



Apport des sciences physiques et chimiques et de la recherche fondamentale dans l'enseignement de la transition écologique

Alain Miffre (MdC HDR, Lyon 1), Patrick Rairoux (Pr, Lyon 1)

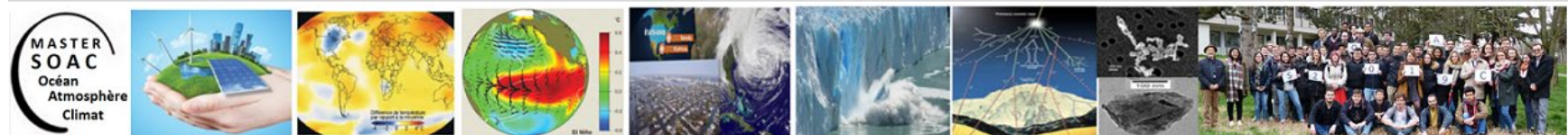
master-soac@univ-lyon1.fr



Université Claude Bernard Lyon 1



Université Claude Bernard Lyon 1



Master Sciences de l'Océan, de l'Atmosphère et du Climat (SOAC), Lyon

Who is talking ?



Dr. Alain MIFFRE

MdC HDR au Département de Physique de l'Université de Lyon.

Responsable de l'équipe de recherche AtmOS (Atmosphère, Optique, Spectroscopies) de l'iLM.

Correspondant Lyon 1 pour l'Alliance Européenne Arqus, Climate Change and Sustainable Development

Responsable année M1 du Master Sciences des Océans, de l'Atmosphère et du Climat (SOAC).



Prof. Patrick RAIROUX

Professeur au Département de Physique, Université Lyon 1, Institut Lumière Matière.

Responsable mention de Master Sciences des Océans, de l'Atmosphère et du Climat

Responsable scientifique mission MERLIN (méthane).

Master des Sciences de l'Océan, de l'Atmosphère et du Climat (SOAC, 80 étudiants /an) :

Master de la Faculté des Sciences de Lyon 1, porté par le Département de Physique,
en co-accréditation avec le Département de Chimie et l'Ecole d'Ingénieurs Centrale Lyon.

<http://master-soac.univ-lyon1.fr>



département
Physique

Université Claude Bernard Lyon 1



département
Chimie

Université Claude Bernard Lyon 1



M1 SOAC : A. Miffre (iLM, Dpt Physique)

