

Prix André Prud'homme 2024
Résumé des productions scientifiques et
impacts liés aux travaux scientifiques de la thèse

| | |
|----------------------|--|
| Prénom | Sophie |
| Nom | Abramian |
| Intitulé de la thèse | Origines physiques des propriétés des systèmes convectifs de méso-échelles et implications pour les événements à fort impact |

1 - Liste des publications :

Article en préparation

6. **Abramian S.**, Muller C., Risi C., Roca R. and Fiolleau T. Is the life cycle of Mesoscale Convective Systems written from the start ? To be submitted. **2024**.

Articles publiés

5. **Abramian S.**, Muller C. and Risi C., Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines, Journal of Advances in Modeling Earth Systems, **2023**. 15.10 (2023): e2022MS003477.

4. Risi, C., Muller, C., Vimeux, F., Blosse, P., Védeau G., Dufaux, C., **Abramian, S.**, What controls the mesoscale variations in water isotopic composition within tropical cyclones and squall lines? Cloud resolving model simulations. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, **2023**.

3. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C., Shear-Convection Interaction and Orientation of Tropical Squall Lines. Geophysical Research Letters, vol. 49-1, p.e2021GL095184, **2022**.

2. **Abramian, S.**, Desmorat, B., Desmorat, R. et al. Recovering the Normal Form and Symmetry Class of an Elasticity Tensor. Journal of Elasticity, Springer Verlag, vol. 142, p.1–33. **2020**.

Articles de vulgarisation

1. Muller, C. & **Abramian S.**, The cloud dynamics of convective storm. Physics Today, May **2023**.

2 - Liste des congrès/colloques :

10. **Abramian, S.**, Muller, C., Risi, C., Roca R., and Fiolleau, T
Has the life cycle of MCSs been written from the start ? (Présentation), 3rd Workshop on Convective Organization, Triest, Italy, 2023.
9. **Abramian, S.**, Muller, C., Risi, C., Roca R., Fiolleau, T
Investigating Mesoscale Convective Life Cycle with Machine Learning (Présentation), CFMIP-Gass Meeting, Paris, France 2023. [Prix Early Research Career](#)
8. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines (Présentation), European Geophysical Union, Vienna, Austria, 2023.
7. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Squall Lines Orientation and its Impact on Precipitation Extremes (Présentation), In 3rd Pan-Gass Gewex Meeting, Monterey, CA, 2022. [Félicitations du jury pour la présentation](#)
6. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Shear Convection Interaction in Cloud Resolving Model (Présentation), 23rd Meeting in Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics, Breckenridge, CO, 2022.
5. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Investigating Extremes Precipitation in Tropicales Squall Lines (Présentation), European Geophysical Union, Vienna, Austria, 2022.
4. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Investigating Extremes Precipitation in Tropicales Squall Line, (Poster), 2nd Workshop On Convective Organization, Utrecht, Netherlands, 2022.
3. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
L'orientation des lignes de grains tropicales et ses conséquences sur les extrêmes de précipitations (Présentation), Journée de la Convection Profonde, Bordeaux, France, 2022.
2. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
Investigating tropical squall lines with a cloud resolving model (Short Presentation), EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021.
1. **Abramian, S.**, Muller, C., and Risi, C.
What sets tropical squall lines orientation, and why ? (Poster)
Cloud FeedBack Model Intercomparison Project Virtual Meeting 2021.

3 - Autres productions et impacts

Pour chacune des rubriques, vous veillerez à préciser votre contribution personnelle à la production mentionnée.

3.1) Base de données ou jeux de données, d'algorithmes, de codes informatiques, de méthodologies pour la communauté :

Tableau récapitulatif

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| A | Codes informatiques open access | PySAM, versions 2021 et 2022 déposée sur Zenodo (https://doi.org/10.5281/zenodo.5078167) |
| B | Methodologies pour la communauté | Participation Hackathon DYAMOND-nextGEMS Cycle 3 |

Description détaillée

A. Codes informatique open access

Mon travail de thèse s'est beaucoup appuyé sur des simulations numériques, et en particulier sur des simulations idéalisées que nous concevons et analysons. Pour ce faire, j'ai développé un package python pour post-traiter les sorties du modèles de résolution de nuage SAM, pour étudier les lignes de grain. Ce package inclut la méthode de détection d'angle des lignes de grains, ainsi que des méthodes de moyennes composites pour l'étude des poches froides; puis j'ai fait évoluer ce package dans un second temps pour inclure les analyses propre à l'étude des extrêmes de pluies : calcul des termes du modèles théoriques Muller & Takayabu 2021, calcul optimisé de la cape, co-occurrence d'évènement extrêmes. **Ces codes informatiques sont en libre accès et répertorié sur le site Zenodo (<https://doi.org/10.5281/zenodo.5078167>, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5078166>).**

