

Bilan des activités DRONE au CNRM de 2012 à 2015



Greg Roberts (CNRM/GMEI/MNPCA)
Frédéric Burnet (CNRM/GMEI/MNPCA)
Sébastien Barrau (CNRM/GMEI)

Les projets

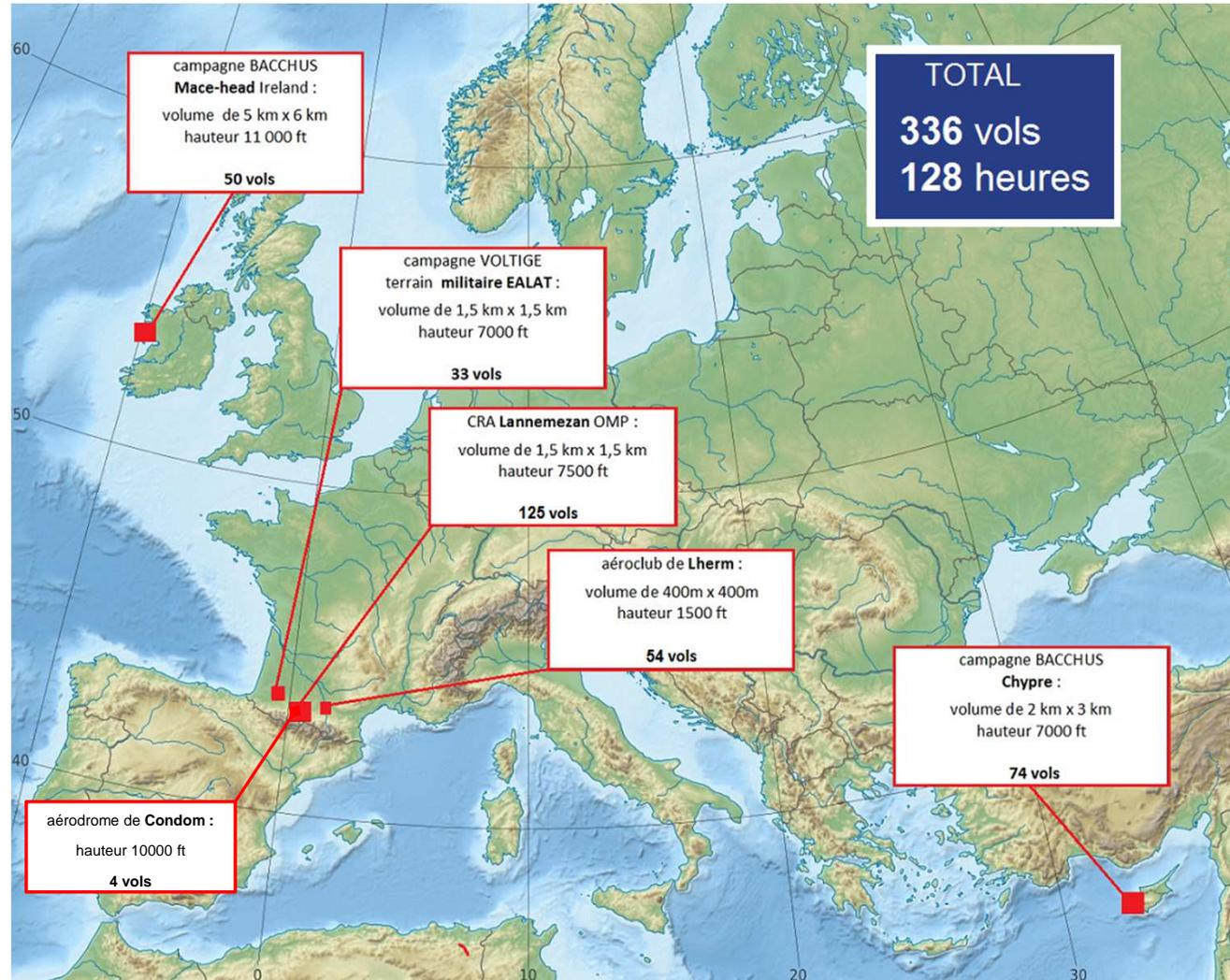
- ▶ **VOLTIGE** (ANR) 2013-2015
Vecteurs d'**O**bservation de **L**a **T**roposphère pour l'**I**nvestigation et la **G**estion de l'**E**nvironnement
=> observation multi-drone du brouillard
- ▶ **BACCHUS** (FP7) 2013-2017
Impact of **B**iogenic versus **A**nthropogenic emissions on **C**louds and **C**limate: towards a **H**olistic **U**nder**S**tanding
=> rôle des aérosols dans le dans le changement climatique.
- ▶ **SkyScanner** (RTRA-STAE) 2014 – 2017
=> stratégie d'utilisation d'une flotte de drones pour étudier l'entraînement-mélange dans les Cu
- ▶ **STRAP** (ANR) 2014 – 2017
Synergie **T**ransdisciplinaire pour **R**épondre aux **A**léas liés aux **P**anaches volcaniques
=> composition gazeuse et aérosols des panaches volcaniques
- ▶ **BACC+** (Météo-France) 2015 – 2016
BASSE **C**ouche **C**ampagne pour les études à fines échelles
=> phase pilote à un programme d'observation opérationnel
- ▶ **MIRIAD** (FEDER Région Midi-Pyrénées) 2015-2018
système de **M**esures sc**I**entifiques de flux de su**R**face en m**I**lieu m**A**ritime embarqué sur **D**rone
=> vols endurants (10h) pour mesures de flux au dessus de la mer

