

## Notes techniques

# RISQUE BIOLOGIQUE DANS LE SECTEUR DU COMPOSTAGE : ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE D'AIDE À SON ÉVALUATION

Dans le cadre de la prévention des risques biologiques, l'INRS a mené une étude sur l'évaluation du risque biologique appliquée au secteur du compostage.

À partir de l'analyse des méthodes existantes, une méthode a été conçue, puis validée sur le terrain. Elle s'appuie sur la gestion graduée des risques et intègre des descripteurs permettant d'évaluer le risque par inhalation et par contact cutané.

---

SARAH BURZONI  
INRS,  
département  
Métrologie  
des polluants

---

### Contexte de l'étude

En France, les employeurs ont l'obligation légale d'évaluer les risques<sup>1</sup>, y compris le risque biologique. La démarche d'évaluation du risque biologique (EvRB) implique l'identification des lieux où des agents biologiques (AB) pourraient se développer, la connaissance de leur dangerosité et l'analyse des activités exposantes pour les salariés. Cette démarche permet aux entreprises de définir les priorités d'action pour assurer la santé et la sécurité des salariés.

Les lieux où peuvent s'accumuler ou se développer des AB sont définis comme des réservoirs. Il peut s'agir d'organismes vivants tels que des humains, des animaux ou des végétaux, mais aussi le sol, l'eau, des objets contaminés ou des déchets. Dans certaines situations professionnelles, le réservoir est identifiable, car il contient un agent biologique spécifique à l'activité. Par exemple, cela peut être le cas lors de la production industrielle de champignons microscopiques comme la levure, ou lorsqu'un salarié contracte une maladie bactérienne particulière, comme la légionellose due à la bactérie *Legionella pneumophila*<sup>2</sup>. Dans la plupart des situations, le salarié approche des réservoirs au cours de son activité, par exemple dans les métiers de la santé. Il peut également opérer dans un environnement favorable à la survie et la croissance des AB, par exemple lors du traitement de l'eau ou des déchets.

Après avoir identifié les réservoirs, il convient de rechercher la dangerosité des AB susceptibles de s'y trouver, d'étudier les tâches effectuées par le travailleur pour identifier les différentes voies d'exposition : l'inhalation, le contact avec la peau ou

les muqueuses, l'inoculation ou l'ingestion (contact main – bouche). Cette analyse consiste à observer les conditions de travail et à prendre en compte plusieurs éléments, tels que les conditions de mise en œuvre ou d'utilisation des réservoirs (procédé, température...), les moyens de prévention, etc.

Actuellement, le risque biologique est plus particulièrement pris en compte dans les secteurs où les réservoirs et les AB sont clairement identifiés, et leur dangerosité est établie. Cependant, il demeure de nombreux secteurs où ce risque est insuffisamment considéré, principalement en raison de l'absence de méthode adaptée, et de la difficulté à connaître précisément les AB présents dans les réservoirs et à évaluer leur niveau de dangerosité. Des connaissances ont été acquises sur l'EvRB [1]. Néanmoins, il n'existe aujourd'hui pas d'équivalent des méthodes qualitatives disponibles pour évaluer le risque chimique ou les risques liés à la manipulation des nanomatériaux, qui sont reconnues comme des méthodes de référence. L'INRS a donc mené une étude visant à élaborer une nouvelle méthode d'évaluation qualitative du risque biologique spécifique au compostage, pour accompagner les entreprises du secteur dans la définition de mesures préventives adaptées.

Ce travail s'est décliné en trois étapes :

- recensement et analyse des méthodes traitant de l'EvRB ;
- conception d'une méthode en s'appuyant sur l'approche de gestion graduée du risque<sup>3</sup> ;
- validation sur le terrain et en comparant les niveaux de risque obtenus avec la méthode avec les niveaux d'exposition provenant de la base Colchic.

## RÉSUMÉ

Cette note technique propose une méthode d'aide à l'évaluation du risque biologique dans le secteur du compostage. Celle-ci est le résultat d'une étude de l'INRS qui s'appuie sur un recensement et une analyse approfondie des démarches traitant d'évaluation du risque biologique en milieu professionnel. Il en résulte l'identification des descripteurs de risque permettant de réaliser une évaluation la plus

exhaustive possible : détermination de la dangerosité des réservoirs d'agents biologiques identifiés et détermination des descripteurs de l'exposition tels que le procédé de travail, les équipements de protection... Sur cette base, une méthode a été conçue, appliquée et validée dans plusieurs entreprises du secteur du compostage et une vingtaine de situations de travail ont été évaluées.