B. Methodologies pour la communauté

Le dernière partie de mon projet de thèse a consisté à utiliser les dernières générations de simulations globales haute résolution issues du projet DYAMOND-nextGEMS. Ces simulations représentent plusieurs petabytes de données (10^{15} , million de milliard), disponible sur un cluster européen. **Dans ce cadre, j'ai participé en mai 2023 au nextGEMS Hackathon Cycle 3 à Madrid.** L'objectif de cette rencontre était d'identifier certains bug ou amélioration dans les simulations actuelles pour renforcer la robustesse des prochaines simulations. J'ai aussi pu présenté mes travaux et les méthodes de machine learning appliquées aux tempêtes issues de ces simulations (sujet de mon dernier projet de thèse) que je déposerai également en libre accès.

3.2) Activités d'observation (participation à des campagnes de mesures, acquisition de mesures non-conventionnelles, etc) :

3.3) Développement instrumental (design de nouveau instruments, qualification, ...)

3.4) Valorisation économique (déclaration d'inventions, brevets, licences – dont licences ouvertes, partenariat avec le secteur privé...).

Tableau récapitulatif

| | | |
|-----------------------------------|-------------|---|
| Partenariat avec le secteur privé | AXA Climate | <p>Projet n°1: Mieux évaluer le risque cyclonique à l'aide de trajectoires de cyclones simulées</p> <p>Projet n°2: Anticiper l'augmentation de l'intensité cyclonique en 2050</p> <p>Projet n°3 : Analyser les événements météorologiques composés sur la côte ouest des USA</p> |
|-----------------------------------|-------------|---|

Description détaillée

Application des connaissances physiques au secteur privé

En parallèle de ma thèse, j'ai suivi une formation de type 'Master of Business and Administration' du Collège des Ingénieurs (composante de formation du corps IPEF), et dans ce cadre j'effectue un stage de 5 mois auprès d'AXA Climate (octobre 2023-mars 2024) pour la modélisation du risque lié aux catastrophes naturelles. Ces travaux sont appliqués à l'assurance paramétrique et aux missions de conseils pour l'adaptation au changement climatique du secteur privé et publique.

Projet n°1: Mieux évaluer le risque cycloniques à l'aide de trajectoires de cyclones simulées

Dans ce projet, mon rôle a été d'explorer une base de données sur le golfe du Mexique de plus de 10 000 trajectoires de cyclones tropicaux très intenses issue du modèle couplé MIT (Emanuel et al. 2006). Le premier objectif de ce projet était d'attester que le risque décrit par les données synthétiques MIT est bien représentatif du risque réel, c'est à dire que les données historiques des cyclones tropicaux sur le golfe du Mexique suivent la même distribution. Pour ce faire, j'ai développé une méthode de ré-échantillonnage qui a mis en évidence les zones et les années où l'on mesurait un écart anormalement faible ou fort. Je l'ai étendue à l'étude d'autres bassins, dans l'océan Indien, au niveau du Pacifique Est ou encore en Australie. Ces conclusions ont été discutées avec Kerry Emanuel lui-même, qui collabore avec AXA Climate, et sont en train d'être implémentées dans la fonction de coût et le calcul des primes lié au risque cyclonique.

Projet n°2 : Anticiper l'augmentation de l'intensité cyclonique en 2050

Prévoir et anticiper comment l'intensité de l'activité cyclonique va évoluer selon les différents scénarios est un enjeu majeur pour les populations et les biens exposés. Si les tendances mondiales et régionales sont décrites dans les derniers rapports du GIEC,

certaines clients aimeraient avoir une estimation très locale de la variations du risque cycloniques. Pour ce faire nous appliquons la méthode de Knutson et al. 2013, qui prédit comment la distribution de vents cycloniques évolue dans un climat futur, et appliquons des méthodes de diffusion de vents (modèles de Holland 1996) pour obtenir cette estimation en un point donné. Ce projet pourra à terme mieux informer les acteurs économiques dont certaines villes (le secteur publique commande des missions auprès d'AXA Climate) exposés à de fortes variations de l'activité cycloniques.

Projet n°3 : Analyser les évènements météorologiques composés sur la côte ouest des USA

Ce projet résulte d'une collaboration entre AXA Climate et the Society of Actuaries Research Institute (SOA) et le Catastrophe and Climat Strategic Research Program qui cherche à mieux comprendre les impacts des évènements météorologiques composés. Mon role dans ce projet est d'une part de développer une méthodologie générale qui permet de detecter, visualiser et analyser les périodes de retour des évènements composés dans les données d'observation era5 sur les 40 dernières années. D'autre part, mon travail cherche à mieux comprendre comment ces évènements sont amenés à changer, en terme de fréquence et d'intensité, en comparant différents scénarios futurs dans les modèles CMIP6. Pour mener ce travail, nous collaborons de manière hebdomadaire avec Adam Sobel, professeur à Columbia University.

