vitellaria paradoxa, Parkia biglobosa* et diverses combrétacées ; une savane arbustive et arborée à *Borassus*) (MA, 2016).

Les estimations portant sur la production nationale du coton en Zone CMDT ont été chiffrées à 750 000 tonnes pour la campagne agricole de 2019-2020 (Kassogué, 2020).

- Zone Office du Niger ou zone rizicole du Mali

La Zone Office du Niger du Mali est une vaste zone inondable d'environ 40 000 km^2 qui s'étire selon un axe Sud-Ouest/Nord-Est (de Ké-Macina à Tombouctou) sur plus de 350 km entre les parallèles 17° et 13° Nord et les méridiens 2°30 et 6°30 Ouest. Il est parcouru par un réseau très dense et hiérarchisé de défluents alimentés par le fleuve Niger et par son confluent, le Bani, qui le rejoint à Mopti. L'Office du Niger est localisé dans la région de Ségou au centre du Mali. Il occupe l'essentiel du delta intérieur du Niger et constitue des zones d'agriculture pluviale. Il est divisé en secteurs de production. Le climat de la zone Office du Niger est de type soudano-sahélien caractérisé par des températures moyennes très élevées et par l'alternance de deux saisons : une saison humide pluvieuse et une saison sèche (Aubréville, 1949). Les précipitations annuelles varient de 200 à 600 mm (FAO, 2005). En zone Office comme le reste du pays, la pluviométrie est régie par le mouvement alternatif de deux types de vents (l'Harmattan et la Mousson). L'évapo-transpiration potentielle est estimée à 1 700 mm par an. Elle est nettement supérieure à la moyenne pluviométrique. Les sols de la zone Office du Niger sont des sols hydromorphes et vertisols caractérisés par l'excès d'eau lié à l'engorgement temporaire ou permanent d'une partie de leur profil. Parmi les espèces ligneuses dominantes on trouve : *Combretum micranthum, Commiphora africana, Guiera sengalensis, Grevia bicolor, Lannea acida, Pterocarpus lucens, Sclerocarya birrea* (MA, 2016).

En Zone Office du Niger les rendements dépassent souvent 6 tonnes de riz paddy à l'hectare dans les casiers et 6 tonnes à l'hectare en hors casier (Kassogué, 2020).

2.1.1.1. Sites d'étude

Les échantillons de sol ont été prélevés dans les champs de la Région de Bougouni et à Niono (Région de Ségou) et les travaux ont été conduits au Laboratoire de Microbiologie du Sol (LMS) de la Faculté des Sciences et Techniques / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTT-B) et au Laboratoire de Chimie Organique de la Faculté de Chimie de l'Université de l'État de Moscou (Fédération de Russie).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel physique

Des sols pollués par des phtalates ont été utilisés.

2.2.2. Matériel biologique

Les souris ou les rats (petits mammifères) et les tissus humains ont été utilisés, afin de déterminer les effets des phtalates contenus dans les deux sols d'étude**.**

2.2.3. Méthodes

2.2.3.1. Échantillonnage de sol

Deux échantillons de sol ont été prélevés en dix points distincts à l'aide d'une tarière de 5 cm de diamètre à une profondeur moyenne de 20 cm dans deux champs de la Zone CMDT et de la Zone Office du Niger de dimension 35 x 25 m. Cinq kg de sol ont été prélevés à chaque champ. Ces échantillons ont été mélangés pour constituer un échantillon composite de 2 kg. Cet échantillon composite a été mis dans un sac d'échantillonnage stérile, conservé à froid (4° C) et transporté au laboratoire.

2.2.3.2. Détermination de la concentration des phtalates contenus dans les sols agricoles des Zones CMDT et Office du Niger

La chromatographie en phase liquide (CPL) est une technique d'analyse quantitative, qualitative et séparative principalement utilisée dans la chimie analytique. La chromatographie en phase liquide (CPL) repose sur la séparation de composés entraînés par un liquide (phase mobile) à travers un solide divisé (phase stationnaire), qui est soit placé dans un tube (colonne chromatographique), soit fixé sur une surface inerte. La séparation s'opère suivant les interactions chimiques ou physiques des analytes avec la phase mobile, ainsi qu'avec la phase stationnaire.

