

Sophie Abramian
125 Cedar Street, 8N
10006 NYC, NY
+33 7 69 69 71 93
sophie.abramian@gmail.com

Comité National Français
de Géodésie et Géophysique

New-York, le 22 Octobre 2024,

Objet : Lettre de Candidature pour le prix de Geophysique 2025 de Sophie Abramian

Madame, Monsieur,

Dans cette lettre, je détaille à travers mon parcours les raisons qui m'ont conduite à présenter ma candidature pour le prix Geophysique 2025 du CNFGG, dans la **section 5: Météorologie et Physique de l'Atmosphère**.

Après deux années de classes préparatoires, j'ai intégré l'ENS Paris-Saclay en physique appliquée avec une grande composante en énergie et développement durable. Dans ce cadre, j'ai réalisé plusieurs stages de recherche: d'abord sur les propriétés des matériaux élastiques au Laboratoire de Mécanique et Technologie de l'Université Paris-Saclay qui a conduit à une publication¹, puis ensuite sur le climat urbain et la résilience des villes à l'Université de Columbia à New-York. A la suite de mon master de recherche en mécanique des fluides à l'Ecole polytechnique et Sorbonne université, j'ai rejoint le Laboratoire de Météorologie Dynamique de l'Ecole Normale Supérieure pour poursuivre une thèse de doctorat sous la direction de Caroline Muller et Camille Risi.

Mes recherches de thèse, décrites plus en détail dans le résumé en pièce jointe, portent essentiellement sur la formation, le développement et la dissipation des orages tropicaux. Elles ont conduit à la publication de plusieurs articles^{2,3,4} dont un à destination du grand public⁵. Un des projets dont je suis particulièrement fière porte sur l'étude du cycle de vie des orages de grande échelle, et cherche à comprendre ce qui détermine leur capacité à s'étendre. Avec une combinaison de modèles physique et d'intelligence artificielle, nous avons été capable de prédire l'évolution de la surface de ces systèmes à partir des toutes premières heures de leur développement. J'ai eu la chance de présenter ces résultats à la conférence GASS-CFMIP à Paris en juillet 2023 où j'ai reçu par ailleurs le prix *Early Research Career (prix jeune chercheur en science atmosphérique)*. La publication associée a été soumise et est toujours en cours de relecture des pairs.

J'ai soutenu ma thèse intitulée *Origines physiques des propriétés des systèmes convectifs* de méso-échelles et implications pour les événements à fort impact le 5 décembre 2023 au département de Géosience de l'Ecole Normale Supérieure. Le rapport de soutenance de l'ensemble du jury ainsi que les avis des rapporteurs sur le manuscrit sont en pièces jointes. Je candidate au prix Geophysique sur la recommandation de l'un des rapporteurs, Pierre Gentine, qui le mentionne à la fin de son rapport (page 3 dernier paragraphe).

En conclusion, mes travaux de thèses, par la combinaison de nouveaux outils statistiques et théoriques et leur application à des simulations inédites ont permis d'améliorer notre compréhension des systèmes convectifs de méso-échelle, responsables de la plupart des événements extrêmes dans les tropiques. Je poursuis ces efforts de recherche en postdoctorat à l'Université de Columbia à New-York depuis avril 2024.

Dans l'attente de votre réponse, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes sincères salutations,

Sophie Abramian



¹ Abramian, S., Desmorat, B., Desmorat, R., Kolev, B., Olive, M., (2020). Recovering the Normal Form and Symmetry Class of an Elasticity Tensor. *Journal of Elasticity*

² Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. (2022). Shear-Convection Interactions and Orientation of Tropical Squall Lines. *Geophysical Research Letters*.

³ Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines. *Journal of Advances in Modeling the Earth System*.

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.

