



Rôle de la variabilité long terme sur les processus court terme : signatures isotopiques des précipitations et conditions atmosphériques

Justine Ringard¹, Christelle Marlin², Florence Habets³, Marjolaine Chiriaco¹, Sophie Bastin¹, Aurélie Noret², Elisabeth Gibert²

Stage de M1 : Quentin Dorizon

¹ LATMOS/IPSL

² GEOPS/IPSL

³ Laboratoire de géologie/ENS

Variabilité climatique observée en IDF depuis 1979

Recent trends in climate variability at the local scale using 40 years of observations: the case of the Paris region of France

Ringard J., Chiriaco M., Bastin S., Habets F.

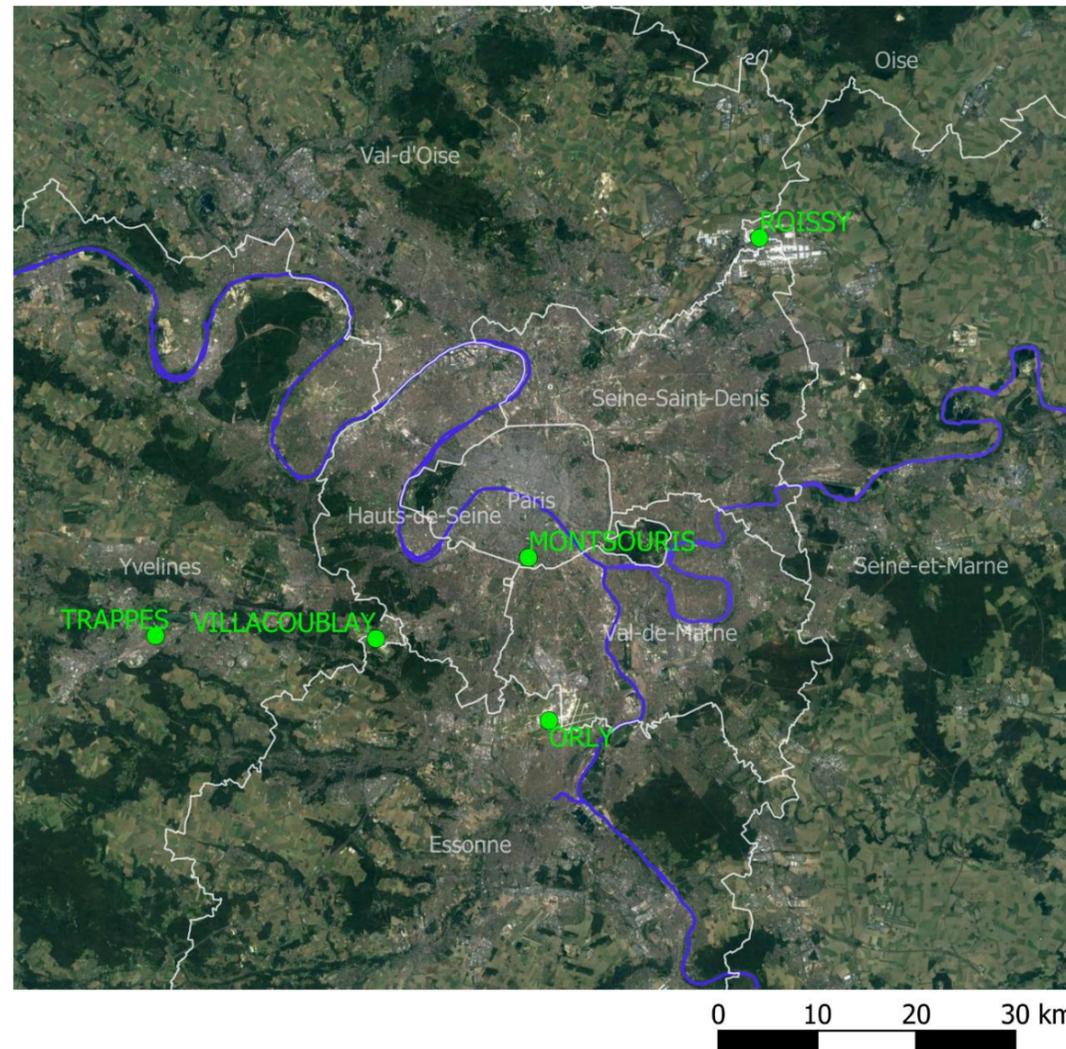
Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, European Geosciences Union, 2019, pp.(Under Review). [10.5194/acp-2019-109](https://doi.org/10.5194/acp-2019-109) - [insu-02095902](https://doi.org/10.5194/insu-02095902)