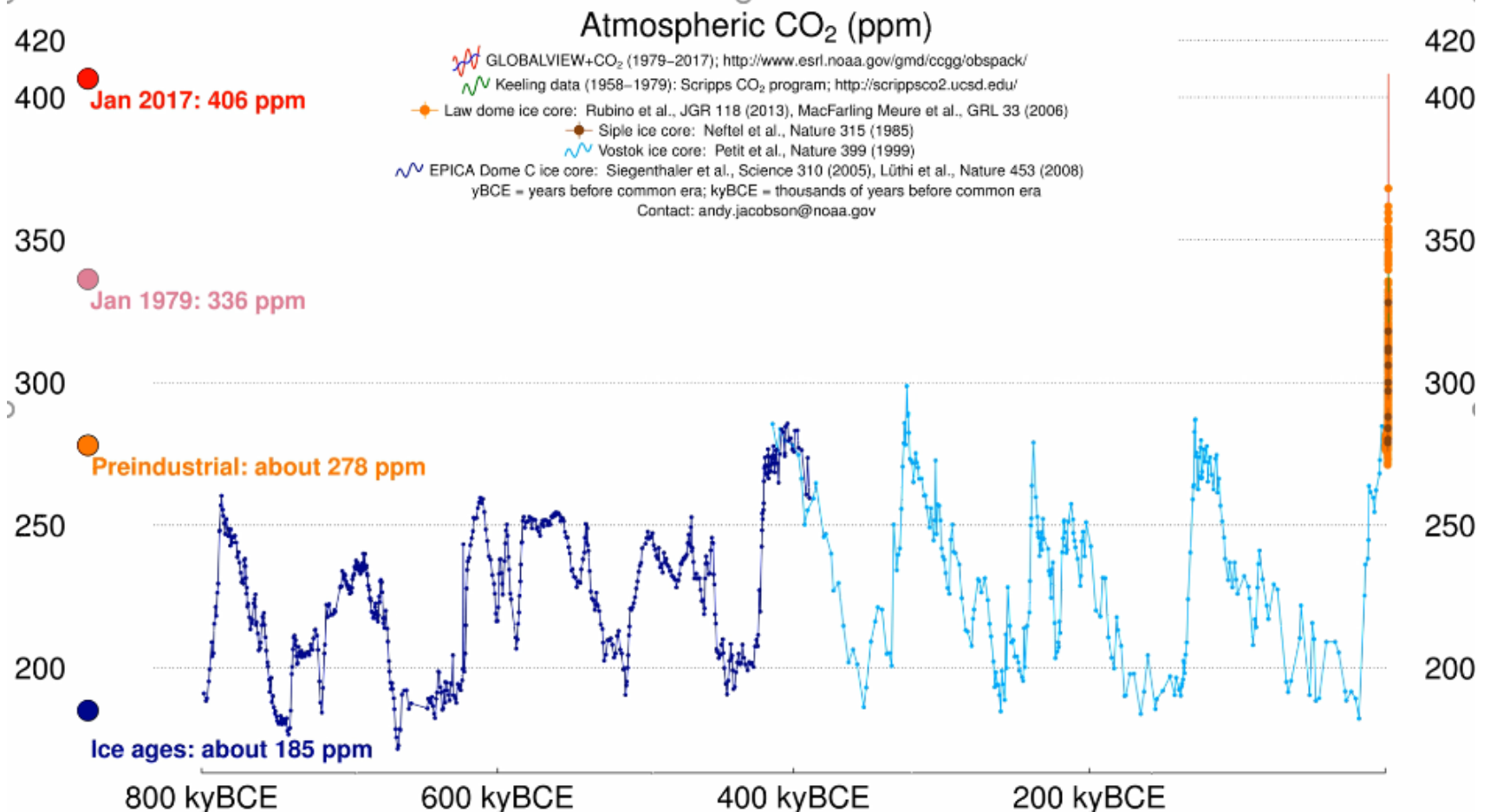
M2 Ocean sciences : B. Issenmann (iLM, Dpt Physique), E. Louarn (IRCELYON, Dpt Chimie)

M2 Atmospheric sciences : B. Andrioletti (IRCELYON, Pr, Dpt de Chimie), F. Chirot (iLM, Dpt Physique)

M2 Climat : P. Rairoux (iLM, Pr, Dpt Physique), R. Perkins (LMFA, Pr, Ecole Centrale Lyon).

Comment enseigner la TEDS ?

En analysant les données existantes.



Il existe ainsi énormément de données utiles pour la recherche,
à partir desquelles on peut vulgariser.

Comment enseigner la TEDS ?

En analysant les données existantes.

GLOBALVIEW+ Acknowledgments

Project Leaders

Ken Schuldt
(kenneth.schuldt@noaa.gov) and
John Mund (john.mund@noaa.gov)



Ingrid T. van der Laan-Luijckx
(ingrid.vanderlaan@wur.nl)



AUSTRALIA

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Oceans
& Atmosphere Flagship - GASLAB (CSIRO) [Lab # 2]



BRAZIL

Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN) [Lab # 26]



CANADA

Environment Canada (EC) [Lab # 6]



FINLAND

Finnish Meteorological Institute (FMI) [Lab # 30]



University of Helsinki (UHELS) [Lab # 421]



FRANCE

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement -
UMR8212 CEA-CNRS-UVSQ (LSCE) [Lab # 11]



GERMANY

University of Heidelberg, Institut fuer Umweltphysik (UHEI-IUP) [Lab # 22]



Umweltbundesamt, Station Schaulinsland (UBA-SCHAU) [Lab # 107]



Hohenpeissenberg Meteorological Observatory (HPB) [Lab # 425]

HUNGARY

Hungarian Meteorological Service (HMS) [Lab # 35]



ITALY

Ricerca sul Sistema Energetico (RSE) [Lab # 21]



JAPAN

Center for Atmospheric and Oceanic Studies, Tohoku University (TU)
[Lab # 8]



Meteorological Research Institute (MRI) [Lab # 10]



Il existe ainsi énormément de données utiles pour la recherche,
à partir desquelles on peut vulgariser.

Aspect historique

1986 : Accident à la centrale nucléaire de Tchernobyl : morts, maladies, atteintes à la faune, la flore.