Les ressources financières et humaines

projet	financement	budget CNRM	budget total	collaboration	Personnel Permanent	Personnel non Permanent	Stagiaires
VOLTIGE		117 000 €	260 000 €	ENAC, ENM			
BACCHUS		340 000 €	8 747 000 €	ETH Zurich ETHZ PI, NUIG Ireland, Cyprus Institute CYI	Greg ROBERTS Frederic MURGUET Grégoire CAYEZ (20%) Sébastien BARRAU (20%) Jean-Michel ETCHEBERRY (20%)	CR1 TS IT IT TS	Sylvain DANESIN (L pro 5 mois) Damien SERCA (TSE ENM 4 mois) Floïan ITARD (TSE ENM 1 mois) Jean-Phil. DRALET (IENM 5mois)
SkyScanner		96 000 €	594 000 €	LAAS, ISAE, ENAC, ONERA	Brigitte GAILLARD (10%) Stephan DEFOY (10%) Frédéric BURNET (10%)	IT IT TS IT IT	Audrey HYGONNET (IUT 3 mois) Thomas MARIN (IUT 4 mois) Cédric CLEREMBAULT (TSI 1 mois) Yann NAVARRO (IUT 3 mois) Mathieu BESSON (IUT 3 mois) Marius ALBRAND (SupAéro 6 mois) Vincent BRUNAUD (École polytechn. 2 mois)
STRAP		9 000 k€	399 000	OSU-R PI, OPGC, IPGP, OMP		Kévin SANCHEZ (IR) Sen SAVAS (IR) Faycal LAMRAOUI (Post-doc)	18 mois 6 mois 18 mois
BACC+		20 000 €	20 000 €	EALAT amée de terre			Joël-Henri MANNEVILLE (IUT 1 mois) Samuel LAUDA (M2 6 mois) Gaëlle RIGOUDY (IENM 5mois)
MIRAD		240 000 €	340 000 €	LA, société AJS			
TOTAL		813 000 €	10 360 000 €		3 ETP	3 ETP (sur 3 ans)	1,5 ETP (sur 3 ans)

surigné CNRM porteur

Bilan des vols depuis 2012

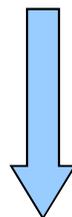


Les drones

Drone ultra léger

(poids 1 kg / Charge utile **200g**)

