



**DOSSIER DE CANDIDATURE
A UNE ALLOCATION DE RECHERCHE
POUR LA RENTREE 2018**

Dossier complété et revêtu des signatures à transmettre impérativement pour le :

07 janvier 2018 au plus tard.

A la Direction de la Recherche et Valorisation

secretariat.recherche@univ-littoral.fr

Titre de la thèse : Caractérisation des aérosols et de leurs sources dans des milieux industriels libanais

Laboratoire d'accueil ULCO : Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, UCEiV, EA 4492

Directeur de thèse ULCO : Dominique Courcot

Merci de renseigner l'ensemble des demandes de financements envisagées pour ce sujet (NB : Les demandes peuvent porter sur plus de deux cofinanceurs envisagés):

Région 50 % (Dans ce cas, ne pas oublier de remplir également le dossier « Région »)

PMCO 50 %

ULCO 50 %

ULCO 100 %

ADEME 50 %

ADEME 100 %

Merci de nous indiquer si d'autres financements ont été demandés pour ce sujet :

Autre Financier 50 %, préciser le financier :

Autre Financier 100 %, préciser le financier :



LIBAN – Université Libanaise

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- le nom du codirecteur étranger et le laboratoire partenaire

- Thématique :

- (1) La qualité de l'air
- (2) Le milieu aquatique
- (3) L'obésité, la nutrition et les activités sportives
- (4) Les énergies propres et renouvelables
- (5) La gestion et le traitement des déchets
- (6) L'urbanisme

LIBAN – CNRS Libanais

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- le nom du codirecteur étranger et le laboratoire partenaire

Dr. Charbel Afif

Université Saint Joseph de Beyrouth

Laboratoire des Emissions, Mesures et Modélisation Atmosphériques (EMMA)

- Thématique :

- (1) **La qualité de l'air**
- (2) Le milieu aquatique
- (3) L'obésité, la nutrition et les activités sportives
- (4) Les énergies propres et renouvelables
- (5) La gestion et le traitement des déchets
- (6) L'urbanisme

ALGERIE - Université Badji Mokhtar d'Annaba (UBMA)

Pour ce dispositif, merci d'indiquer en plus :

- le nom du codirecteur étranger et le laboratoire partenaire

- Thématique :

- (1) La gestion et le traitement des déchets,
- (2) L'aménagement littoral et portuaire,
- (3) Le milieu aquatique,
- (4) La surveillance et la gestion durable des Infrastructures.



***LABORATOIRE D'ACCUEIL**

Nom du laboratoire d'accueil :

Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV)

Nombre de HDR dans le laboratoire : 16

Nombre de thèses encadrées dans le laboratoire (rentrée 2017) : 21

Durée moyenne des thèses soutenues dans le laboratoire, sur la période 2013-2017 :
38 mois

ENCADREMENT

Nom, Prénom du directeur de laboratoire : Dominique Courcot

Nom, Prénom du directeur de thèse: Dominique Courcot

Nombre de doctorats en préparation sous la direction du directeur de thèse : 3

Avis détaillé du directeur de thèse et de laboratoire:

L'UCEIV est une Unité de recherche pluridisciplinaire qui a une approche transversale de la pollution environnementale. La connaissance des caractéristiques physicochimiques des particules en suspension dans l'air et de leurs effets toxiques constitue un préalable nécessaire pour une prévention sanitaire cohérente. Les membres de l'équipe CTEA possèdent une forte expérience dans les domaines de la chimie et de la toxicologie des particules atmosphériques, garantissant la réalisation de ce projet de thèse à la fois sur les plans scientifique et technique.

Ce projet de thèse entre dans le cadre d'une cotutelle avec l'Université saint-Joseph (Dr Charbel Afif) très impliquée dans des études sur la qualité de l'air au Liban. Les compétences des deux laboratoires sont très complémentaires et ce projet de thèse commun représente une opportunité de mieux évaluer les contributions de sources de pollution atmosphérique au Liban et le risque sanitaire qu'elles engendrent.

Signature du directeur de thèse et du laboratoire

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Courcot', is positioned below the text 'Signature du directeur de thèse et du laboratoire'.