Pour déterminer la concentration des phtalates, 10 g de sol ont été broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine, puis tamisés à l'aide d'un tamis de 1 mm de diamètre additionnés à des réactifs (hexane et acétone : 1 volume contre 1 volume) dans un erlenmeyer de 250 mL et complétés à volume. La solution de sol obtenue a été mise dans une cuvette d'ondes ultracourtes contenant 20 mL de dichlorométhane pendant 20 minutes pour obtenir l'extrait. L'extrait est concentré jusqu'à l'obtention d'un volume d'1 mL, ensuite on a placé les standards en échantillonnage interne, puis on a effectué l'analyse à l'aide de la chromatographie à phase liquide couplée au spectromètre de masse selon la méthode standard EPA 8040,8061, 8080, 8081 (U.S. Environmental Protection Agency, 1989).

2.2.3.3. Détermination de l'effet des phtalates sur les animaux et l'homme

Pour cela, 5, 10, 15 jusqu'à 75 mg de phtalates (classé toxique selon l'OMS), extrapolés 10 ou 100 fois si besoin, mélangés avec l'huile d'olive ont été administrés progressivement *in vivo* à l'aide d'une seringue de 0,8 mm de diamètre dans les souris et les rats pendant 20 semaines et au *triplicata.* Après ce délai, on a procédé à la palpation des différentes parties ou organes de ces animaux-test. La présence de tumeurs démontre que le composé à tester est cancérigène (**génotoxique**, c'est-à-dire ce composé organique est capable d'altérer le matériel génétique,

ou **non génotoxique** – sans altération de l'ADN ou de la structure et du nombre de chromosomes *via* les multiples mécanismes conduisant au cancer (Santé Canada, 2020 ; Saillenfait & Laudet-Hesbert, 2005 ; Alcasabas et al., 2001).

D'autres effets néfastes des différents phtalates sur les mammifères et l'homme ont été observés selon la méthode décrite par l'OMS (1998).

3. Résultats

Tableau 1. Concentration (mg/kg) des phtalates contenus dans les sols agricoles des Zones CMDT (Sol 1) et Office du Niger (Sol 2)

N°	Composés organiques	Limite de détection ($\mu g.kg^{-1}$)	Sol 1 ($\mu g.kg^{-1}$)	Sol 2 ($\mu g.kg^{-1}$)	Norme OMS/FAO ($\mu g.kg^{-1}$)
1	Diméthylphtalate	0,1	20,66	42,0	30
2	Diisobutylphtalate	0,1	955,0	149,9	20
3	Diéthylphtalate	0,1	796,66	471,0	30
4	Disecbutylphtalate	0,1	32,15	31,20	15
5	Benzylbutylphtalate	0,1	0,89	0,71	30
6	Bis (2-éthylhexylphtalate)	0,1	275,0	387,50	1,5

Source : élaboration des auteurs

Les résultats d'analyses chimiques ont prouvé que les sols d'étude sont pollués par sept phtalates. Malheureusement, excepté le Benzylbutylphtalate, la concentration des autres substances chimiques dépasse largement la norme OMS/FAO (2016). La faible teneur en phtalates (produits mères) serait due à la transformation de ceux-ci en substances organiques (intermédiaires ou finales moins toxiques).

Tableau 2. Effets néfastes des phtalates sur les animaux et l'homme

Composés organiques	Effets néfastes des phtalates sur les animaux et l'homme
Diméthylphtalate (DMP)	Le DMP est toxique pour les animaux et l'homme (OMS/FAO, 2016). Le DMP est classé, selon l'OMS (1998), cancérigène possible chez les souris, les rats ou l'homme. Il entraîne le retard de développement embryonnaire et des effets néfastes sur la grossesse et l'enfant suite à l'administration de la dose journalière de 250 mg/kg. Ce phtalate cause l'irritation des muqueuses respiratoires, des yeux et de la peau par inhalation des vapeurs de DMP (Santé Canada, 2020).