1990 : IPCC premier rapport : réchauffement lié à l'augmentation du CO₂ et des autres GES.

Formation de 25 ans d'existence, post-Tchernobyl :

2000 -> 2005 : DESS Gratien, M2 Professionnel, 15 étudiants / an.

2005 -> 2010 : M2 Caractérisation et Gestion de l'Atmosphère, 15 à 20 étudiants / an.

2011 -> 2015 : M2 Environnement, Atmosphère et Radioprotection, spécialité M2 du Master de Physique, 25 étud/ an.

Encouragements et parrainage de Jean Jouzel pour transformer une formation de Physique, à l'époque suffisante, en une formation pluridisciplinaire : Physique, Chimie, Ingénierie.

2016 -> ... : Master (M1, M2) Sciences de l'Océan, de l'Atmosphère et du Climat, mention nationale, 80 étudiants / an.

Alumni réseau d'anciens étudiants et de partenaires :

> 400 étudiants, > 400 entreprises, laboratoires.

Les anciens étudiants proposent des stages et des offres d'emplois aux nouveaux étudiants.

-> Les catastrophes nucléaires (ex : Tchernobyl 1986, Fukushima 2011) ont un tel impact qu'elles provoquent des décisions politiques.

Le dérèglement climatique, c'est plus diffus et sur le long terme, et donc difficile à transmettre.



Comment aborde –t-on l’enseignement de la TEDS ?

Auditoire : Etudiants entrants à BAC + 4: responsabilité environnementale et civique déjà affirmée.
Etudiants climato-confiants, choix. Merci aux enseignants des écoles primaires, collèges, lycée, licence.

Objectifs : En Master, on forme à des métiers, pour apporter des solutions concrètes à la TEDS par *la recherche et par l’ingénierie*.

Contenus pluridisciplinaires, voire transdisciplinaires
(et nous sommes, et resterons, physiciens...).



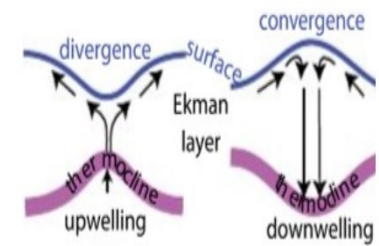
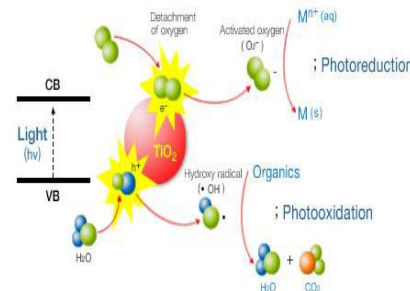
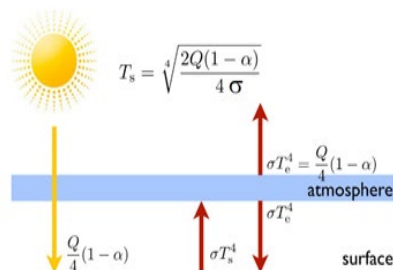
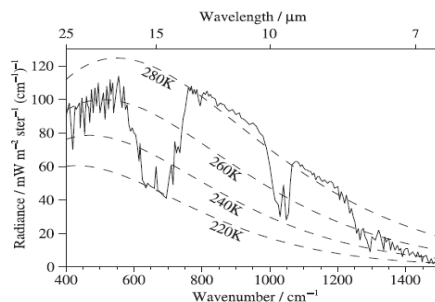
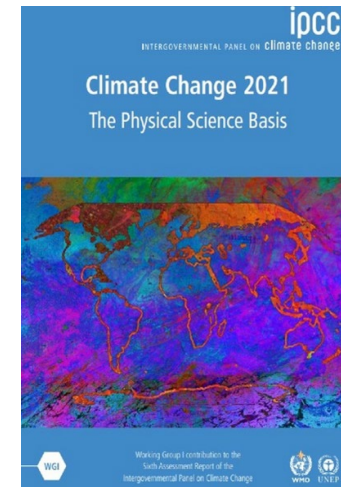
Physique : notion de température, aspects radiatifs Terre-Soleil.

Chimie : essentielle aussi, sans pollution, pas de problème de climat.

Ingénierie: mécanique des fluides, circulation dans l’atmosphère.

Mathématiques : Formalisme mathématique associé.