⁵ Muller, C., Abramian, S. Convective Storms, Self-aggregation and Tropical Squall Lines. *Physics Today*

Sophie Abramian

☎ (+33) 07 69 69 71 93,

✉ sophie.abramian@gmail.com,

125 Cedar Street, 8N, 10006, New-York City

Education

- 2020–2023 **Ecole Normale Supérieure de Paris**, *PhD thesis untitled "Physical origins of mesoscale convective systems properties and implications for high impact events", under the supervision of Caroline Muller and Camille Risi.*
- 2020–now **Collège des Ingénieurs**, *Master of Business and Administration.*
- 2019–2020 **Ecole Polytechnique & Sorbonne Université**, *Master Degree (Research) in Fluid Dynamics, Fundamentals and Application, rank 6.*
- 2015–2020 **Ecole Normale Supérieure de Paris-Saclay**, *Bachelor and Master, Applied Physics and Engineering with honors.*
- 2015–2016 **Université Paris Diderot**, *Bachelor, Double Degree in Fundamental Mathematics, rank 1.*
- 2013–2015 **Lycée Jean-Baptiste Say**, *Preparatory class for the grandes écoles PTSI/PT*.*

Research Experience

- 2024–now **Columbia University**, *Postdoctoral Research Scientist, 3 years, Use AI and Climate science to improve our understanding of Mesoscale Convective Systems diversity.*
Advisor: **Prof. Pierre Gentine**, *Maurice Ewing and J. Lamar Worzel Professor at Columbia University*
- 2020 – 2023 **Laboratoire de Météorologie Dynamique de l'ENS Paris, France**, *Master and PhD thesis, 3 years, PhD thesis, "Physical origins of mesoscale convective systems properties and implications for high impact events".*
Advisors : **Dr. Caroline Muller**, *Chargée de recherche CNRS, Institute of Technology, Vienna, Austria*,
Dr. Camille Risi, *Directrice de recherche CNRS, Laboratoire de Météorologie Dynamique*
- 2018–2019 **Columbia University, New-York, USA**, *Research Internship, 1 year, Modeling the impact of trees on urban climate regulation.*
Advisor : **Dr. Marco Giometto**, *Assistant Professor at Columbia University*
- 2017–2018 **Laboratoire de Mécanique et Technologie de l'ENS Paris-Saclay, France**, *Research Project, 6 months, Studying of the symmetries of the Elasticity Tensor .*
Advisor : **Dr. Rodrigue Desmorat**, *Professor*
- 2017 **Institut de Mathématiques de Jussieu, IMJ-PRG**, *Research Project, 3 months, Studying Dynamical Systems, in particular rotations of homeomorphisms of the circle and the torus.*
Advisor : **Dr. Pierre-Antoine Guihéneuf**, *Assistant Professor*

Contributions in Risk and Spatial Planning (Industry and Public Sector)

- 2023–2024 **AXA Climate**, *Research Climate Scientist, Modeling Climate Risk (Tropical Cyclones, Hailstorms, Compound Events) for parametric insurance.*
Contact: **Dr. Christelle Castet**, *Head of Science ecosystem at AXA Climate*
- 2018 **Ministry of Environment, France**, *Public Policy Research Internship, Modeling the sustainability of Spatial Planning Policy, focus on Public Development Corporations (Etablissements Publics d'Aménagement).*
Advisor : **Eric Corbel**, *Head of the sustainable development unit*

Publications

In Prep.

- exp. 2024 **First Steps determine the Fate of Deep Convective Systems**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, Thoms Fiolleau, Rémy Roca, In *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*.

Published

- 2023 **Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *Journal of Advances in Modeling the Earth System*.
- 2023 **What controls the mesoscale variations in water isotopic composition within tropical cyclones and squall lines? Cloud resolving model simulations**, C Risi, C Muller, F Vimeux, PN Blossy, G Védeau, C Dufaux, S Abramian, In *Journal of Advances in Modeling the Earth System*.
- 2022 **Shear Convection Interaction and orientation of tropical squall lines**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *Geophysical Research Letter*.
- 2019 **Recovering the normal form of an elasticity tensor**, Sophie Abramian, Rodrigue Desmorat, Boris Kolev, Boris Desmorat, Marc Olive, In *Journal of Elasticity*.