Motorisation électrique
endurance 40 mn
Altitude max 2,5 km
vitesse 40 km/h



PTU

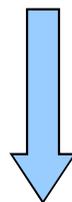
Capteurs

- pression , température , humidité,
- rayonnement
- sonde de turbulence (vent 3D)
- détecteur de nuage
- caméra

Drone ultra léger

(poids 2 kg / Charge utile **600g**)

Motorisation électrique
endurance 2h
Altitude max 4 km
vitesse 60 km/h



aerosol inlet



optical particle counter

+

- compteur de particules (taille et distribution)

Drone à moyen rayon d'action

(poids 25 kg / Charge utile **5 kg**)

Motorisation thermique
endurance 10h /1000km
Altitude max 5 km
vitesses 60-130km/h



mCCN counter

+

- compteur de particules plus évolués (concentration et granulométrie)
- humidité rapide
- compteur de noyaux de condensation nuageuse
- capteur infrarouge pour mesurer la température de surface marine

L'instrumentation

Les instruments sont allégés, miniaturisés et adaptés (énergie/acquisition...) pour pouvoir être intégrés dans les drones



Particle size & number (580 g)



Cloud-forming aerosol (1.9 kg)



Analyseur de fumée noire (200 g)



Temperature & relative humidity (50 g)



Sonde turbulence (100 g)



aerosol inlet (150 g)



PPZ auto pilote



Sun energy: visible (45 g)



Carte d'acquisition



Caméra HD (50 g)

Objectif : développer un nouvel outils pour observer simultanément la couche limite terrestre, les propriétés microphysiques des nuages et le bilan radiatif.



Le drone est du type modélisme ultra-léger, construit d'un polystyrène et équipé d'un système de navigation automatique (Paparazzi développé par l'ENAC).

- Il pèse moins de 1 kg et porte une charge utile de 200g (PTU, rayonnement solaire \uparrow & \downarrow large bande, caméra, sonde turbulence, capteur nuage / détection des gouttelettes).

- Alimenté par des batteries, autonomie de ~40 minutes. Plafond ~2 km.

- Bilan :

forte expérience acquise aux côtés de l'ENAC : ~100 vols VOLTIGE instrumentés dans l'espace civil (jusqu'à 2000m d'altitude) avec des mesures de rayonnement, température, humidité, vent, détection nuages

Vols en conditions difficiles (vent, pluie, neige, nappes de brouillard)

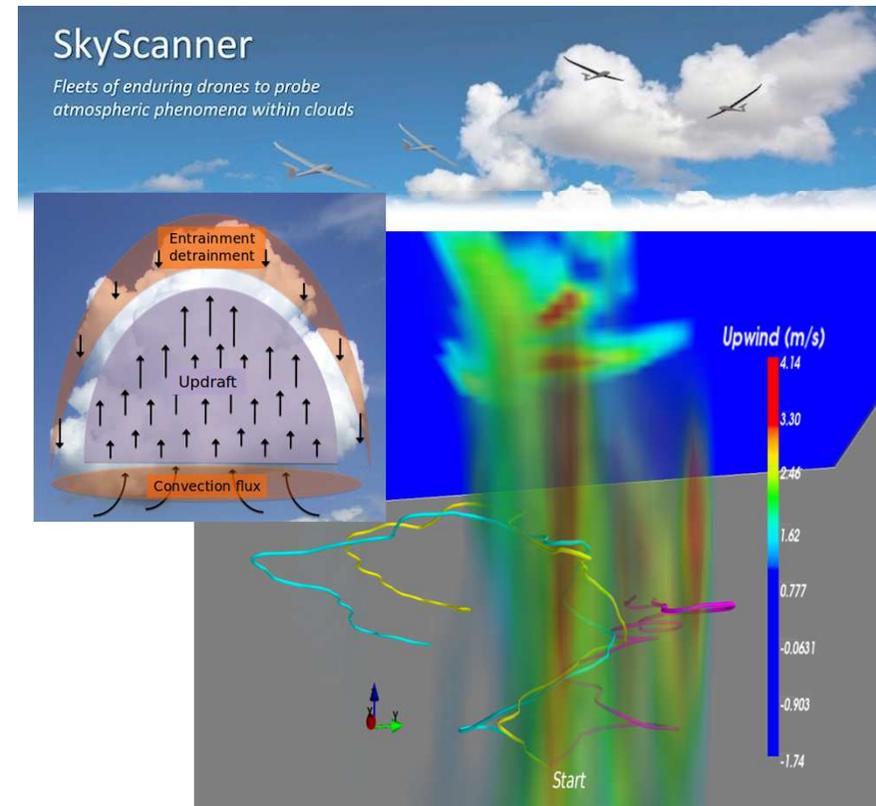
Implication des étudiants en stages au CNRM et formation initiale à l'ENM