Une comparaison entre cette nouvelle méthode et d'autres démarches montre qu'elle est plus préventive. Elle constitue une aide supplémentaire pour les préventeurs intervenant dans le secteur du compostage, à mieux estimer les risques et améliorer les conditions de travail des salariés exposés.

### **BIOLOGICAL RISK IN THE COMPOSTING SECTOR: DEVELOPMENT OF A METHOD TO SUPPORT ITS ASSESSMENT**

*This technical note proposes a method for supporting biological risk assessment in the composting sector. It is the result of an INRS study that draws on a census and extensive analysis of approaches to biological risk assessment in the workplace. It helps to identify risk descriptors allowing for the most comprehensive assessment possible: determination of the danger of tanks*

*containing biological agents and determination of exposure descriptors such as the work process, protective equipment, etc. On this basis, a method was designed, applied and validated in several companies in the composting sector and about 20 work situations were assessed. A comparison between this new method and other approaches shows that it is more preventive. It helps*

*OSH practitioners operating in the composting sector to better assess risks and improve the working conditions of employees exposed.*

## Recensement et analyse des méthodes existantes Démarche

La première étape a consisté à recenser et à analyser les EvRB existantes, afin de définir les déterminants de risque que devrait comporter une méthode pour être la plus complète possible. Cet inventaire a été réalisé en étudiant différentes sources relatives à la prévention des risques professionnels, des articles scientifiques spécialisés dans les domaines de la biologie et de la médecine, des sources multimédias et des outils informatiques, notamment en consultant des fournisseurs de logiciels de sécurité. Pour être incluses dans cette analyse, les EvRB des sources devaient suivre une approche qualitative seule ou combinée qualitative et quantitative, prendre en compte les conditions de travail, comporter une évaluation des situations susceptibles d'induire une exposition aux AB sur le lieu de travail, et enfin estimer les risques professionnels pour les salariés. Aucune restriction n'a été imposée en ce qui concerne le secteur d'activité, les AB ou le type de risque identifié (infectieux, toxinique, allergique ou cancérogène).

L'analyse et la caractérisation des méthodes d'EvRB ont été effectuées en utilisant une grille de critères inspirée des travaux d'analyse de méthodes d'évaluation du risque chimique [2]. Les principaux critères d'analyse retenus sont le type d'approche

de l'EvRB, la nature des sources, le type de risque des AB et les voies d'exposition.

Ensuite, l'analyse a été approfondie en étudiant, parmi les méthodes d'EvRB recensées, celles qui adoptaient une approche similaire pour estimer le niveau de risque biologique. Pour cela, les éléments suivants ont été étudiés :

- les différentes étapes proposées par ces méthodes ;
- les facteurs indépendants associés au niveau de risque, également appelés « descripteurs de risque » (DR), par exemple le danger, le type de procédé... ;
- la manière dont elles évaluaient le niveau de risque biologique.

### Résultats

Lors de cette première étape, 32 méthodes ont été analysées. Aucune d'entre elles ne prend en compte suffisamment de critères pour réaliser une évaluation complète du risque biologique. Cependant, en combinant les points forts de chacune d'entre elles, comme de celles qui considèrent le plus grand nombre de critères ou de celles qui ne négligent aucun danger lié aux agents biologiques, il a été possible d'identifier les caractéristiques essentielles qu'une méthode d'EvRB devrait comporter. Finalement, ces résultats ont conduit à l'élaboration d'une méthode d'EvRB qui repose sur l'analyse du poste de travail combinée à la gestion graduée des risques.





Site de traitement et de recyclage de déchets végétaux.