Outreach

- May 2023 **The Cloud Dynamics of convective storm systems**, Caroline Muller & Sophie Abramian, In (Cover) *Physics Today*.

Conferences

- 2024 **Is the Fate of Deep Convective Systems written from the start?**, In *NASA-GISS Convection Tracking Workshop*, New-York City, NY.
- 2023 **Investigating Life Cycle of Mesoscale Convective Systems using global high resolution simulations and artificial intelligence**, In *3rd Workshop On Convective Organization*, Trieste, Italy.
- 2023 **Investigate Mesoscale Convective Systems Life cycle with Machine Learning (Awarded)**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *CFMIP-GASS*.
Paris, France
- 2023 **Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *European Geophysical Union*.
Vienna, Austria
- 2022 **Squall Lines Orientation and its Impact on Precipitation Extremes**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *3rd Pan-Gass Gewex Meeting*.
Monterey, CA
- 2022 **Shear Convection Interaction in Cloud Resolving Model**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *23rd Meeting in Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics*.
Breckenridge, CO
- 2022 **Investigating Extremes Precipitation in Tropicales Squall Lines**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *European Geophysical Union*.
Vienna, Austria
- 2022 **Investigating Extremes Precipitation in Tropicales Squall Lines**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *2nd Workshop On Convective Organization*.
Utrecht, Netherlands
- 2022 **L'orientation des lignes de grains tropicales et ses conséquences sur les extrêmes de précipitations**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *Journée de la Convection Profonde*.

- 2021 **Investigating tropical squall lines with a cloud resolving model**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *European Geophysical Union*.
- 2021 **What sets tropical squall lines orientation, and why ?**, Sophie Abramian, Caroline Muller, Camille Risi, In *Cloud FeedBack Model Intercomparison Project Virtual Meeting 2021*.

Fellowships & Awards

- 2024 Fondation des Treilles 'Young Researcher' prize.
- 2023 Early Research Career Price at CFMIP-GASS Meeting.
- 2020 PhD Fellowship *Contrat Doctoral Spécifique Normalien* 3-year funding 60k€.
- 2015 Scholarship *Normalienne* 4-year funding 50k€.

Teaching Assistantship and Supervision

- Winter, 2023 **Sorbonne University**, *1/2 Supervision*, Unsupervised Learning for tropical storms classification in global high resolution simulations, Master Intern, 3 months.
- Fall, 2022 **ENS Paris**, *Teaching*, Fluid Dynamics for undergraduate, 20h.
- 2020-2022 **Sorbonne University**, *Teaching*, Vector Analysis and Multiple Integrals for undergraduate., 80h.
- 2016 **Ecole Alsacienne**, *Teaching*, Instructor for children's science workshop (ages 8-12).

Computer skills

- Programming Python (Torch, JAX), Matlab, Fortran.
- Web HTML, CSS.
- Tools Regular and thorough use of LaTeX, and Microsoft office (Word, Excel, PowerPoint).

Commitments & Outreach

- 2023 Outreach, Scientific article for the general public, Convective storms, self-aggregation, and squall lines, Caroline Muller, Sophie Abramian, in *Physics Today*
- 2022-now Climate and Environment, Member of the working group **Climaction** to reduce carbon emissions within the laboratories of the Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)
- 2021-now Equality and Feminism, Member of the working group **Equality & Diversity** to raise awareness of gender and moral harassment within the Geoscience department of ENS Paris
- 2016 Education, Co-leader of a science club (10 hours) for children from 8 to 12 years old at the Ecole Alsacienne

Position of Responsibility

- 2023-now **Co-representative**, with Dr. Gaëlle Bruant, of Laboratoire de Météorologie Dynamique at *Conseil de la Fédération de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)*
- 2023 **Organiser** of the *PhD Student's Day of the Lab*
- 2022 **Reviewer** for *Journal of Advances in Modeling the Earth System*
- 2021-now **Representative** of PhD Students at *Board of Laboratoire de Météorologie Dynamique*