Diisobutylphtalate (DIBP)	Le DIBP est toxique pour les animaux et l'homme (OMS/FAO, 2016). Ce phtalate est classé, selon l'OMS (1998), cancérigène possible chez les souris, les rats ou l'homme. Le poids des petits et du taux de survie des animaux diminuent à partir de 33 mg/kg. Il provoque des atteintes rénales (hématurie, leucocyturie et albuminurie), de troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée) chez les animaux-tests à partir de 150 mg/kg pendant 1 mois. Le DIBP a entraîné la neuropathie centrale et périphérique et l'hypertension artérielle (Santé Canada, 2020). Il diminue la distance ano-génitale et cause l'adénome irréversible à la dose de 250 mg/kg/jour (INRS, 2016 ; RECORD, 2015).
Diéthylphtalate (DEP)	Le DEP est toxique pour les animaux et l'homme (OMS/FAO, 2016). Il est classé, selon l'OMS (1998), cancérigène possible chez les souris, les rats ou l'homme. Le DEP entraînait la recrudescence des taux d'anormalité des embryons y compris l'altération de l'activité de la pompe Na^+/K^+ ou de la pompe Ca^{2+}/Mg^{2+}, la production de peroxydase et de malondialdéhyde, la détérioration de la structure extra-embryonnaire des membranes, ainsi que la modification de l'expression de plusieurs gènes endocriniens (*gpx*, *cyp3a*, et *17β-hsd 12*) (INERIS, 2024). Il est reconnu que la perte sodique, potassique, calcique et magnésienne perturbe l'ossification, la dentition et plus de 300 métabolismes chez l'enfant (OMS, 1998).
Disecbutylphtalate (DsBP)	Le DsBP est toxique pour les animaux et l'homme (OMS/FAO, 2016). Ce phtalate est classé, selon l'OMS (1998), cancérigène possible chez les souris, les rats ou l'homme. Des effets néfastes sur la production hormonale et la reproduction chez les rates à partir de 300 mg/kg/jour ont été observés. La perte de grossesse et la modification de sa durée ont été dénotées à plus de 310 mg/kg/jour. La toxicité maternelle a été enregistrée chez la souris à la dose de 500 mg/kg. Enfin, le développement fœtal a été réduit à la dose journalière de 250 mg/kg.
Benzylbutylphtalate (BBP)	Il est toxique pour les animaux et l'homme (AGDH, 2015 ; OMS, 1998). Une diminution importante du poids corporel des fœtus et de celui des organes reproducteurs a été observée chez les rats femelles et mâles respectivement à partir de 40 et 100 mg/kg/jour. Il est classé,

	selon l'OMS (1998), cancérigène possible chez les souris, les rats ou l'homme. On dénote l'altération de la fertilité, d'effets néfastes pour l'enfant pendant la grossesse en présence du BBP (INERIS, 2017). Il affecte l'appareil reproducteur à partir de 250 mg/kg et cause le retard de la croissance chez les nouveau-nés et les enfants. Le BBP induit les tumeurs pancréatiques et augmente le poids du foie et des reins à partir de 152 mg/kg/jour pendant 13 semaines. Le nombre de cellules de la moelle osseuse diminue à partir de 1250 mg/kg après 2 semaines. Enfin, des effets rénaux et hépatiques à la dose de 381 mg/kg/jour.
Bis (2-éthylhexylphtalate) (DEHP)	Le DEHP est toxique pour les animaux et l'homme (OMS/FAO, 2016). Il est classé cancérigène possible (2B selon CIRC de l'OMS) pour l'homme. Le DEHP est reprotoxique multigénérationnelle à la dose de 14 mg/kg/jour. La toxicité maternelle, l'augmentation du poids du foie à partir de 359 mg/kg/jour. Des effets cardiovasculaires et comportementaux chez les rates ont été observés et sur la reproduction chez les souris prépubères et pubères respectivement à partir de 300 mg/kg et 369 mg/kg/jour. Le DEHP altère la fertilité (INERIS, 2023). Il induit la tumeur hépatique et testiculaire chez la souris à la dose de 40 mg/kg.