Biochimie : notamment pour les aspects de biodiversité.



Exemples concrets de réalisations étudiants : Master Project (M1 : 4 mois, M2 : 6 mois)

Projet POLAR-ICES - Conception et étude d'un système pour le suivi du refroidissement de surfaces de feuilles végétales par polarimétrie

Lucas Michaud-Chevalier, Benoit Boussand, Robin Guitaut, Ciel Munoz

Tuteur : Pr. Patrick Rairoux

Master SOAC M2, Université Lyon 1 Claude Bernard, Ecole centrale de Lyon, Départements de Physique et de Chimie, Institut Lumière Matière

2024/09 - 2025/03

Abstract. La caractérisation des comportements des surfaces aux températures extrêmes est devenue une nécessité face au dérèglement climatique. En effet, les projections climatiques issues des rapports du GIEC (IPCC, 2023) indiquent une intensification des événements extrêmes ainsi qu'une précocité des températures provoquant, dans le cas des végétaux, l'avancée de la phénologie printanière (Lamichane, 2021). Lorsque des températures glaciales affectent des espèces sensibles au froid, elles peuvent altérer leur structure cellulaire, réduisant notamment la teneur en chlorophylle des feuilles et la photosynthèse (Wang et al., 2016). Cette diminution de l'activité photosynthétique peut à terme entraîner la mort de la plante (Wang et al., 2016).

Sur la base des travaux de L.A. Bousquets (Bousquets, 2007) nous avons réalisé un système expérimental complet pour l'étude de la variation structurales des feuilles par polarimétrie optique nommé POLAR-ICES (Polarimetric Observation of Light Angular Refraction from Ice Crystal Expansion on Surfaces). Ce système a été réalisé dans le cadre d'un projet d'étude au sein du Master SOAC (Sciences de l'Océan de l'Atmosphère et du Climat), Université

Lyon 1 Claude Bernard. Il a demandé environ 200 heures de travail dans un délai de 5 mois comprenant la conception et la réalisation technologique du système, la mise en œuvre de mesures et leurs analyses.

L'expérimentation a démontré la polyvalence du système conçu grâce à une forte adaptabilité des matériaux ainsi qu'à la possibilité d'ajout grâce à l'impression 3D. Les premières mesures ont permis de montrer une probable dépendance entre le refroidissement de surfaces végétales et une hausse de l'intensité lumineuse, révélant la variation de la structure en surface. Les expériences ont surtout montré la grande difficulté de mise en œuvre d'expérience de mesures de longue durée incluant la baisse en température d'un volume précis ainsi que la grande influence des effets de surface.

In fine, nous avons pu observer de manière très précise par l'analyse polarimétrique l'évolution des surfaces des feuilles en fonction des conditions thermodynamiques (température, humidité). On relève notamment une variation importante du signal autour de -13°C qui s'apparente à un changement d'état ou de structure de la surface d'intérêt.

Mots clés : Dérèglement climatique, Températures extrêmes, Comportement des surfaces, Polarimétrie optique, Refroidissement des surfaces végétales

Projet de Master M2 : Etude des changements de phase à l'interface eau froide salée – eau douce.

Auteurs : Soizic Baraer, Faustine Hebrard, Clément Ly, Sam Chester, Florian Attias.

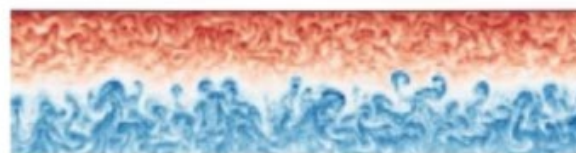
Tuteur universitaire : Dr. Louis-Alexandre Coustou.

Résumé

Cette étude explore la dynamique du changement de phase à l'interface entre une couche de saumure et une couche d'eau douce peu salée. Une approche combinant expérimentation et modélisation numérique a été employée afin d'analyser les transferts de chaleur et de masse dans ces milieux. Le dispositif expérimental a permis d'observer l'évolution de la glace et des fluides à des températures très basses, tandis que les simulations numériques, basées sur l'outil Dedalus, ont permis de modéliser les instabilités thermiques et halines via les équations de Rayleigh-Bénard adaptées aux conditions expérimentales.