Referees

Dr. Caroline Muller

Chargée de Recherche CNRS

Physics and Atmospheric Sciences

Institute of Technology, Vienna

✉ carolinemuller123@gmail.com

Objet : Résumé des travaux de thèse pour le prix Geophysique 2025

Les orages de l'échelle de 100km, aussi appelés systèmes convectifs de méso-échelle (MCS), sont responsables de la plupart des événements extrêmes dans les tropiques, comme les fronts de rafales puissants, les pluies torrentielles, ou encore les crues soudaines. Parmi eux, on trouve les cyclones tropicaux, dont les vents en rotation sont les plus forts de notre planète. Il en existe d'autres types, comme les lignes de grains qui décrivent un alignement d'orages sur plusieurs centaines de kilomètres. Ces systèmes jouent un rôle fondamental dans le cycle de l'eau. Pourtant, leur organisation reste peu comprise et donc peu prise en compte dans les projections climatiques. Plus précisément, l'échelle caractéristique de la centaines de kilomètres des MCS est inférieure à la résolution spatiale des modèles climatiques globaux, qui traitent donc les systèmes convectifs profonds comme des phénomènes sous-maille. Leur dynamique est alors calculée à l'aide de paramétrisations, basées sur des modèles physiques simplifiés de processus non résolus. Les modèles climatiques actuels ne parviennent donc pas à anticiper la formation de ces phénomènes extrêmes et peinent à prédire leur évolution avec le réchauffement climatique. Cette barrière scientifique fait partie des grands défis énoncés par le programme mondial de recherche sur le climat: nuages, circulation et sensibilité climatique.

Dans ce contexte, mon travail de thèse a tenté de poursuivre l'objectif suivant : **clarifier les processus physiques qui sont à l'origine des propriétés des systèmes convectifs de méso-échelle, comme l'orientation ou la taille, pour mieux comprendre et anticiper les extrêmes de pluies qui leur sont associés**. Mes recherches se sont concentrées en particulier sur les lignes de grains à travers le développement de simulations numériques idéalisées et l'utilisation d'une nouvelle génération de simulations globales haute résolution.

En utilisant des simulation idéalisées, j'ai cherché à comprendre comment les lignes de grains s'organisent et pourquoi elles s'orientent en fonction des caractéristiques environnementales de grande échelle. Cette étude a permis de développer un modèle qui prédit l'orientation des lignes en fonction du vent de cisaillement de basses couche, qui joue un rôle majeur dans leur organisation¹. J'ai par la suite analyser l'impact de cette orientation sur les extrêmes de précipitation, et mis en évidence une relation d'amplification des extrêmes². Pour étendre ces résultats à des configurations plus réalistes et à une plus grande diversité de systèmes, nous nous sommes ensuite appuyés sur les toutes nouvelles générations de simulations globales haute résolution. A l'aide de modèles physiques et intelligence artificielle, nous avons montré que le degré d'organisation d'un MCS, et en particulier sa capacité à s'étendre et devenir très grand, dépend fortement de son taux de croissance initiale³. Enfin, je me suis intéressée à la paléo-tempétole isotopique, une méthode qui permet de reconstituer les fréquences passées de cyclones et lignes de grain. A l'aide de simulations idéalisées nous avons cherché à décrire les variations de la distribution isotopique au sein de la structure méso-échelle des lignes de grains; ce qui offre une direction précieuse pour replacer le but générale de cette thèse dans le contexte du changement climatique contemporain⁴.

En conclusion, en essayant de comprendre l'organisation de la convection profonde et les phénomènes météorologiques extrêmes qui lui sont associés, mes recherches participent à réduire les biais récurrents des représentations conventionnelles du système atmosphérique, et répondent au besoin urgent d'anticiper les conséquences du changement climatique.

¹ Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. (2022). Shear-Convection Interactions and Orientation of Tropical Squall Lines. *Geophysical Research Letters*.