Source : élaboration des auteurs

Dans l'ensemble, il ressort de ces résultats que tous les phtalates révélés dans les sols d'étude sont prioritaires selon l'OMS /FAO (2016) et engendrent des effets néfastes sur les animaux et l'homme.

4. Discussion

Nos résultats ont montré que les sols des deux zones agoécologiques du Mali renferment sept phtalates (Diméthylphtalate, Diisobutylphtalate, Diéthylphtalate, Disecbutylphtalate, Phtalate, Benzylbutylphtalate, Bis (2-éthylhexylphtalate)). La présence des phtalates dans les sols d'étude serait d'origine anthropique (Traoré et al., 2012). Il nous paraît intéressant de souligner que la forte concentration de Diéthylphtalate, de Disecbutylphtalate et de Bis (2-éthylhexylphtalate) serait en rapport soit avec la toxicité de ces composés organiques (Santé Canada, 2020), soit avec la nature ou la structure chimique de ces contaminants. Aussi, cette concentration élevée s'expliquerait par le manque des nutriments, d'humidité, d'oxygène, de source de carbone et d'énergie nécessaires à la vie et aux activités microbiennes. En

comparaison, Khadiadja (2017) a démontré que la teneur en Dibutylphtalate (DBP) enregistrée dans les champs de tomate près d'Alger (Algérie) a été faible par rapport à d'autres régions rurales. Cette teneur en DBP est largement inferieure à celle détectée dans les champs du cotonnier et du riz au Mali. Aussi, la concentration maximale de Bis (2-éthylhexylphtalate) ou DEHP a été estimée à 10 mg/kg dans les sols de vergers, les terres agricoles et maraîchères de l'Ile-de-France (France) (INERIS, 2023). Celle de DEHP de la Zone CMDT et la Zone Office du Niger est respectivement 27 et 38 fois supérieure à celle révélée en Ile-de-France (France). En Chine, la teneur en DEHP a été plus de 50 fois inférieure à celle rencontrée dans les sols étudiés. Au Nigéria, les concentrations mesurées de DEHP dans des zones agricoles de l'État du Delta, se situaient entre 8,46 à 40,3 mg/kg, soit plus de 9 fois en deçà de celle enregistrée au Mali. Au Kenya, celles de DEHP (9243,49 mg/kg) contenues dans les terres agricoles fertilisées à base de biodéchets municipaux ont dépassé 23 fois celles retrouvées dans la zone rizicole du Mali. Ces résultats ont montré que les sols français et chinois de cultures sont moins contaminés par des DEHP par rapport aux résultats obtenus au Mali. Or, DEHP est classé cancérigène possible (2B) pour l'homme selon le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'OMS. En comparaison, la teneur moyenne en BBP détectée dans les sols d'Allemagne et de la Suède variait respectivement entre 21,6 et 13 mg/kg. Celle en DBP révélée oscillait respectivement entre 69,2 et 29 mg/kg de sol d'Allemagne et de la Suède. Ces teneurs en BBP d'Allemagne et de Suède ont été respectivement plus de 24 fois et de 14 fois supérieures à celles rencontrées dans la zone cotonnière du Mali. Par contre, ces concentrations de DBP d'Allemagne et de la Suède ont été respectivement plus de 13 fois et de 32 fois inférieures à celles retrouvées dans cette même Zone CMDT. Concernant la détermination de l'effet des phtalates sur les animaux et l'homme, certains de ces polluants sont toxiques pour ces organismes vivants. Pour rappel, tous les phtalates rencontrés sont toxiques ou dangereux pour l'hydrofaune (animaux aquatiques), peuvent affecter la reproduction et le matériel génétique (ADN) et induisent des effets cancérigènes chez les animaux et//ou l'homme. Ainsi, le Diméthylphtalate (DMP) ou Diéthylphtalate (DEP) et ses métabolites Mono-éthylphtalate (MEP) transversent la barrière placentaire, sans contamination du lait matériel. D'autres effets de ces produits sur l'embryon, le fœtus et le foie ont été mis en évidence à forte concentration (variant entre 3 640 et 5 000 mg/kg) (Santé Canada, 2020). Le Dibutylphtalate (DBP), *in vitro*, perturbe l'expression des gènes impliqués dans le cycle cellulaire et les voies apontatiques des fellicules antraux ovariens. Le Dibutylphtalate (DBP) se transforme en métabolites Monoéthylphtalate (MEP) et Mono(éthhexyde)phtalate (MEHP),