Les résultats montrent une stratification stable entre les couches fluide-fluide, ainsi que des échanges thermiques influençant la forte et la cristallisation de la glace. L'absence de nucléation visible de cristaux de glace à l'interface suggère que les conditions expérimentales n'étaient pas suffisamment propices à ce phénomène, probablement en raison d'échanges de chaleur avec l'environnement ambiant et une concentration en sel trop grande pour permettre l'apparition de glace. La modélisation numérique met en évidence les limitations des modèles d'équations d'état classiques dans la description des très basses salinités et souligne l'importance des interactions thermohalines sur la dynamique des interfaces.

Ces travaux tentent de contribuer à une meilleure compréhension des processus de cristallisation dans les environnements océaniques stratifiés, avec des implications pour l'étude des régions polaires et les modèles climatiques.



TEDS et activité de recherche

Prix Nobel de Physique 2021



© Nobel Prize Outreach. Photo: Risdan Photography
Syukuro Manabe
Prize share: 1/4



© Nobel Prize Outreach. Photo: Bernhard Ludwig
Klaus Hasselmann
Prize share: 1/4

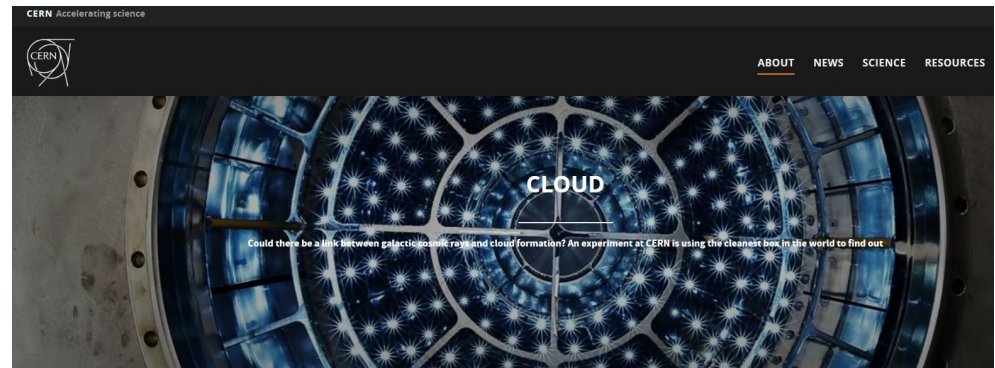


© Nobel Prize Outreach. Photo: Laura Sbaroti
Giorgio Parisi
Prize share: 1/2

The Nobel Prize in Physics 2021 was awarded "for groundbreaking contributions to our understanding of complex systems" with one half jointly to Syukuro Manabe and Klaus Hasselmann "for the physical modelling of Earth's climate, quantifying variability and reliably predicting global warming" and the other half to Giorgio Parisi "for the discovery of the interplay of disorder and fluctuations in physical systems from atomic to planetary scales."

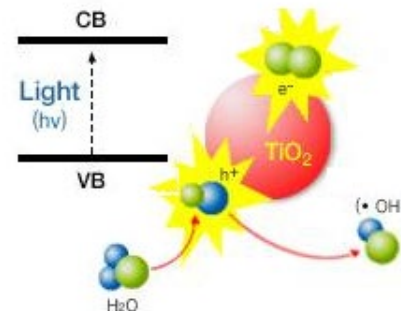
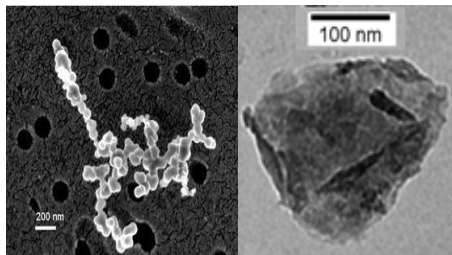
Expérience Cloud (CERN, Genève) : Science, Nature, ...

<https://home.cern/science/experiments/cloud>



The Cosmics Leaving Outdoor Droplets (CLOUD) experiment uses a special cloud chamber to study the possible link between galactic cosmic rays and cloud formation. Based at the Proton Synchrotron (PS) at CERN, this is the first time a high-energy physics accelerator has been used to study atmospheric and climate science. The results should contribute much to our fundamental understanding of aerosols and clouds, and their affect on climate.

Contribution des aérosols au climat ? Processus de photochimie ?



A gauche : Images par microscopie électronique de **suies (climate warming)**, de particules **minérales (climate cooling)**.
A droite : Réaction photochimique dans l'atmosphère. Importance du radical OH.