Plus généralement, ce stage au sein d'AXA Climate m'a fait prendre conscience du rôle crucial des scientifiques dans la définition des sujets d'adaptation à l'échelle locale auxquels sont confrontés des acteurs économiques, souvent trop peu formés aux enjeux climatiques.

3.5) Valorisation sociétale (transfert de connaissance vers la société civile, formation, information vulgarisation)

Tableau récapitulatif

| | | |
|---|--|---|
| A | Article de vulgarisation | <i>Dynamique des nuages et des systèmes de tempêtes convectives</i> , Muller, C., Abramian S., Physics Today , mai 2023 (couverture) |
| B | Transfert de connaissance vers la société civile | Fete de la science 2021, 2022, 2023 |

Description détaillée

A. Article de vulgarisation

Dans le numéro de mai 2023 de Physics Today, nous avons décrit la formation et l'agrégation des nuages profonds dans l'atmosphère, ainsi que les avancées réalisées dans l'observation et la simulation de la dynamique des nuages et des systèmes de tempêtes convectives. Notre article a fait la couverture de ce célèbre journal. Comme rappelé dans mon résumé de thèse, en plus des cyclones tropicaux, un autre exemple de systèmes de tempêtes convectives sont les lignes de grains. Elles émergent sous la forme d'une ceinture d'orages, souvent devant un front froid, et sont organisées par des variations à grande échelle de l'atmosphère. Le processus est également auto-renforçant: les orages qui forment la ligne favorisent la formation d'orages près d'eux, ce qui fait qu'elle peut durer plusieurs jours et s'étendre sur plusieurs centaines de kilomètres. L'objectif de cet article était aussi de décrire et d'ouvrir sur les nouvelles campagnes d'observation (les campagnes récente EUREC4A, et future MAESTRO par exemple) et les simulations idéalisées qui devraient contribuer à résoudre les incertitudes dans la dynamique des nuages en identifiant mieux quels sont les processus physiques pertinents et comment l'organisation convective évoluera avec le réchauffement climatique.



Référence : *The cloud dynamics of convective storm*. Muller, C., Abramian S., *Physics Today*, May 2023.

B. Transfert de connaissance vers la société civile

Par ailleurs, lors de mes trois années de thèse je ne manquais pas le rendez-vous de la fête de la science, organisée chaque année par le département de Géoscience de l'Ecole Normale Supérieure, où des classes de lycéens nous rendaient visite. J'ai présenté un atelier qui s'intitulait 'Comment se forment les nuages' la première année, et par la suite une expérience nommée 'Tornado en laboratoire', qui permettait d'illustrer le risque d'inondation liée au passage d'une depression tropicale.

3.6) Enseignement mené pendant la thèse (si pertinent, préciser les dates, niveau, sujet, établissement, volume horaire, ...)

Tableau récapitulatif

| | | | | | |
|---|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----|
| A | TD Mécanique des fluides | Département de Géoscience de l'ENS | 1er semestre 2022 | 20h TD 5h de soutien | L3 |
| B | TD Maths appliquées | UFR Ingénierie Sorbonne université | 1er semestre 2021 et 2022 | 80h (40h/ semestre) | L2 |

Description détaillée

A. TD Mécanique des fluides

Enseignements du premier semestre de l'année 2022 (20h), au département de Géosciences de l'Ecole Normale Supérieure, chargée des travaux dirigés du cours Mécaniques des milieux continus sur la dynamique des fluides appliquée aux écoulements naturels. Mise en place de tutorat et de cours de soutien (5h) pour aider les étudiants à comprendre les concepts fondamentaux, difficiles pourtant indispensable aux futurs diplômés de science de l'environnement. Rédaction d'un corrigé complet pour ce module. Contact : François Lott.

B. TD de mathématiques appliquées

Enseignements du premier semestre de l'année 2020 et de l'année 2021 (total 80h), à l'UFR d'Ingénierie de Sorbonne Université, chargée des travaux dirigés du cours Mathématiques appliquées : Analyse vectorielle, intégrales multiples et calcul fonctionnel. Mise en place de cours de soutien et de session de révision avant le partiel. Contact : Jose Fullana.