qui entraînent des troubles respiratoires chez l'enfant et des altérations morphologiques chez l'adulte. Aussi, après l'hydrolyse le DBP donne Monobutylphtalate (MBP), qui à leur tour se transforme en six (6) métabolites secondaires, dont un dérivé glucuro-conjugué (INRS, 2016). Chez la souris le DBP, *in utero*, est toxique pour le développement du fœtus. Le DBP, *in* vitro, induit les effets immunigènes ainsi qu'une diminution de l'antigène. À partir d'une concentration de 250 mg/kg durant 15 jours d'exposition, on note une diminution des spermatogonies et des spermatides chez le rat. Une admission de DBP à une dose supérieure de 250 mg/kg cause l'hypospadie, l'agénisie de l'épididyme et des vésicules séminales. Le Bis(2-éthylhexyle)phtalate (DEHP) ou Di-2-éthylhexylephtalate (DEHP) entraîne des anomalies pubertaires, l'obésité et les maladies de l'ovaire accompagnées d'effets transgénérationnels sur 3 et 4 générations respectivement chez le rat et la souris. Ses métabolites Monoéthylhexylphtalate (MEHP) modifient les fonctions endocriniennes (diminution TSH, œstradis, T3 sériques ou Triodothyronine), dérèglent la synthèse des lipides et du cholestérol et stimulent, à forte concentration, des réactions de stress oxydatif dans les cellules placentaires humaines (Santé Canada, 2020). Chez les enfants le MEHP influe sur les indices de masse corporelle (IMC) et le tour de la taille. Le Disecbutylphtalate (DsBP) se comporterait comme le Dibutylphtalate (DBP) chez les animaux et l'homme. En plus des atteintes oculaires et des troubles digestifs, des effets similaires de DBP et ses métabolites par rapport au Disecbutylphtalate ont été rapportés dans plusieurs travaux (Santé Canada, 2020 ; INRS, 2016). Il paraît intéressant de noter le transfert des phtalates (P : produits parents) dans les divers compartiments de l'environnement (air, sol, eau) et dans la chaîne alimentaire. Ces polluants lors du défrichement des champs entraînent l'émission des monoesters, du méthane, du dioxyde de carbone et du monoxyde de carbone, qui forme la carboxyhémoglobine (COhb) privant le corps humain jusqu'à 20% d'oxygène. Ils se trouvent dans les boues provenant des stations d'épuration et des composts épandus sur les terres agricoles. On note des modifications comportementales des pâturant sur les parcelles rurales contaminées par des phtalates (RECORD, 2015). Chez les animaux de laboratoire l'atrophie testiculaire, l'atteinte hépatique, la baisse de la fertilité, la diminution du poids fœtal, l'augmentation des reins, l'activité anti-androgénique et les effets tératogènes ont été observés (INERIS, 2023 ; RECORD, 2015). Chez l'homme des effets des phtalates sur les fonctions reproductrices ont été mis en évidence. Ces polluants influent sur le système nerveux central et le liquide céphalo-rachidien (LCR) par ponction lombaire chez les patients ou les paysans ruraux. Des particules fines ($PM_{2,5}$) chargés de phtalates pourraient contaminer l'environnement intérieur