Suivi de cycles de séminaires, aspect international

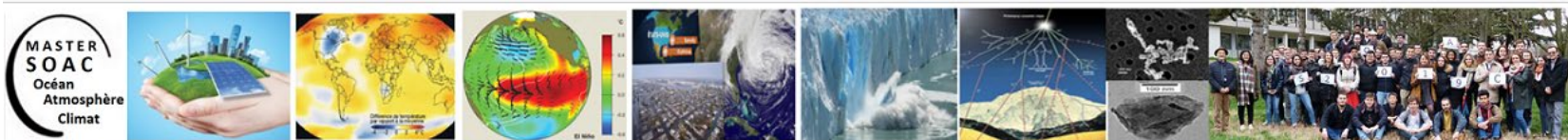
First edition in Fall 2024



01/10	Prof. Patrick Rairoux, Lyon 1 (France) The MERLIN satellite mission on Methane, a french-german cooperation for the Earth's climate	19/11	Prof. Francesco Pagliacci, Padua (Italy) Climate change and agri-food Geographical Indications
15/10	Dr. Paloma Cariñanos Gonzalez, Granada (Spain) Climate change and urban vegetation through pollen emissions	03/12	Dr. Justas Kažys, Vilnius (Lithuania) Importance of climate change adaptation
05/11	Dr. Agata Dorotkiewicz-Jach, Wrocław (Poland) AntiMicrobial Resistance (AMR) in the Changing Climate	10/12	Dr. Steffen Birk, Graz (Austria) Groundwater in climate change
12/11	Dr. Hernâni Gerós, Minho (Portugal) Climate Change: Threats to Global Agriculture	17/12	Dr. Mateusz Strzelecki, Wrocław (Poland) Arctic Regions under Warming climate

Second edition in Fall 2025

Invitation à suivre le cycle 2025 (webinars).



Les métiers après un Master en lien avec la TEDS



1. Chercheur (Thèse, 70 %) en laboratoire, en secteur public ou privé,

Recherche fondamentale, observation, modélisation du climat, de l'atmosphère et des océans
Etude des causes, conséquences et solutions pour les milieux, l'environnement et la société, civile et économique.

- a) Laboratoires académiques Université-CNRS-INSU: iLM, IRCELYON, LMFA, LSCE, LATMOS, LMD, ... (20 %)
- b) Institutions : CNES, CEA, IRSN, Météo-France, INERIS, IFSTTAR, ESA, MPI, NASA,... (50 %)
- c) Industries (thèses Cifre, 30 %).

2. Ingénieur d'étude (30 %), de projet en entreprise (PME, grands groupes) au titre de (même fonction/salaire)

Domaine de la qualité de l'air, climat, énergie. Gestion des infrastructures et du littoral,
Bureaux d'études en environnement, Consulting en risques climatiques, starts-ups

- a) Ingénieur d'Etude (IE)
- b) Ingénieur de projets (IP).



Conclusion and take-home message

1. **Apport décisif des sciences fondamentales dans l'enseignement de la TEDS** : compréhension de ce système, qui est complexe, via une approche pluri- voire trans-disciplinaire.
2. Cette connaissance générale **ne doit pas** faire oublier qu'il existe une **activité de recherche fondamentale et appliquée, très intense dans le domaine de la TEDS**. On prépare les étudiants de Master à contribuer à cette activité de recherche. Cela est bon pour les étudiants et pour la planète.
3. **La TEDS s'adresse à tous** : il n'y a pas de planète B, donc il faut un schéma commun. Etudiants bien sûr, mais aussi, (surtout ?) : politiques, médecins, sociologues, collègues... !
4. **Il faut du temps** pour former le plus grand nombre à ces questions, environ 1 à 2 générations. C'est pour cela qu'il faut **former maintenant**. **On ne peut pas** réellement **se former à ces questions** sans **passer par une formation de 2 ou 3 ans**. **Spécialistes, niveau Master, PhD**.



On a besoin de figures inspirantes :
Qui seront les Haroun Tazieff et Hubert Reeves
pour le climat ?



Merci pour votre attention.

Alain Miffre (MdC HDR, Lyon 1),
Patrick Rairoux (Pr, Lyon 1)

master-soac@univ-lyon1.fr

<http://master-soac.univ-lyon1.fr>