3.7) Activité d'encadrement pédagogique menée pendant la thèse (stagiaires)

Tableau récapitulatif

| | | | | |
|---|------------------------------|-----------|--------------------|--|
| A | Co-encadrante avec C.Risi | M2 | 6 mois plein temps | Vitesse de propagation des lignes de grains |
| B | Co-encadrante avec C. Risi | L3 | 3 mois Plein temps | Classification automatiques des MCS dans les GCRMs |
| C | Co-encadrante avec C. Muller | Pré-thèse | 3 mois Mi-temps | L'influence des cyclones tropicaux sur le cycle de vies des MCSs voisins |

Description détaillée

A. Mieux décrire les vitesses de propagation des lignes de grains

Lors de ma thèse, j'ai eu la chance de co-encadrer plusieurs stages d'abord au printemps 2023, **Marin Siron, étudiant en master 2 de physique fondamentale de l'ENS Lyon**. L'objectif général de son stage était de mieux décrire les conditions d'organisation des lignes de grains, pour mieux comprendre ce qui contrôle leur vitesse de propagation. Le stage consistait à explorer les lignes de grains dans les simulations globales hautes résolution, **mon rôle a été de lui apprendre à manipuler les bases de données très lourdes; l'aider dans la lecture d'article, ainsi que suivre chaque semaine l'avancée de ses réflexions**. Plusieurs questions, dont la caractérisation physique des lignes de grains, ont été soulevées et ont mis en évidence une **dynamique commune entre les lignes de grains et l'ITCZ**.

B. Développer une méthode de classification automatique des systèmes convectifs de méso-échelle dans les simulations globales haute résolution

En parallèle, j'ai aussi co-encadré le stage de **Kenneth von Buena, en master 1 à l'université d'Heidelberg (Allemagne) et Sorbonne Université**. L'objectif de son stage était de classer de manière automatique et selon leur dynamique, les orages de méso-échelle dans les simulations globales haute résolution à l'aide d'une méthode de machine learning. **Mon rôle a été de définir le sujet, manipuler les données globales haute résolution, former à la méthode de réduction de dimension et clustering et suivre l'avancement du stage chaque semaine pendant 3 mois (mars-mai 2023)**. Ces deux stages ont été supervisés par Camille Risi.

C. Comprendre l'influence des cyclones tropicaux sur le cycle de vie des MCSs voisins

Enfin, j'ai co-encadré le stage de pré-thèse d'**Andrea Polesello à l'Institut of Science and Technology of Austria**, sous la direction de Caroline Muller. Dans ce projet, nous nous sommes intéressés aux cyclones tropicaux dans les simulations globales hautes résolutions. L'objectif général de ce projet était de comprendre l'influence d'un cyclone tropical sur la durée de vie des MCSs qui l'entourent et le succèdent. **Mon rôle a été d'aider à l'élaboration du sujet, de former l'étudiant à la manipulation des données et suivre l'avancement du stage chaque semaine pendant 3 mois (septembre-décembre 2023)**.

4 - Interdisciplinarité

Dans cette rubrique, vous préciserez les contributions majeures de votre thèse à l'interdisciplinarité des travaux de recherche dans les domaines couverts par le prix Prudhomme.

Tableau récapitulatif

| | |
|-----------------------------------|---|
| Meteorologie et Paleoclimatologie | Etude des variations de la composition isotopique de l'eau au sein de l'environnement immédiat des lignes de grains et application à la paléo-tempestologie |
|-----------------------------------|---|

Description détaillée

L'objectif général de ma thèse était de mieux comprendre les processus physiques à l'origine des propriétés des systèmes convectifs de méso-échelle pour mieux comprendre les implications en termes d'extrêmes de précipitation. Dans le dernier chapitre, je me suis intéressée à une implication supplémentaire, cette fois-ci imperceptible, qui se manifeste lors du développement et du cycle de vie des systèmes convectifs de méso-échelle. **Ces systèmes impliquent en effet une modification de la composition isotopique de l'eau au sein de leur environnement immédiat.** L'objectif principal de cette dernière investigation était de mieux comprendre et décrire les variations de la distribution isotopique au sein de la structure méso-échelle des lignes de grains. Une attention particulière est portée aux signatures isotopiques de la vapeur d'eau dans la couche sous-nuageuse et aux précipitations. L'examen des régimes climatiques historiques offre à terme une direction précieuse pour **évaluer la pertinence des mécanismes identifiés dans le contexte du changement climatique contemporain.** Il convient de noter que ce chapitre se distingue des efforts de recherche précédents, car il résulte d'un projet collaboratif auquel j'ai participé mais dont je ne suis pas première auteure. Ce projet a abouti à la publication d'un article, paru dans le *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* en 2023. Cette étude a donc contribué à l'interdisciplinarité entre la **météorologie et la paléoclimatologie, deux domaines couverts par le prix Prudhomme.**

5 - Faits marquants en termes de valorisation et d'impact depuis la première soumission au Prix

Réservé aux deuxièmes soumissions uniquement

Commenter librement ici les progrès observés ou les difficultés rencontrées depuis la soumission précédente dans la valorisation de la thèse dans tous les domaines (scientifiques, techniques, sociétaux, économiques, ...)