² Abramian, S., Muller, C., & Risi, C. Extreme Precipitation in Tropical Squall Lines. *Journal of Advances in Modeling the Earth System*.

³ Abramian, S., Muller, C., Risi, C., Roca, R. & Fiolleau, T. Is the fate of Deep Convective System is written from the start ? exp. 2024.

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.

COLUMBIA UNIVERSITY

IN THE CITY OF NEW YORK

HENRY KRUMB SCHOOL OF MINES
DEPARTMENT OF EARTH AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Evaluation of Sophie Abramian's PhD thesis

The Ph.D. thesis provides a very good introduction to convection and convective systems, discussing the key role of aggregation of the different feedback that can lead to convective aggregation. Then the PhD student discusses squall lines and the interaction between wind shear and the environment, pointing to historical (1945) observations and the first theoretical model of squall lines (Rotunno et al., 1988). Then some presentation of the optimal wind speed (and shear) in cloud-resolving models is demonstrated.

The introduction then explains the key relationship between organized systems and extreme rainfall, by first defining extreme precipitations and then presenting mesoscale convective systems, and their role in extreme precipitation and the role of organization onto mesoscale convective systems. Extremes of precipitation are then shown to be related to the number of centroids in a domain and not just to the total precipitation area, emphasizing the role of organization in modulating extremes of precipitation. There is a bit of a detour on the role of machine learning to analyze data. This subsection could be better integrated with the recent introduction, maybe by stating that the datasets coming from DYAMOND and large cloud-resolving models can be very bulky and difficult to analyze. Finally, Sophie presents the role of dynamics on extremes, beyond Clausius-Clapeyron Scaling. I feel that this could be a subsection in its own right as it is very critical for the rest of the PhD thesis.

Overall, this is a good introduction that has the right appropriate details and cites the appropriate historical and recent literature. It would have been nice to have a bit more context initially, with a first section discussing the broader climate system and hydrological cycle and why convection is important.

In the second chapter, which has been published in the literature, Abramian and colleagues investigate using cloud-resolving models, the orientation of squall lines with respect to wind speed to highlight the variations of the angle of the formed squall lines with respect to the wind. They manage to highlight and validate the theory of Rotunno and the key role of cold pools on the definition of a critical wind threshold. They found very good agreement between the theory of Rotunno et al 1988, Robe and Emanuel 2001 and the numerical results. They further try to highlight the role of cold pool intensification on the squall line orientation and how this can lead to a correction term on the orientation. The analysis is sound and very clear, leading to a clear understanding of the role of cold pools in a correction of the RKW theory. I very much enjoyed the paper and since it has already been seen by multiple reviewers I don't feel that there is a need to add much to it or correct anything. I just found a few typos and missing references in the attached document.

The third chapter of the thesis is dedicated to the study of the growth of MCSs and how it relates to their life cycle. The paper is in preparation. The main focus is to relate the first hours of the evolution of the convective system to its maximum area (which is linked to precipitation). The authors found that there is a strong predictive relationship between the initial stage to the final area. The authors start from a theoretical growth equation inspired by Elsaesser et al. 2022. As large MCS have a strong impact on precipitation intensity and extremes, the authors make the hypothesis that early growth could be an excellent mechanism to predict the maximum area of the MCS. To do so the authors used global cloud-resolving model simulations (DYAMOND) to highlight this process. The first challenge they managed to solve is to track the storms as they travel during the analysis time. To do so they use the TOOCAN algorithm, which employs a Lagrangian tracking algorithm. They focus on the tropical MCS with 30 degrees of latitude. They then use machine learning models (regression tree – random forest, neural networks and in comparison to LASSO) to predict the maximum size. This is a good strategy when physical understanding can be challenging. The authors could have given more details on the hyperparameters and training of those algorithms. They find very high predictive score (R^2) using only the first few hours of the system. The three models have similar performance showing that the process is quasi-linear. They could demonstrate that adding more input features to the initial growth improves but does not dramatically impact the prediction, thus building confidence in the capacity of the initial stage (within 1.5 hours) to be a good predictor of the rest of the day. Overall, I found this paper to be well-written. Some additional clarifications on the details of the machine learning fits should be provided as much as possible. I spotted a few small issues in terms of Figure reference in particular.