© Fabrice Dimier pour l'INRS/2016

Cela présente l'avantage d'être peu subjectif et d'évaluer le risque au plus près des conditions réelles de travail. Dans ce contexte, l'identification des dangers doit être réalisée à partir d'un inventaire des principaux AB retrouvés sur les lieux de travail en tenant compte de l'ensemble des risques. Les DR doivent prendre en considération l'ensemble des voies d'exposition (inhalation, cutanée, inoculation, ingestion) ainsi que les mesures de prévention techniques et organisationnelles mises en place. Les niveaux de danger et d'exposition doivent être définis objectivement afin d'être compris et correctement interprétés. Par exemple, pour le procédé de travail, il faut préciser si le procédé est émissif/dispersif avec la possibilité d'émission de polluants ou si le procédé est totalement fermé/clos avec des polluants mis en œuvre dans un processus fermé. En dernier lieu, le danger et les descripteurs d'exposition (DE) doivent permettre d'estimer un niveau de risque.

### Conception de la méthode d'aide à l'évaluation du risque appliquée au secteur du compostage

Le risque est la probabilité d'effets néfastes sur la santé d'un travailleur en cas d'exposition à un danger. Le danger associé au polluant est décrit par une seule variable. En revanche, l'exposition est caractérisée par plusieurs variables, que l'on appelle les DE,

par exemple : la durée, la fréquence de l'exposition, le procédé de travail... La démarche engagée pour définir ces deux paramètres est différente et est présentée dans les paragraphes suivants.

#### Démarche

##### → Le danger

Le compostage est un secteur qui est bien documenté dans la littérature. Néanmoins, les risques associés à cette activité peuvent être mésestimés. Un travail a donc été réalisé, afin :

- d'identifier les principaux AB potentiellement présents dans l'ensemble des réservoirs, à savoir les matières dites entrantes, en cours de compostage et les matières dites sortantes, à l'issue du compostage ;
- de rechercher le danger de ces AB ;
- de déterminer la dangerosité des réservoirs ;
- d'attribuer la bande de danger<sup>3</sup> aux réservoirs, selon l'approche de la gestion graduée du risque, à l'aide d'une matrice de hiérarchisation des dangers des AB et des substances qu'ils sont susceptibles d'émettre (toxines).

Tout d'abord, les AB présents dans les aérosols constituent un reflet des communautés microbiennes présentes dans ces réservoirs, à savoir les matières premières et les composts [3]. L'inventaire des AB potentiellement présents dans les réservoirs,

à savoir les matières premières et les composts, a été réalisé en croisant des données issues de la littérature. On peut notamment citer une revue de la littérature qui synthétise la diversité bactérienne et fongique identifiée dans les aérosols au sein des plateformes de compostage, analysée par les techniques de culture et de séquençage des gènes codant pour les ARN ribosomiaux ARNr 16S et ARNr 18S [4]. La dangerosité des différents AB a ensuite été établie en se basant d'une part sur le Code du travail<sup>4</sup> français, qui propose une classification en quatre groupes selon la gravité croissante du risque d'infection pour l'homme, du danger pour les travailleurs, des possibilités de propagation dans la collectivité et de l'existence d'une prophylaxie ou d'un traitement. L'arrêté du 16 novembre 2021 fixe la liste des agents biologiques pathogènes (bactéries, champignons, virus et parasites) des groupes 2, 3 et 4 [5], sans définir d'AB dans le groupe 1. D'autre part, la classification allemande propose une liste pour le groupe 1, constituée d'AB peu susceptibles de causer des maladies. Dans ce contexte, il est apparu pertinent de compiler les deux classifications.

Une matrice de hiérarchisation des dangers des AB a été construite pour permettre d'attribuer un niveau de danger à un réservoir. Cette matrice hiérarchise les niveaux de dangers des AB par bandes, du moins pathogène au plus pathogène. Cette matrice, qui intègre tous les dangers que peuvent présenter les AB et leurs produits, a été élaborée en s'inspirant du modèle de Brooke [6] et repose sur :

- la classification franco-allemande ;
- la classification du Centre international de recherche sur le cancer (Circ) pour les AB présentant des risques de cancérogénicité.

Finalement, l'attribution d'une bande de danger à un réservoir est effectuée en se référant à la matrice de hiérarchisation des dangers des AB. Étant donné que le réservoir est un mélange d'AB et dans un objectif de prévention, la classification la plus élevée parmi tous les AB répertoriés dans la base franco-allemande est utilisée pour attribuer une dangerosité du réservoir.

#### → Les descripteurs d'exposition

Les DE doivent être recueillis par les utilisateurs de la méthode lors de l'analyse des tâches et des conditions de travail. Ces données doivent donc leur être accessibles. Pour cela, le personnel des plateformes de compostage a été impliqué dans l'identification des descripteurs.