D. COURCOT



PROJET DE THESE

Intitulé du projet de thèse :

Domaine scientifique :

Résumé (1/2 page maxi.) :

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé, la pollution atmosphérique est responsable de 3 millions de mortalités en 2012. L'une des sources majeures de pollution atmosphérique au Liban est le secteur industriel. Les agglomérations de Chekka et Zouk Mikael abritent toutes deux des industries diverses, notamment des cimenteries et la plus grande centrale thermique du Liban, respectivement. La caractérisation des sources dans ces régions est un passage obligé pour une bonne gestion de la qualité de l'air, notamment pour ce concerne les sources de particules. Cette thèse propose alors de caractériser ces sources en évaluant et analysant leur contribution à la pollution atmosphérique tout en étudiant aussi leur impact sanitaire. L'étude se base sur une campagne de mesure des particules et d'autres polluants auxiliaires pendant une période de 1 an. Les contributions de source seront évaluées grâce à l'application des modèles source-récepteur CW-NMF et PMF. L'étude abordera enfin un volet sanitaire incluant la détermination de paramètres de toxicité et l'évaluation du risque cancérigène. Cette thèse sera menée dans le cadre d'une co-tutelle entre l'ULCO en France et l'USJ au Liban.

Projet de thèse (5 pages maxi.) :

Développer sur cinq pages :

- Le sujet de recherche choisi et son contexte scientifique***
- L'état du sujet dans le laboratoire et l'équipe d'accueil***
- Le programme et l'échéancier de travail***
- Les retombées scientifiques et économiques attendues***
- Les collaborations prévues et une liste de 10 publications maximum portant directement sur le sujet***



Sujet de recherche et Contexte scientifique

La région méditerranéenne est une région fermée où les vents stagnants venant de l'Europe de l'Est contribuent au piégeage des polluants. Ces conditions peu dispersives, conjuguées à l'insolation intense sur cette région, sont particulièrement propices à la formation et l'accumulation de composés atmosphériques secondaires tels que l'ozone et/ou des aérosols organiques secondaires (AOS). Dans la partie Est de la Méditerranée et le Moyen Orient, bien que les émissions de CO et NO_x soient principalement dues au transport routier au niveau national (Waked et Afif, 2012), les activités industrielles en expliquent également une part non négligeable. Au Liban, les secteurs industriel et d'énergie sont les principaux émetteurs de particules et de dioxyde de soufre (Waked et al., 2012), résultant en une influence des villages adjacents (Waked et al., 2013, Abdallah et al., 2018). A ce jour, les études menées se sont intéressées essentiellement aux zones urbaines là où les grandes industries sont absentes (Afif et al., 2008, Salameh et al., 2015, Waked et al., 2014). Au Liban, les études effectuées jusqu'à ce jour se sont focalisées essentiellement sur les grandes agglomérations, notamment Beyrouth (Afif et al., 2008, 2009, Salameh et al., 2015, 2016, Waked et al., 2014, Borgie et al. 2016). Quelques études ponctuelles dans le temps et l'espace ont investigué la pollution de l'air dans les zones industrielles : Kfoury et al. (2009) ont analysé les particules totales dans la région de Chekka sans trouver une empreinte claire des industries tandis que Melki et al. (2017) ont montré que les concentrations de PM_{2.5} dépassent les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé et évalué leurs potentiels mutagène et génotoxique. Yammine et al. (2010), quant à eux, ont montré une influence de l'industrie d'engrais à Selaata dans la proximité du site. Les études menées par Waked et al. (2013) et Abdallah et al. (2018) montrent une grande pollution de l'air dans ces deux régions. Actuellement, peu de données de mesures sont disponibles pour caractériser finement les émissions dans les zones industrielles au Liban et évaluer leurs contributions sur les niveaux de concentration dans l'air ambiant.

Abdallah, C., Afif, C., El Masri, N., Öztürk, F., Keleş, M., Sartelet, K. (2018). A first annual assessment of air quality modeling over Lebanon using WRF/Polypheumus. *Atmos. Pollution Research*, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.01.003>

Afif C. et al. (2008). SO₂ in Beirut: air quality implication and effects of local emissions and long range transport. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 1, 167- 178.

Salameh T, Sauvage S, Afif C, Borbon A, Léonardis T, Brioude J, Waked A, Locoge N. (2015). Exploring the seasonal NMHC distribution in an urban area of the Middle East during ECOCEM campaigns: very high loadings dominated by local emissions and dynamics. *Environmental Chemistry*, DOI 10.1071/EN14154

Waked, A., Afif C., Seigneur C. (2012). An atmospheric emission inventory of anthropogenic and biogenic sources for Lebanon, *Atmos. Environ.*, 50, 88-96.

Waked, A., Seigneur, C., Couvidat, F., Kim, Y., Sartelet, K., Afif, C., ... Sauvage, S. (2013). Modeling air pollution in Lebanon: evaluation at a suburban site in Beirut during summer. *Atmos. Chem. Phys.*, 13(12), 5873–5886.