des maisons, affecter les appareils respiratoires et induire le cancer du poumon. Enfin, on note la maladie à corps Lewy (MCL), c'est-à-dire les dépôts anormaux d'une protéine (alpha-synucléine) à l'intérieur des neurones et des maladies neuro-dégénératives (Alzheimer, Parkinson, démence…) attribuables aux phtalates (Santé Canada, 2020 ; RECORD, 2015). Le Benzylbutylphtalate (BBP) ou (BBzP) peut altérer la fertilité masculine ou féminine et entraîner des issues de grossesse défavorable (avortement ou fausse couche, prématurité, malformation…) (Santé Canada, 2020). Aussi, Ce phtalate (BBP) provoque un retard de la croissance, une perturbation de développement du système nerveux et engendrer le cancer sur la descendance. Enfin, une possible contamination du lait maternel pendant l'allaitement serait plausible. Les métabolites de BBP ou BBzP sont le Monobenzylphtalate (MBeP) et le Monobutylphtalate (MBzP), qui sont des perturbateurs endocriniens (AGDH, 2015). Ces métabolites MBeP et MBzP réduisent la distance ano-génitale et entraînent la mauvaise migration des testiculaires et la malformation chez 80 % des rats mâles exposés à des doses importantes (11 250 ppm ou 11 250 mg/kg).

En somme, chez les animaux les phtalates provoquent l'atrophie testiculaire, l'atteinte hépatique, la baisse de la fertilité, la diminution du poids fœtal, l'augmentation de la masse des reins et les effets tératogènes, tandis que chez l'homme la perturbation hormonale et métabolique, le neurodéveloppement, le retard de croissance postnatale, l'asthme infantile, l'obésité juvénile, les cancers de sein, des reins et de l'utérus, l'endométriose, l'infertilité, l'autisme et la perte d'audition chez les adultes ont été observés suite à l'exposition aux phtalates.

5. Conclusion

Nos résultats ont montré que les sols des deux zones agroécologiques du Mali renferment six phtalates (Diméthylphtalate, Diisobutylphtalate, Diéthylphtalate, Disecbutylphtalate, Benzylbutylphtalate, Bis (2-éthylhexylphtalate)). Chez les animaux et l'homme des effets ont été observés suite à l'exposition aux phtalates rencontrés. Ces substances chimiques (phtalates) sont dangereuses et toxiques pour les animaux et l'homme, d'où la nécessité de préserver les populations locales contre leurs effets nocifs pour la santé.

REFERENCES

[1] AGDH (Australian Government Department of Health). (2015). Butylbenzylphtalate. Sydney : Edition Commonwealth of Australia, Australia, 57 p.

[2] Alcasabas, A.A., Osborn A.,J, Bachant, J, Hu, F., Werler, P.J, Bousset, K., Furuya, K., Diffley, J.F, Carr, A.M., & Elledge, S.J. (2001). Mrc1 transduces signals of DNA replication stress to activate Rad53. Nat Cell Biol, 3, 958-965.

[3] Aubréville, A. (1949). Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. Paris: Édition Géogr. Marit. & Coll., France, 351 p.

[4] FAO (Food and Agriculture Organization). (2005). Système d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture au Mali. FAO-Eau Terres et Eaux FAO Accueil. Aquastat. Rome : FAO, Italie, 7 p.

[5] Ferreira, I,D., & Morita D,M. (2012). *Ex-situ* bioremediation of Brazilian soil contaminated with plasticizers process wastes. Braz Journ. Chem Eng., 29, 77-86.