Tout d'abord, une liste de DE a été créée en se basant sur une revue de la littérature. Ensuite, un questionnaire a été envoyé à 499 destinataires, tels que des exploitants ou des maîtres d'ouvrage, afin de recueillir des informations sur leur connaissance des DE proposés. En parallèle, quatre visites d'entreprises ont été réalisées pour évaluer directement

le niveau de connaissance des exploitants concernant ces descripteurs. Pour sélectionner les DE, les réponses de l'enquête, les informations recueillies lors des visites et l'avis d'experts de l'INRS ont été pris en compte.

Les bandes des descripteurs<sup>3</sup>, le nombre de bandes et l'attribution d'un score à chaque bande ont été définis en consultant la littérature. La définition des bandes associées de certains descripteurs ont été détaillées. Par exemple, pour le descripteur de l'aspect physique du matériau mis en œuvre, la première bande concerne les solides peu friables, avec comme exemples proposés les déchets verts ou les composts non criblés. Ces indications supplémentaires prennent ainsi en compte les spécificités de l'activité de compostage. Pour déterminer les scores à attribuer à chaque bande de risque et statuer sur leur cohérence, plusieurs tests ont été effectués. Ces tests ont consisté à sélectionner des situations de travail, à calculer et à comparer les scores de risque issus de la méthode, afin de s'assurer de la cohérence des scores obtenus. Pour calculer le niveau de risque, le choix s'est porté sur la multiplication des scores<sup>3</sup> [7].

#### Résultats

L'analyse des données de la littérature a permis de déterminer la communauté d'AB de sept matières entrantes rencontrées dans le compostage [3, 4, 8] à savoir :

- les boues de stations d'épuration ;
- les déchets d'élevage de bétail ;
- les effluents d'élevage ;
- les ordures ménagères ;
- les coproduits (déchets verts, écorces, palettes broyées, sciure, copeaux de bois) ;
- les biodéchets ;
- les résidus agricoles et de l'industrie agroalimentaire.

Pour ces réservoirs, il a été dénombré six types d'AB (bactéries, virus, protozoaires, helminthes, champignons et levures) comptabilisant 114 espèces. Concernant les AB présents dans différents produits issus des différentes phases du compostage, mésophile, thermophile, de refroidissement et de maturation, il a été comptabilisé entre 129 et 2435 espèces. Ces résultats ont été obtenus en comptabilisant l'ensemble des espèces d'une famille d'AB lorsque seule cette donnée était mentionnée dans la littérature.

Le regroupement des classifications française et allemande des dangers des AB a par ailleurs permis de créer une base comptabilisant 18388 classifications d'espèces et de sous-espèces de bactéries, virus, protozoaires, helminthes, champignons et levures réparties dans les quatre groupes de danger. La matrice de hiérarchisation des dangers intègre tous les types de dangers des AB et de leurs

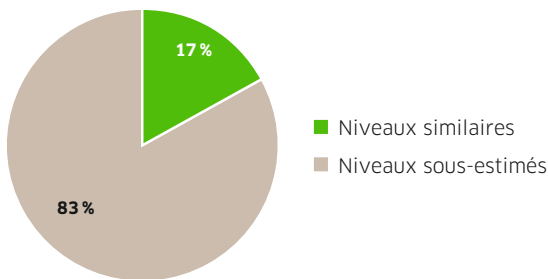




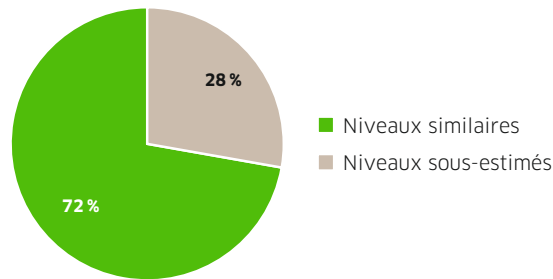
NIVEAU DE RISQUE	MODÉRÉ	PRÉOCCUPANT	SÉRIEUX
<b>Caractérisation du risque et plan d'action</b>	Des mesures correctives ne sont pas à mettre en place de manière prioritaire.	La situation nécessite la mise en place de mesures correctives.	Des mesures correctives sont à mettre en place rapidement.