Waked, A., C. Afif, P. Formenti, S. Chevaillier, I. El-Haddad, J.-F. Doussin, A. Borbon and C. Seigneur (2014). "Characterization of organic tracer compounds in PM_{2.5} at a semi-urban site in Beirut, Lebanon." *Atmospheric Research* 143(0): 85-94.

Kfoury A., Yammine P., Ledoux F., El Khoury, B., El Nakat H., Nouali H., Cazier F., Courcot D., Abi-Aad E., Aboukais A. (2009) A Study Of The Inorganic Chemical Composition Of Atmospheric Particulate Matter In The Region Of Chekka, North Lebanon. *Lebanese Science Journal*, Vol. 10, 2009, Pp 3-16, Issn 1561-3410.

Yammine, P., Kfoury, A., El-Khoury, B., Nouali, H., El-Nakat, H., Ledoux, F., ... Abou Kais, A. (2010). A preliminary evaluation of the inorganic chemical composition of atmospheric TSP in the Selaata region, North Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 11(1).

M. Borgie, F. Ledoux, Z. Dagher, A. Verdin, F. Cazier, L. Courcot, P. Shirali, H. Greige-Gerges, D. Courcot (2016) Chemical Characteristics of PM_{2.5-0.3} and PM_{0.3} and Consequence of A Dust Storm Episode at an Urban Site in Lebanon. *Atmospheric Research*, 180: 274-286.

P.N. Melki, F. Ledoux, S. Aouad, S. Billel, B. El Khoury, Y. Landkocz, R.M. Abdel-Massih, D. Courcot (2017) Physicochemical Characteristics, Mutagenicity, And Genotoxicity Of Airborne Particles Under Industrial And Rural Influences In Northern Lebanon. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 18782-18797.

Objectifs



L'objectif de ce projet est plus particulièrement axé sur la caractérisation des sources de particules dans deux zones industrielles au Liban, notamment la région de Chekka où des cimenteries sont installées et celle de Zouk Mikaël où la plus grande centrale thermique du Liban est présente, avec l'évaluation et l'analyse de leur contribution avec implicitement une caractérisation de la qualité de l'air des deux régions. De manière plus détaillée, la stratégie expérimentale prévoit :

1. L'analyse de la composition et de la variabilité temporelle (été vs hiver) de l'atmosphère urbaine de Chekka et Zouk Mikaël pour les COV, l'aérosol inorganique et organique.
2. La caractérisation des sources des aérosols à partir d'approches bivariées (relation inter-espèces) et de modélisation source-récepteur: identification, quantification, variation et établissement de profils d'émission pour la construction des inventaires des émissions régionaux.
3. L'évaluation sanitaire du niveau des concentrations des polluants atmosphériques (risque de cancer, évaluation du potentiel toxique)
4. La constitution d'une base de données qui sera utilisée dans le futur pour évaluer la performance d'un système de modélisation de la qualité de l'air dans ces régions (modèle météorologique, inventaire d'émissions, modèle de chimie-transport)

Etat du sujet dans le laboratoire et l'équipe d'accueil

Les chercheurs de l'équipe « Chimie et Toxicologie des émissions atmosphériques » de l'UCEIV se sont spécialisés depuis une quinzaine d'années dans la caractérisation des aérosols particuliers atmosphériques, non seulement d'un point de vue physico-chimique, mais également toxicologique. Plusieurs démarches pluridisciplinaires ont ainsi pu être menées dans un objectif général de renforcement des connaissances scientifiques sur la toxicité pulmonaire des fractions fines et ultrafines des aérosols. De par ses connaissances scientifiques et ses compétences techniques, l'équipe d'accueil a été et est impliquée dans diverses recherches traitant de la caractérisation physico-chimique de la pollution atmosphérique et/ou de sa toxicité pulmonaire dans le cadre de programmes régionaux, nationaux et européens (APR Santé Environnement Société de la Région et Projet CPER Climibio, projets INCa et ADEME, programme européen Interreg V).

Sur le plan de la physicochimie des particules, notre contribution principale a été essentiellement orientée vers i) la mise en évidence de caractéristiques chimiques de particules utilisables en tant que traceur de sources et ii) l'évaluation de l'impact d'émissions industrielles à la teneur en particules en suspension à une échelle locale. La sélection de traceurs de source (émissions industrielles, combustion de biomasse, combustion de fuels lourds) a été pertinente notamment lors de l'application du modèle source-récepteur CW-NMF. Il s'agit d'un modèle de factorisation matricielle non-négative pondérée et sous contrainte, développé par les collègues du LISIC, EA 4491. L'application de ce modèle nous a permis d'identifier les profils des différentes



sources responsables des émissions de particules sur des deux sites de différente typologie, et d'accéder à leur contribution à la teneur des PM_{10} et $PM_{2.5}$.