Tendances saisonnières

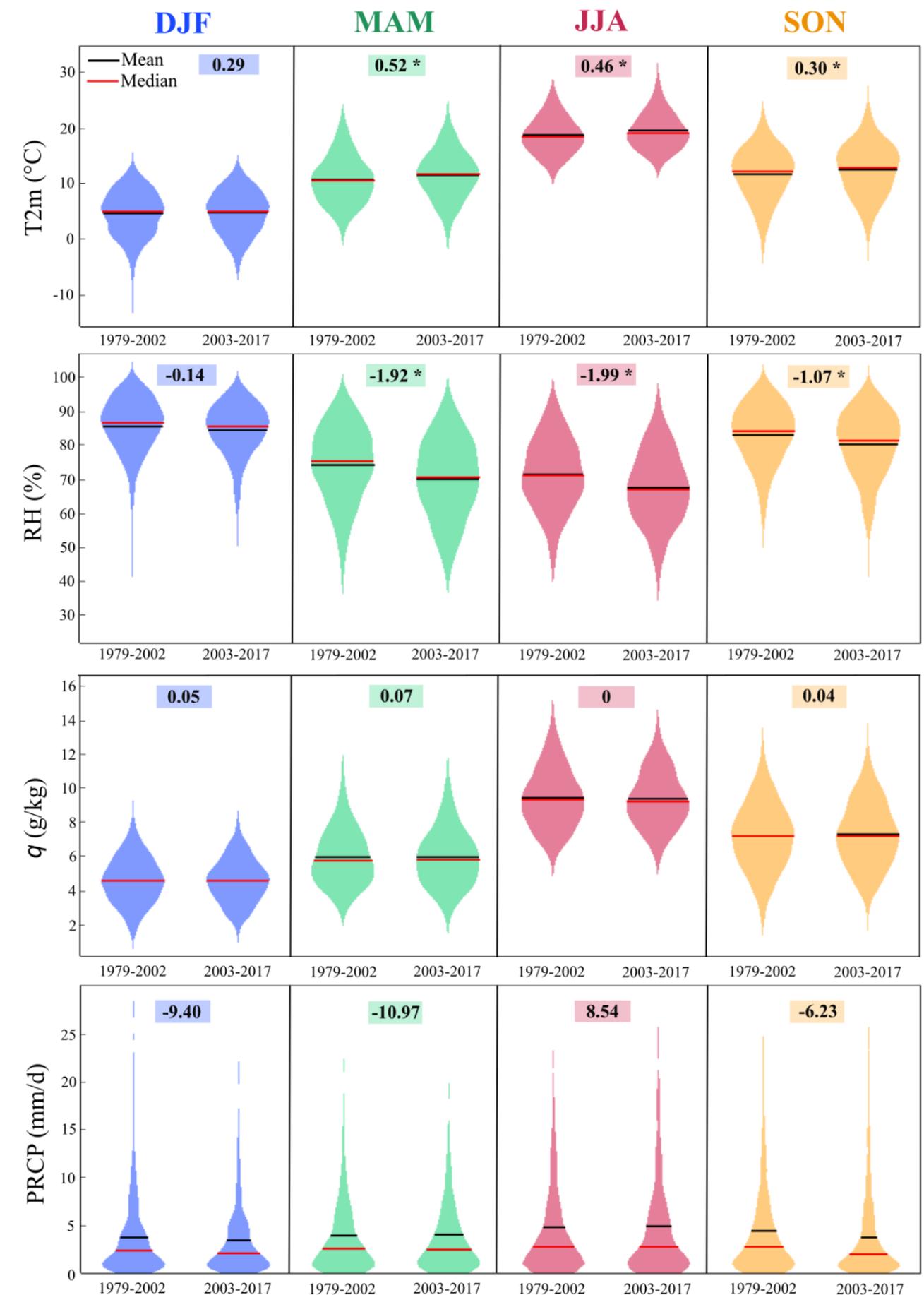
Données:

- Observations Météo France long terme
- Données journalières
- 1979-2017



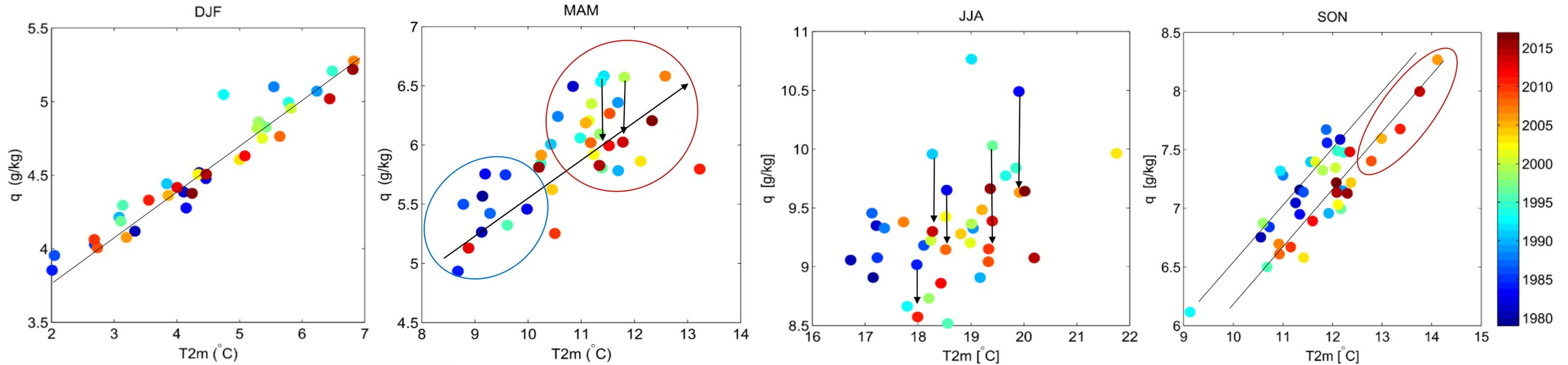
Ces 40 dernières années, on observe, en Ile de France:

- une forte augmentation des températures
- une diminution significative de l'humidité relative
- une humidité spécifique constante
- une diminution des précipitations exceptée en été (mais non significatif)



Tendances saisonnières

Clausius Clapeyron: plus l'air est chaud et plus il peut contenir d'eau



On observe un changement dans les processus de surface ...