In the second part of the thesis, Sophie Abramian tries to use to evaluate the implications of her findings on extreme precipitation. In Chapter 4, she focuses on the impact of shear on extreme precipitation in squall lines. This paper was published in JAMES in 2023. The authors focus on the role of shear on extreme rainfall rates and try to dive into the physical mechanisms explaining the findings. They used idealized simulations from cloud-resolving models with various background wind levels. They then compare the intensity of precipitation to the model of Muller and Takayabu 2020, also used by Singh and O’Gorman 2014 to investigate rainfall extremes and the role of dynamics vs thermodynamics. This decomposition indicates that in all simulations, the dominant contribution to changes in extreme precipitation is the dynamic contribution. They then went further by decomposing the dynamics in terms of the role vertical updraft speed and how it relates to changes in cloud base velocity and CAPE and demonstrating the dominant roles of the cloud-base velocity. They note though that this effect saturates in the super-optimal wind background regime, explaining the rainfall peak at critical wind speed.

The last paper was led by Camille Risi and it is a bit more difficult for this reviewer to assess the exact contribution of the Ph.D. student. In addition, the paper has already been published so I abstained from judging it again here.

The conclusion is well-written and provides some interesting ideas for future work including the role of synoptic versus population of cold pools on mesoscale convective systems.

Overall this is an excellent thesis focusing on the understanding of mesoscale convective systems and squall lines in particular, using a combination of modern tools (high-resolution simulations and machine learning) in combination with theory to gain a deep understanding of the physical processes at play. If the thesis is eligible for an award, I would recommend it to such an award given the quality of the science, the clarity of the explanation and the new understanding gained by this thesis.

Sincerely yours,
Pierre Gentine
Maurice Ewing and J. Lamar Worzel Professor
Director LEAP NSF STC
Department of Earth and Environmental Engineering
Columbia University



Rapport sur le mémoire de thèse de Sophie ABRAMIAN intitulé
« *Physical origins of the properties of mesoscale convective systems and implications for high impact events* »

Les systèmes convectifs de méso-échelle (MCS) sont des acteurs essentiels du cycle de l'eau terrestre du fait de leur contribution majoritaire à la précipitation tropicale moyenne et dominante aux pluies extrêmes. Mieux comprendre les processus physiques à l'origine de l'organisation des MCS est indispensable pour anticiper leur impact précipitant dans le climat actuel en forte évolution et détecter leur signature isotopique dans le climat passé. Dans son manuscrit, Sophie ABRAMIAN expose son intérêt sur les MCS. Cela la conduit à analyser, d'une part, des simulations idéalisées de MCS, et d'autre part, une simulation réaliste de milliers de MCS grâce à une combinaison inédite d'un algorithme de suivi des MCS et de méthodes d'apprentissage automatique.

Le manuscrit écrit principalement en anglais est composé d'un résumé étendu, d'une introduction, d'une conclusion et de quatre chapitres de résultats, chacun sous la forme d'un article dans une revue scientifique internationale à comité de lecture, trois étant publiés et un en préparation (dont trois pour lesquels Sophie ABRAMIAN est première auteur) et une section de l'introduction constitue un article de vulgarisation publié dans *Physics Today* (pour lequel Sophie ABRAMIAN est seconde auteur). Les chapitres (la conclusion exceptée) sont précédés d'un résumé en français et en anglais, ce qui facilite grandement la lecture de ce manuscrit riche et compact. Tous les chapitres sont très bien écrits et structurés, les démarches, générale et spécifiques, clairement présentées et les résultats discutés de manière approfondie et très bien valorisés. Si le choix de la forme directe et l'utilisation changeante entre pronom personnel singulier et pronom personnel pluriel peuvent dérouter ça ou là le lecteur sur l'identité de l'auteur de la thèse, il ne fait aucun doute que Sophie ABRAMIAN est l'auteur d'un manuscrit de thèse brillant et la première auteur de trois articles d'une excellente qualité scientifique.