Campagne finale en décembre 2015 au CRA de Lannemezan avec pour la première fois vols simultanés et intelligents de quatre unités.

Objectif : développer une flotte de drone pour améliorer la compréhension fine des mécanismes physiques se produisant au sein des nuages.

Trois axes de recherches

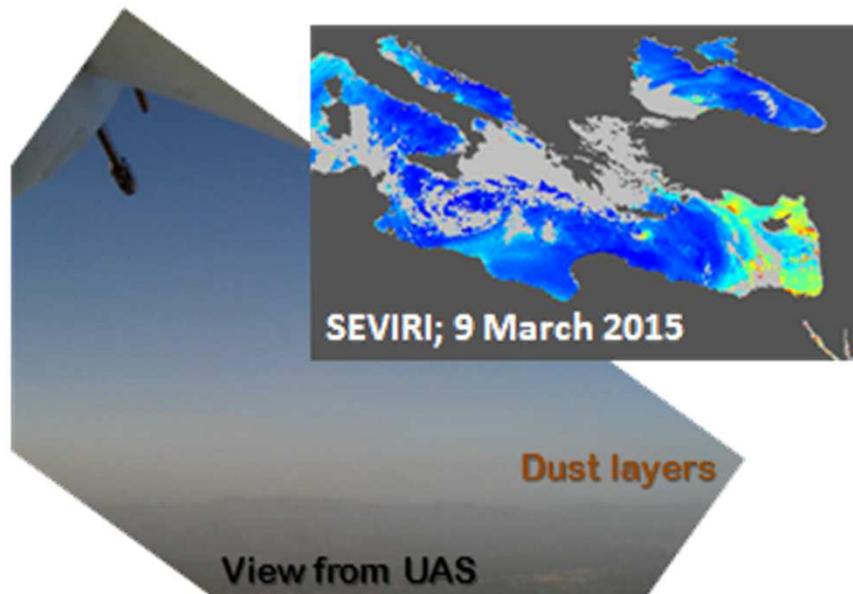
- **Meilleure caractérisation de la structure atmosphérique :** Comment mieux modéliser les phénomènes microphysiques au sein des nuages ? (entraînement, déclenchement des précipitations)
- **Conception et commande de mini-drone endurant :** Comment optimiser la conception globale d'un micro-drone ? (incluant contraintes sur la charge utile, la manœuvrabilité, l'endurance et la contrôlabilité)
- **Pilotage de la flotte :** Comment assurer le pilotage de la flotte pour optimiser l'acquisition de données ?



<https://www.laas.fr/projects/skyscanner/>

Objectif : étudier le rôle des aérosols dans le changement climatique.

Des mesures par drones (PTU, aérosols, turbulence, rayonnement, carbone suie, extinction de nuage, charge) sont effectués (Chypre, mars 2014 / Mace-Head, Ireland, août 2015) en complément des mesures au sol et à chaque passage du satellite défilant Suomi NPP.