Dans le cadre de recherches transversales Chimie-Toxicologie, le projet financé par l'Institut National du Cancer (INCa) a permis de mettre en évidence les potentielles relations entre les caractéristiques physico-chimiques et les toxicités pulmonaires génétiques et épigénétiques des fractions particulaires totales, des fractions hydrosolubles et des extraits organiques des échantillons de $PM_{0.3-2.5}$ et $PM_{0.03-2.5}$. Plus récemment, un projet de recherche a obtenu un financement par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2015-2017) afin d'étudier l'évolution potentielle, en fonction de l'âge, de la réponse biologique à une exposition à la pollution particulaire fine urbaine, avec pour finalité l'identification de biomarqueurs d'exposition à la pollution atmosphérique.

L'équipe a été associée à plusieurs études menées au Liban, en suivant dans chaque cas, une approche transversale chimie et toxicologie des particules fines présentes dans l'air ambiant. Nous avons ainsi contribué à améliorer la connaissance des caractéristiques de $PM_{2.5}$ en milieu urbain, au voisinage d'industries, et dans des zones rurales (thèses de M. Borgie, 2014, P. Melki, 2017, G. Badran, soutenance prévue en 2019). En comparant les caractéristiques chimiques des différents échantillons de $PM_{2.5}$ collectés au Liban, il a été marquant d'observer que les profils des composés organiques (HAP, paraffines, dioxines) pouvaient être attribués au trafic routier ou aux activités industrielles selon les problématiques locales.

Les matériels scientifiques et les compétences techniques acquis lors de la réalisation de ces projets et dédiés à la réalisation des prélèvements, à leur caractérisation physico-chimique et à l'évaluation de leur impact toxicologique, d'une part, et le réseau pluridisciplinaire de chercheurs impliqués, d'autre part, sont les garants de la réalisation du présent projet de recherche doctoral.

Programme et échéancier de travail

Le programme de recherche est divisé en plusieurs phases afin de satisfaire les besoins du projet :

a) Phase 1 (Liban)

- Echantillonnage de particules sur deux sites de Chekka et Zouk (USJ)
- Analyse des échantillons pour les aérosols organiques primaires et secondaires (USJ)

b) Phase 2 (France)

- Analyse des échantillons pour les ions hydrosolubles, les éléments majeurs et traces métalliques, dioxines, furanes, polychlorobiphényles, dioxin like. (ULCO)
- Analyse de l'ensemble des résultats obtenus (ULCO et USJ)
- Rédaction du premier article (ULCO et USJ).
- Analyse des données par le biais du modèle CW-NMF (ULCO)



- c) **Phase 3 (Liban)**
- Analyse des données par le biais le modèle PMF (USJ)
 - Confrontation des résultats du CW-NMF et du PMF (ULCO et USJ)
 - Analyse de l'impact sanitaire (ULCO et USJ).
- d) **Phase 4 (France)**
- Rédaction du 2ème article portant sur la contribution des sources (ULCO et USJ)
 - Rédaction de l'article sur les effets sanitaires (ULCO et USJ)
 - Rédaction du manuscrit de thèse et soumission aux écoles doctorales (ULCO et USJ)
- e) **Phase 5 (Liban)**
- Préparation de la soutenance orale (ULCO et USJ)
 - Soutenance à Beyrouth (ULCO et USJ)

Calendrier prévisionnel des mobilités

Le début de la thèse est prévu au 1er octobre 2018.

- Oct. 2018 - Oct. 2019 (Mois 1 à 13) : Phase 1 – Liban. Une visite des encadrants français est prévue durant cette période.
- Nov. 2019 - Sept. 2020 (Mois 14 à 24) : Phase 2 – France. Une visite de l'encadrant libanais est prévue durant cette période.
- Oct. 2020 - Janv. 2021 (Mois 25 à 28) : Phase 3 – Liban. Une visite des encadrants français est prévue durant cette période.
- Fév. 2021 - Août 2021 (Mois 29 à 35) : Phase 4 – France.
- Septembre 2021 (Mois 36) : Phase 5 – Liban. Une visite des encadrants français est prévue durant cette période pour la soutenance de thèse.