Le *chapitre 1* présente d'abord des généralités sur la convection profonde et introduit le concept d'auto-agrégation et les processus physiques conduisant à son organisation en MCS. Il décrit ensuite la relation entre précipitations extrêmes et organisation. Le chapitre présente enfin les outils numériques et théoriques utilisés dans la thèse, à savoir modèle résolvant les nuages, intelligence artificielle et relation d'échelle de Clausius-Clapeyron pour les précipitations extrêmes. Une présentation de l'algorithme TOOCAN de suivi des MCS utilisé au chapitre 3 aurait été bienvenue tandis que celle des indices d'organisation non utilisés dans la thèse aurait pu être oubliée. Le chapitre se termine en énonçant les objectifs traités dans les chapitres de résultats de la thèse.

Le *chapitre 2* étudie l'origine de l'orientation des lignes de grain en fonction d'un cisaillement de vent uniforme horizontalement dans le premier kilomètre de l'atmosphère. L'étude a été publiée dans *Geophysical Research Letters* en janvier 2022. Elle montre clairement l'occurrence de deux régimes d'orientation de la ligne de grain en fonction de la vitesse du vent. En deçà d'une valeur de vent critique, la ligne de grain est perpendiculaire au vent. Au-delà de cette valeur critique, la ligne de grain pivote de façon à ce que la composante du vent orthogonale à la ligne égale la valeur critique. C'est un résultat remarquable qui apporte une contribution quantitative à la théorie des lignes de grain. On se demande alors le devenir de ce résultat dans un cadre plus réaliste, par exemple en présence de force de Coriolis ou avec des flux de surface pour lesquels le vent moyen n'a pas été soustrait. Dans un cadre plus réaliste encore, Sophie ABRAMIAN détaille ainsi dans la conclusion de sa thèse des résultats intermédiaires d'analyse de l'orientation des poches froides d'une simulation d'un mois de l'atmosphère globale à résolution de moins de 5 km.

Le *chapitre 3* présente un modèle prédictif du cycle de vie des MCS sous la forme d'un article en préparation pour *AGU Advances*. Sophie ABRAMIAN dérive ce modèle après avoir analysé avec trois algorithmes d'apprentissage automatique 35 000 cycles de vie de MCS issus d'une simulation d'un mois de l'atmosphère globale à résolution de moins de 5 km. Cette étude très originale montre que la connaissance du taux de croissance des deux premières heures du MCS permet de prédire sa taille maximum avec une bonne précision. Cette prédiction est améliorée par la connaissance de l'environnement du MCS et diminuée si le taux de croissance n'est connu que la première heure. Le poids des variables internes et externes est discuté montrant l'importance des deux. Ces résultats très prometteurs ouvrent des questions méthodologiques, comme le choix de la variable prédite, ici la surface maximale du MCS, ou encore la sélection des MCS dans l'échantillonnage étudié. Dans la conclusion de sa thèse, Sophie ABRAMIAN propose des pistes voisines sur l'application de la méthode à des observations et la caractérisation des MCS non prévisibles.

Le *chapitre 4* traite de l'impact du cisaillement de vent sur les précipitations extrêmes. Ce chapitre a été publié au *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* en octobre 2023. Il reprend le cadre des simulations idéalisées employées au chapitre 2 et leur séparation en deux régimes suivant la valeur de vent critique, ce qui fait du chapitre 4 une suite directe du chapitre 2. Sophie ABRAMIAN montre que les extrêmes de précipitation (définis comme le 99,9ème centile) sont plus intenses de 40 % en régime critique et de 30 % en régime sur-critique qu'en régime sans cisaillement. A l'aide d'hypothèses d'échelle et d'ergodicité, elle explique ensuite cette intensité accrue en extrême de précipitation principalement par la réduction de la dilution de l'ascendance convective avec l'air environnant et l'augmentation de la vitesse verticale à la base du nuage. Dans la conclusion de sa thèse, Sophie ABRAMIAN propose bien naturellement de tester si ses résultats seraient reproduits dans le cadre plus réaliste de la simulation de l'atmosphère globale