← **TABLEAU 2**  
Grille de caractérisation du risque et plan d'action à mettre en œuvre.

**Comparaison des niveaux de risque de  $D_{EVRB1}$  par rapport à la méthode développée**



**Comparaison des niveaux de risque de  $D_{EVRB2}$  par rapport à la méthode développée**



← **FIGURES 2a ET 2b**  
Comparaison des niveaux de risque obtenus selon les situations de travail en appliquant la méthode proposée et les démarches comparatives  $D_{EVRB1}$  et  $D_{EVRB2}$ .

la fréquence de l'exposition,  $D_{EVRB1}$  propose quatre bandes : annuelle, mensuelle, hebdomadaire et journalière sans précision comparativement à la fréquence définie par la méthode proposée.

La dernière étape a consisté à valider les résultats de la méthode avec les données de la base Colchic en comparant les scores obtenus avec la méthode proposée et les mesures de concentrations observées dans Colchic, dont 83 % concernent des mesures d'ambiance. La médiane de ces concentrations a été comparée à des valeurs guides à ne pas dépasser pour quatre AB : les bactéries cultivables à 25 °C [10], les moisissures cultivables à 25 °C [11], les bactéries cultivables à 47 °C [12] et les endotoxines [13]. Tout comme dans le cas des produits chimiques, le niveau d'exposition observé a été considéré comme :

- modéré : si la concentration médiane est en dessous de 10 % de la valeur guide à ne pas dépasser ;
- préoccupant : lorsque la concentration médiane se situe entre 10 % et 100 % de la valeur guide à ne pas dépasser ;
- sérieux : si la concentration médiane dépasse la valeur guide à ne pas dépasser.

### Résultats

L'application de la méthode développée a permis d'évaluer une vingtaine de situations de travail différentes, telles que le retournement d'andain, le criblage de compost, etc. Les niveaux d'exposition obtenus avec la méthode sont en cohérence avec les circonstances d'exposition. Les sources d'émissions d'aérosols, par exemple lors d'un retournement d'andain ou le criblage, engendrent des situations comportant un risque par inhalation non négligeable. L'étude comparative des risques obtenus avec la méthode proposée et les deux autres démarches  $D_{EVRB1}$  et  $D_{EVRB2}$  indique que la méthode proposée est plus protectrice des situations de travail étudiées

dans 56 % des cas, que ce soit par inhalation ou par contact cutané, et que, pour les 44 % restantes, elle est au moins aussi protectrice (Cf. Figures 2a et 2b). Après avoir extrait les mesures de concentrations en agents biologiques (AB) réalisées dans le secteur du compostage de la base de données Colchic, un niveau de risque a été calculé à partir des valeurs guides des AB et comparé au niveau de risque obtenu par la méthode développée. Dans 57 % des situations,

Plateforme extérieure de stockage d'une usine de compostage. →



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2016

les niveaux de risque évalués par la méthode et ceux déterminés à l'aide de Colchic sont similaires, et, dans 43 % des situations, la méthode évalue plus sévèrement le niveau du risque biologique que ce qui peut être déduit des données de Colchic.

### Conclusion

La méthode d'EvRB proposée constitue une première ébauche limitée à un seul secteur spécifique pour évaluer le risque biologique. Cependant, de nombreux autres secteurs sont également concernés et devraient pouvoir bénéficier d'une méthode similaire. Ce travail a permis, après une analyse des démarches existantes dans le domaine du risque biologique en milieu de travail, de concevoir, d'appliquer et de valider une méthode d'évaluation qualitative du risque biologique applicable au compostage. L'application de cette méthode a révélé qu'elle évaluait le niveau de risque biologique de manière plus protectrice dans certaines situations que d'autres méthodes, y compris à partir de l'exploitation des données de Colchic. Cela peut être lié au fait que les descripteurs utilisés pour évaluer les situations de travail dans les deux méthodes testées en comparaison sont des paramètres subjectifs et donc interprétables selon les utilisateurs. De plus, les niveaux d'exposition de Colchic se basent sur des mesures d'ambiance plutôt que sur des mesures individuelles, sous-estimant généralement l'exposition. Des pistes d'améliorations ont été identifiées, telles que :