- Drone plus évolué construit par l'ENAC (modèle X6, charge utile 600g) permettant l'emport de compteur de particules. Autonomie 90 minutes; plafond: ~3.5 km
- Prise en main du pilotage par le CNRM et perfectionnement (décollage par rampe de lancement et bungee-élastique, atterrissage dans filet déployé sur mat télescopique)
- À suivre :
 - exploitation des données et publications par doctorants (Radiance Calmer et Kévin Sanchez)
 - dernières campagnes de mesures : Barbade, août 2016; Océan Austral, hiver 2016/2017.

- **suivi saisonnière de développement de la couche limite afin de mieux prévoir la dissipation du brouillard; phase pilote à un programme d'observation opérationnel**

Objectif : réaliser de façon régulière des profils verticaux (0 à 500m) des paramètres (P T U), de façon automatisée (un seul agent) avec des mini-drones.

- Nous pourrons ainsi évaluer la capacité du dispositif dans des conditions proches de l'opérationnel (mise en œuvre et fiabilité) et démontrer la capacité des drones à être utilisés en conditions opérationnelles
- Les vols seront effectués avec le soutien de Stephan Defoy (DIRSO) sur les hélistations de l'armée de terre (EALAT-DAX), avec laquelle une convention a été signée.



- Mesure des flux au dessus de la mer (< 10 m) par drone endurance (10h) :

Le drone est un modèle Boréal (AJS) avec une charge utile de 5kg et une autonomie de 10 heures. (livré fin 2015)

La société AJS intégrera un radar altimétrique (pour pouvoir effectuer des vols rasants) et opérera le drone



Le GAME et le LA intégreront l'instrumentation scientifique (capteurs rapides de vent 3D, température et humidité et compteurs de particules) et d'exploiteront les données des campagnes de mesures pour améliorer notre connaissance des flux énergétiques et d'aérosols au dessus de la mer et à terme les modèles climatiques.

Il est prévu de restituer les deux drones à SAFIRE à la fin du projet.

Communications / publications

- juin 2013 [article](#) INPT
« Des drones ultra légers pour observer l'atmosphère »
- février 2015: reportage sur le météo.fr rubrique actualités
« des mini-drones instrumentés pour la recherche en météorologie »
- Février 2015 [article](#) La dépêche
« Des drones pour pister et capter les aérosols »
- mars 2015 [article](#) dans le journal du CNRS
« Les drones, nouveaux outils de la recherche »
- Mars 2015 article Météo et Climat n°47 :
« Des avions de recherche ultra-légers et sans pilote pour la recherche atmosphérique : une application civile de la technologie des drones »
- Novembre 2015 [Actu](#) sur le météo.fr et cnrs.fr
« Innovation : des drones pour mieux connaître l'atmosphère »
- Ouverture de la première zone d'expérimentation drone longue élancement dans le Médoc pour les tests MIRIAD (sites [aerobuzz](#) / [decryptageo](#) / [edubourse](#) ...)
- sites web : voltige, bacchus
- conférences (AGU, EGU, ISARRA)
- implication des élèves techniciens et ingénieurs de l'ENM au travers de projets, TD ou de stages de fin d'études



à venir

- Analyse et exploitation des données des campagnes BACCHUS :

thèses de R. Calmer et K. Sanchez « interactions aérosol-nuage ». Exploitation des données des campagnes Chypre et Mace Head puis publications.

- Campagnes de mesures en 2016

BACCHUS : réalisation de la 3ème campagne à la Barbade en août 2016

MIRIAD : charge utile en 2016, premier vols test en 2017 dans le Médoc (Montalivet 33)

BACC+ : profils dans les Landes (tous les deux semaines et dans les cas de brouillard)

STRAP : campagne Stromboli ou Etna en été 2016.

- Conférence internationale [ISARRA](#)

(International Society for Atmospheric Research using Remotely piloted Aircraft)

du 23 au 25 Mai 2016 au CIC Toulouse précédée d'une campagne scientifique au CRA Lannemezan du 17 au 20 Mai.