Le *chapitre 5* traite de la distribution des isotopologues de l'eau dans le MCS idéalisé. Il constitue la contribution de Sophie ABRAMIAN à une étude plus étendue publiée au *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* en avril 2023 pour laquelle Sophie ABRAMIAN est dernière auteur. Cette contribution mineure fait que le terme « isotope » est oublié du titre de la thèse ! Elle montre néanmoins que le MCS idéalisé reproduit l'appauvrissement isotopique observé dans les lignes de grain, cet appauvrissement étant attribuable aux échanges diffusifs entre pluie et vapeur d'eau.

La conclusion résume les résultats principaux et dresse des perspectives offertes pour chacun des chapitres ainsi qu'à plus long terme, une étude de la variabilité des MCS suivant leur environnement qui s'apparente à un véritable programme de recherche.

Dans l'ensemble, le mémoire de thèse de Sophie ABRAMIAN est un travail remarquable par la qualité scientifique des résultats obtenus et impressionnant par la variété des outils employés et leur combinaison originale. En conclusion, je donne mon plein accord pour la soutenance de la thèse de Sophie ABRAMIAN à l'université Paris-Saclay PSL.

Toulouse, le 6 novembre 2023



Jean-Pierre CHABOUREAU
Physicien à l'observatoire Midi-Pyrénées
Université Paul-Sabatier Toulouse III

LAERO, 14 avenue Belin, 31400 Toulouse

Nom et prénom du doctorant : ABRAMIAN Sophie

Date de la soutenance : 5 décembre 2023

Président du Jury : SPEICH Sabrina

Prénom et Nom	Signature	Prénom et Nom	Signature
Caroline MULLER		Pierre GENTINE	
Jean-Pierre CHABOUREAU		Camille RISI	
Sandrine BONY		Rémy ROCA	
Jan HAERTER		Sabrina SPEICH	



On December 5, Mrs Sophie Abramian successfully defended her thesis entitled "Physical origins of the properties of mesoscale convective systems and implications for high impact events".

Sophie Abramian presented the results of her research with an exceptional pedagogical oral presentation. She explained the numerous scientific results obtained during her thesis in a very clear and adapted way. The diagrams and figures presented to illustrate these results enabled the jury to appreciate the quality and quantity of the work carried out. Sophie Abramian's work represents a substantial contribution to our understanding of complex mesoscale convective systems and how their impact on extreme precipitation can change when environmental conditions change.

The jury recognized the broad range of approaches, diagnostic tools, and novel methodologies employed by Sophie Abramian' to analyse state-of-the-art numerical simulations. The jury also praised the detailed physical analysis and the variety of approaches and methodologies developed or improved by Sophie Abramian during her thesis. Most of the analyses have already been published in high-impact scientific journals, with Sophie Abramian as the first author of three out of five publications.

During the discussion with the jury, Sophie Abramian demonstrated her ability to answer questions on all aspects of the thesis. In particular, she showed a great mastery of the large body of literature as well as on the methodologies developed as well as of the many different physical processes studied. In addition, she proposed innovative approaches to better identify and quantify the physical processes associated with mesoscale convective systems, demonstrating their potential applicability to the broader scientific topic.

In conclusion, the jury unanimously agreed that both the presentation and the ensuing debate were of excellent quality. This defense highlighted Sophie Abramian's ability to conduct research at a high level and demonstrated her exceptional pedagogical skills. For these achievements, the jury unanimously decided to award Sophie Abramian the title of Doctor of the University *Paris Sciences Lettres* in Sciences of Climate, Atmosphere, Ocean of the Earth and other Planets, and congratulates her on her remarkable accomplishments.