- l'apport de connaissances en matière de biodiversité et de concentration des différents AB qui permettrait d'améliorer l'estimation de la dangerosité des réservoirs ;
- l'inclusion, en amont de l'évaluation du risque par inhalation ou par contact cutané, d'une étape intermédiaire qui permettrait de hiérarchiser et de prioriser les situations de travail à évaluer [14] ;
- l'introduction d'un niveau de risque pondéré qui prendrait en compte le port d'équipements de protection individuelle (EPI), tels que les appareils de protection respiratoires (APR) et les gants de protection, qui permettrait d'affiner le risque correspondant. Finalement, l'ensemble de ce travail a abouti à l'élaboration d'une nouvelle fiche qui vient compléter le guide méthodologique de la base de données MétroPol (INRS) [9]. Les acteurs engagés dans la prévention des risques biologiques disposent ainsi d'un nouvel outil d'aide à l'évaluation. ●

1. Cf. Articles L. 4121-1 et L. 4121-2 du Code du travail.
2. Mieux connue sous le nom de « légionnelle », l'exposition à cette bactérie peut entraîner des affections de gravités variables (légionellose), allant d'une atteinte fébrile bénigne à des formes parfois mortelles de pneumonie.
3. La gestion graduée de risque (ou dite de Control Banding - CB) est une approche qui consiste à attribuer des scores aux niveaux de danger hiérarchisés en fonction des effets sur la santé, et aux niveaux d'exposition hiérarchisés du moins exposant au plus exposant. Ces niveaux de danger et d'exposition sont également classés par bandes. Le niveau de risque est estimé en fonction du résultat obtenu à la suite d'une opération mathématique simple (somme, multiplication...) des scores de danger et d'exposition retenus.
4. Cf. Article R. 4421-3 du Code du travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] BURZONI S., DUQUENNE P., MATER G., FERRARI L. – Workplace biological risk assessment: review of existing and description of a comprehensive approach. *Atmosphere*, 2020, 11 (7), p. 741.
- [2] TRIOLET J., HÉRY M. – Les méthodes d'évaluation des risques chimiques : une analyse critique. *Hygiène & sécurité du travail*, 2009, 216, pp. 11-24.
- [3] SCHLOSSER O., HUYARD A. – Bioaerosols in composting plants: occupational exposure and health. *Environnement, risques & santé*, 2008, 7 (1), pp. 37-45.
- [4] WÉRY N. – Bioaerosols from composting facilities: a review. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 2014, 4, p. 42.
- [5] ARRÊTÉ DU 16 NOVEMBRE 2021 fixant la liste des agents biologiques pathogènes. Accessible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr>
- [6] BROOKE I. – A UK scheme to help small firms control health risks from chemicals: toxicological considerations. *The annals of occupational hygiene*, 1998, 42 (6), pp. 377-390.
- [7] MARQUART H. ET AL. – 'Stoffenmanager', a web-based control banding tool using an exposure process model. *The annals of occupational hygiene*, 2008, 52 (6), pp. 429-441. doi:10.1093/annhyg/men032
- [8] DE GUARDIA A. – *Compostage et composts. Avancées scientifiques et techniques*. Lavoisier, coll. Techniques & documentation, 2018.
- [9] INRS – *Guide d'évaluation du risque biologique dans le secteur du compostage*. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/guide-methodologique-metropol.html>
- [10] SUVA – *Valeurs limites d'exposition aux postes de travail*. Édition 2015. Accessible sur : <http://www.suva.ch>
- [11] BAU A. – *Anlagen zur Behandlung und Verwertung von Abfällen, in Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe*. Dortmund (Allemagne), Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, TRBA 214, 2018, p. 29.
- [12] FRACCHIA L. ET AL. – The assessment of airborne bacterial contamination in three composting plants revealed site-related biological hazard and seasonal variations. *Journal of applied microbiology*, 2006, 100 (5), pp. 973-984.
- [13] BALTU I. ET AL. – Valeurs guides endotoxines. Interprétation des résultats de métrologie des bioaérosols. *Hygiène & sécurité du travail*, 2015, 239, NT 25, pp. 46-50. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NT%2025>
- [14] VINCENT R., BONTHOUX F. ET AL. – Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique : un outil d'aide à la décision. *Cahiers de notes documentaires – Hygiène & sécurité du travail (INRS)*, 2005, 200, pp. 39-62.