Retombées attendues

La gestion de l'environnement est d'une importance capitale afin de maintenir une pollution minimale avec un impact sanitaire limité. Les sites de Chekka et de Zouk représentent toutes les deux des zones industrielles et urbaines assez denses. La Stratégie Nationale de la Gestion de la Qualité de l'Air stipule dans ses objectifs l'étude des hotspots de la qualité de l'air au Liban notamment les grandes zones industrielles. Cependant, la surveillance des polluants réglementés ne pourra, à elle seule, aboutir à la caractérisation et à la détermination de la contribution des sources et par suite à la proposition d'un plan de gestion, surtout pour les particules en suspension, sans une analyse fine de la composition chimique organique et inorganique complète. Pour la première fois au Liban, ce sujet aboutira à la caractérisation des sources et l'évaluation de leur contribution quantitative à la pollution atmosphérique et de leurs effets sanitaires au Liban dans les zones industrielles et notamment dans les régions de Chekka et de Zouk. Par conséquent et à la lumière des résultats, un plan de gestion ultérieure pourra être préparé par les autorités concernées. De plus, une première confrontation des deux modèles sources-



récepteur pour la détermination de la contribution de sources, CW-NMF et PMF, sera effectuée.

Collaborations prévues et liste des publications portant directement sur le sujet

Collaborations :

- Laboratoire d'Informatique, Signal et Image de la Côte d'Opale, LISIC, EA4491 (G.Roussel, G.Delmaire)
- Centre Commun de Mesures (CCM), Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque (F. Cazier)

Liste de publications portant directement sur le sujet :

1. Abdallah, C., Afif, C., El Masri, N., Öztürk, F., Keleş, M., Sartelet, K. (2018). A first annual assessment of air quality modeling over Lebanon using WRF/Polyphemus. *Atmospheric Pollution Research* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.01.003>
2. Salameh T, Sauvage S, Afif C, Borbon A, Léonardis T, Brioude J, Waked A, Locoge N. (2015). Exploring the seasonal NMHC distribution in an urban area of the Middle East during ECOCEM campaigns: very high loadings dominated by local emissions and dynamics. *Environmental Chemistry*, DOI 10.1071/EN14154
3. Waked, A., Afif C., Seigneur C. (2012). An atmospheric emission inventory of anthropogenic and biogenic sources for Lebanon, *Atmos. Environ.*, 50, 88-96.
4. Waked, A., Seigneur, C., Couvidat, F., Kim, Y., Sartelet, K., Afif, C., Sauvage, S. (2013). Modeling air pollution in Lebanon: evaluation at a suburban site in Beirut during summer. *Atmos. Chem. Phys.*, 13(12), 5873–5886.
5. Waked, A., C. Afif, P. Formenti, S. Chevaillier, I. El-Haddad, J.-F. Doussin, A. Borbon and C. Seigneur (2014). "Characterization of organic tracer compounds in PM_{2.5} at a semi-urban site in Beirut, Lebanon." *Atmospheric Research* 143(0): 85-94
6. Kfoury A., Yammine P., Ledoux F., El Khoury. B., El Nakat H., Nouali H., Cazier F., Courcot D., Abi-Aad E., Aboukais A. (2009) A Study Of The Inorganic Chemical Composition Of Atmospheric Particulate Matter In The Region Of Chekka, North Lebanon. *Lebanese Science Journal*, Vol. 10, 2009, Pp 3-16, Issn 1561-3410.
7. M. Borgie, F. Ledoux, Z. Dagher, A. Verdin, F. Cazier, L. Courcot, P. Shirali, H. Greige-Gerges, D. Courcot (2016) Chemical Characteristics of Pm_{2.5-0.3} and PM_{0.3} and Consequence of A Dust Storm Episode at an Urban Site in Lebanon. *Atmospheric. Research.*, 180: 274-286.
8. P.N. Melki, F. Ledoux, S. Aouad, S. Billef, B. El Khoury, Y. Landkocz, R.M. Abdel-Massih, D. Courcot (2017) Physicochemical Characteristics, Mutagenicity, And Genotoxicity Of Airborne Particles Under Industrial And Rural Influences In Northern Lebanon. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 18782-18797.
9. M. Borgie, Z. Dagher, F. Ledoux, A. Verdin, F. Cazier, P. Martin, A. Hachimi, P. Shirali, H. Greige-Gerges, D. Courcot (2015) Comparison Between Ultrafine And Fine Particulate Matter Collected In Lebanon: Chemical Characterization, In Vitro Cytotoxic Effects And Metabolizing Enzymes Gene Expression In Human Bronchial Epithelial Cells. *Environ. Pollut.* 205, 250-60.
10. M. Gualtieri, F. Ledoux, A. Verdin, S. Billef, P.J. Martin, D. Courcot (2016). Chapter 12. Particulate Matter Physico-Chemical Characterization and In Vitro Toxicological Effects, In *Air Pollution: Sources, Prevention and Health Effects*. Nova Publisher, ISBN: 978-1-53610-988-7.