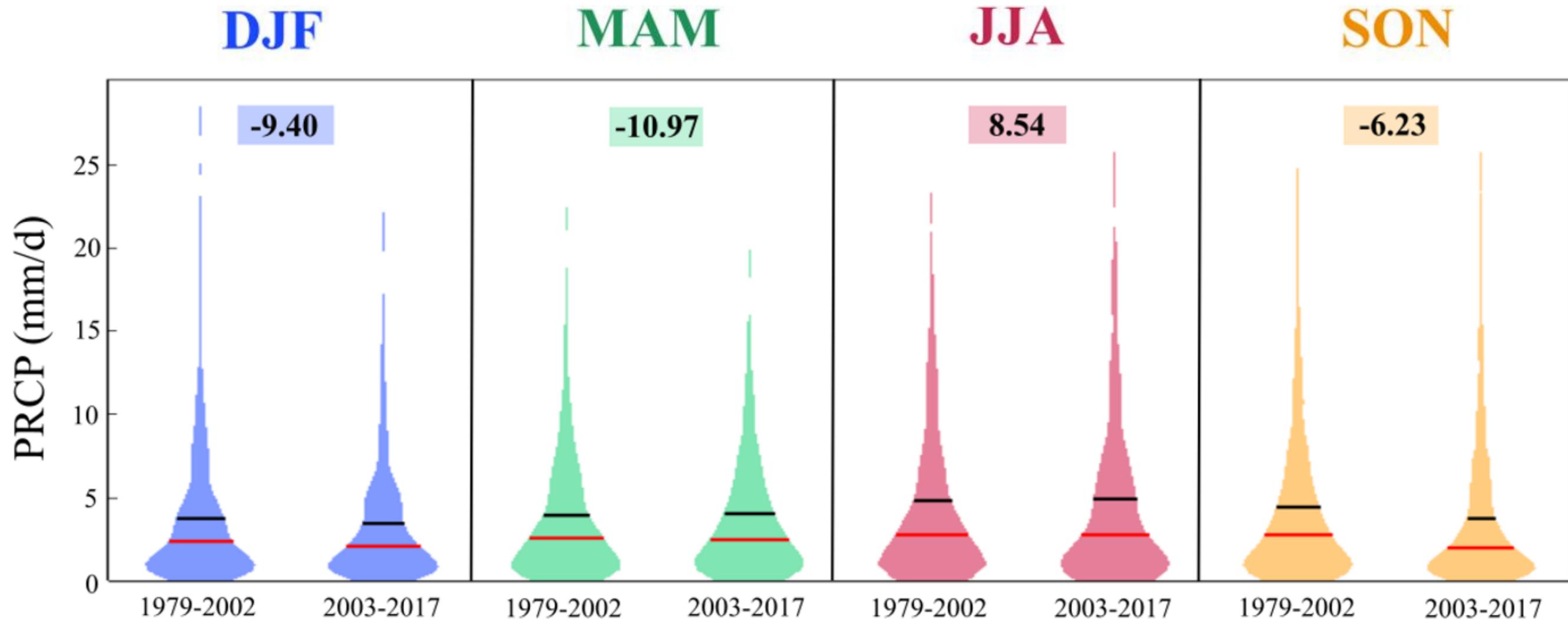
→ Assèchement de surface

→ L'augmentation de la capacité de rétention d'eau de l'atmosphère ($\nearrow T^{\circ}$) ne s'accompagne pas d'une augmentation de l'humidité de surface (q) entraînant une diminution de l'humidité relative de surface (RH)

... qui peuvent impacter les précipitations



Tendances saisonnières – zoom sur les précipitations



Pas de changements significatifs mais un changement dans les distributions



Questions

- Comment expliquer les changements de distributions des précipitations à l'aide des isotopes ? Est-ce lié à un recyclage local de l'évaporation c'est-à-dire un recyclage de l'humidité par évaporation des eaux de surface, rechargeant la masse d'air au cours de son transport.
- Peut-on le quantifier ce recyclage et observons-nous une tendance de ce recyclage lié au changement des conditions climatiques ?



Projet IPSL VACIP
(**V**ariabilité **C**limatique et **I**sotopes des **P**récipitations en Ile de France)



La variabilité spatiale et temporelle de la composition isotopique est fonction :

- des trajectoires des masses d'air
- des températures
- des quantités de précipitations
- des conditions d'humidité relative de l'air dans lesquelles les précipitations se forment



Jeux de données



Jeux de données

❖ Chronique isotopes du GEOPS

Données bimensuelles

$\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations

2004-auj

Orsay

❖ Variables MTO au SIRTA (ReOBS)

Données horaires

Données de surface (2m ou 10m)

2003-auj

Palaiseau

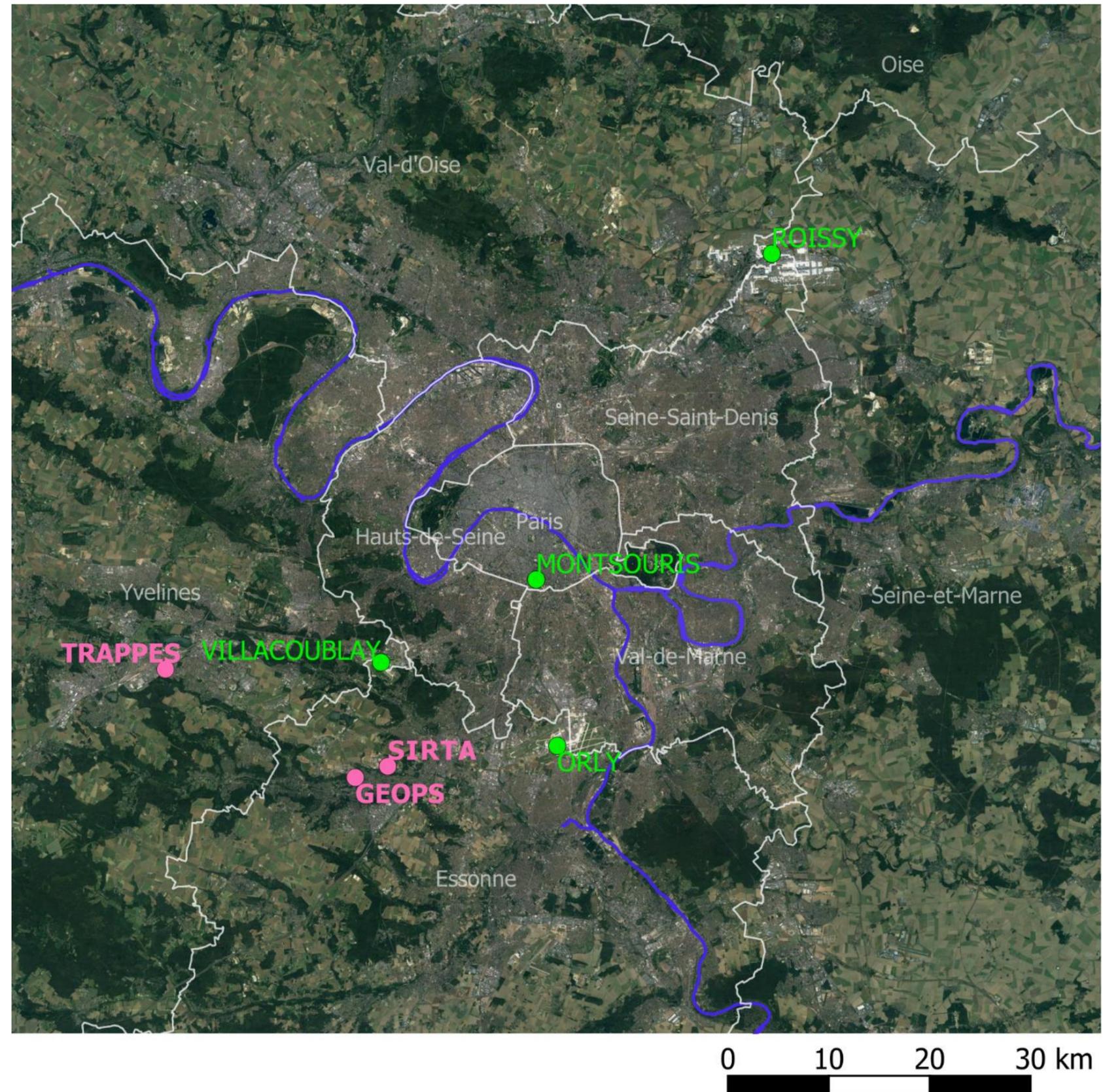
❖ Radiosondages Météo-France (ReOBS)