[6] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). (2025). Rapport annuel de 2024. Paris : Édition INERIS, France, 60 p.

[7] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). (2023). DEHP (Di-2-éthylhexylphtalate). Paris : Édition INERIS, France, 52 p.

[8] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). (2017). Benzylbutylphtalate. Paris : Édition INERIS, France. https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/85-68-7%20--%20Benzyl%20butyl%20phtalate%20%28BBP%29%20--%20Mini-FTE.pdf

[9] INRS (Institut National de la Recherche et de Sécurité). (2016). Phtalate de dibuthyle. Paris : Édition INRS, France, 9 p.

[10] INSTAT (Institut National de la Statistique). (2017). Enquête modulaire et permanente auprès des ménages (EMOP). Rapport d'analyse premier passage 2017. Bamako : Édition INSTAT, Mali, 75 p.

[11] Khadidja, A. (2017). Recherche de résidus de pesticides dans les échantillons de tomates cultivées sous serre ; étude des cas. Mémoire de Master en Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, de la Nature et de la Vie. Université Med-Seddik Benyakia-Jijel, Spécialité : Toxicologie de l'Environnement, Algérie, 79 p.

[12] Kassogué, B. (2020). Politiques Agricoles et Productivité de l'Agriculture au Mali. Thèse de Doctorat. École Doctorale de l'Institut Pédagogique Universitaire (IPU) Ex-ISFRA de l'Université des Sciences Juridiques et Politiques de Bamako, Spécialité : Sciences Économiques, Bamako, Mali, 369 p.

[13] MA (Ministère de l'Agriculture). (2016). Plan de campagne agricole 2016-2017. Bamako : Édition Ministère de l'Agriculture, Mali, 110 p.

[14] N'Tumba-Byn, T. (2013). Mécanismes d'action des perturbateurs endocriniens bisphénol A et phtalates sur le développement du testicule fœtal. Thèse de Doctorat. Faculté de Médecine de l'Université de Paris-Sud 11, Spécialité : Biologie de la Reproduction et du Développement, Paris, France, 218 p.

[15] OMS/FAO (Organisation Mondiale de la Santé / Food and Agriculture Organization). (2016). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. Genève : Édition OMS, Suisse, 286 p.

[16] OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (1998). International Programme on Chemical Safety. Genève : Édition OMS, Suisse, 112 p. https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/8c03f2d6-32e3-4b60-b651-c2e2c181506b/content

[17] Peterson, D.R., & Staples, C,A. (2003). Degradation of phthalate esters in the environment. Dans Staples, C.A. (dir.), Phthalate esters, dans Handbook of Environmental Chemistry, 3. Part Q. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Hong Kong-Londres-Milan- Paris-Tokyo, 85-124. DOI 10.1007/b11464

[18] RECORD (Association pour l'Économie Circulaire, les Déchets et l'Environnement). (2015). Substances émergentes, polluants émergents dans les déchets : le cas des phtalates. Paris : Édition RECORD, France, 138 p.

[19] Saillenfait, A. M., & Laudet-Hesbert, A. (2005). Phtalates. EMC-Toxicologie-Pathologie, 2 (1), p. 1-13.

[20] Santé Canada. (2020). Évaluation préalable : groupe des phtalates. Ottawa : Édition Environnement et Changement climatique et Santé Canada, Canada, 248 p.

[21] Traoré, V., Coulibaly, A., Samaké, D., & Maïga, M.S. (2017). Dégradation des contaminants chimiques des sols de Bougouni (Mali) par les facteurs abiotiques de l'environnement. Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome XXII-A,, 144-159.

[22] Traoré, V., Kanté, F., Yattara, I.I., Samaké, D., Keïta, K., Coulibaly, A., Polykova, O.V., & Kotelevtsev, S.V. (2012). Establishment of a promotional program of the valorization of the arable lands by biological depollution in the areas of Sikasso and Segou in Mali. ISESCO Journal of Science and Technology, 8 (13), 9-24.