Données bi journalières (~11h & 23h)

Profils verticaux (15 à 15000 m)

2003-auj

Trappes



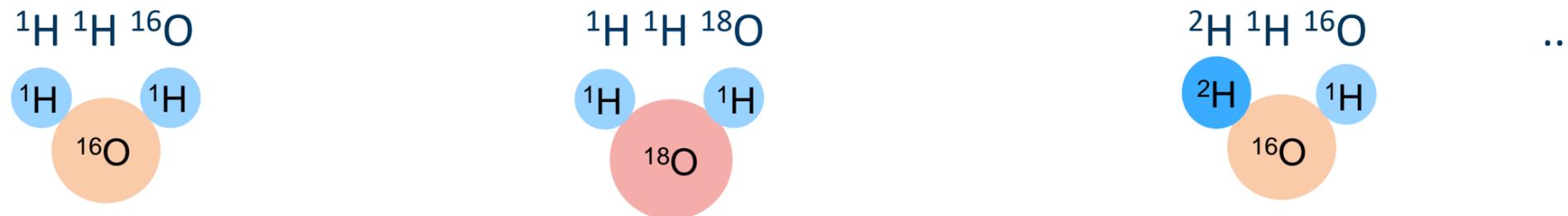
Rappel sur les isotopes



Les isotopes stables de l'eau

Isotopes : atomes ayant un nombre de neutrons différent $^1\text{H} \rightarrow ^2\text{H}; ^{16}\text{O} \rightarrow ^{18}\text{O}$ $^2\text{H} = \text{D}$

L'eau est composé en majorité de molécules de H_2^{16}O mais contient aussi quelques molécules plus lourdes comme H_2^{17}O , H_2^{18}O ou encore HDO qu'on appelle isotopologues.



La proportion relative de ces différentes molécules s'appelle la composition (ou teneur) isotopique δ :

$$\text{Rapport isotopique} = \frac{\text{Nb atomes isotopes lourds (rares)}}{\text{Nb atomes isotopes légers (abondants)}}$$

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{échantillon}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{référence (SMOW*)}}} - 1 \right) * 1000$$

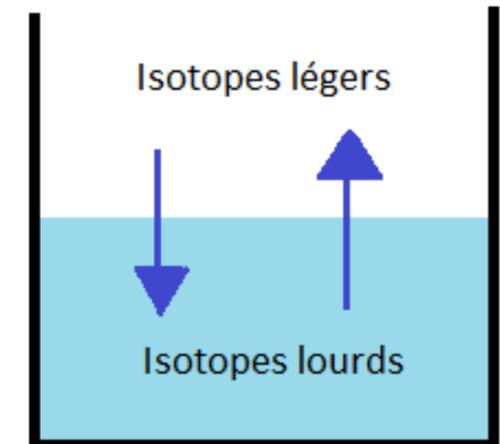
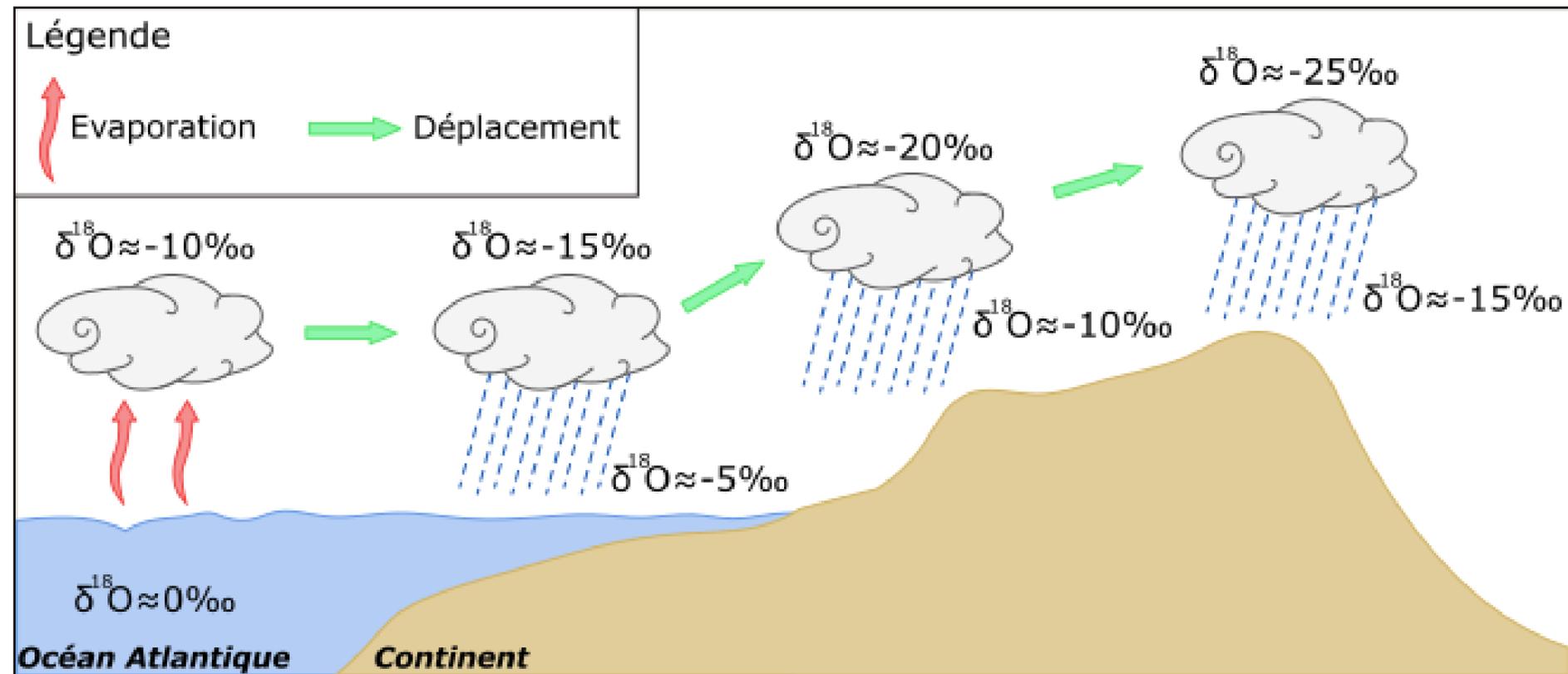
La composition isotopique (δ) correspond aux déviations par rapport à une valeur standard

- Une eau enrichie possède une plus grande concentration en isotopes lourds
- Une eau appauvrie possède une concentration en isotopes lourds plus faible



Fractionnements et variations des rapports isotopiques

Les compositions isotopiques sont modifiées, lors des changements d'état de l'eau, par des fractionnements.



Facteurs influençant la composition isotopique des précipitations:

- **Continentalité:** appauvrissement à l'éloignement à la mer
- **Altitude:** appauvrissement avec l'altitude
- **Latitude:** appauvrissement avec la latitude (éloignement à l'équateur)
- **Effet de masse:** appauvrissement des pluies avec la vidange du réservoir de vapeur initial



Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$

Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$ des précipitations mondiales = Droite des eaux météoriques (Global Meteoric Water Line)

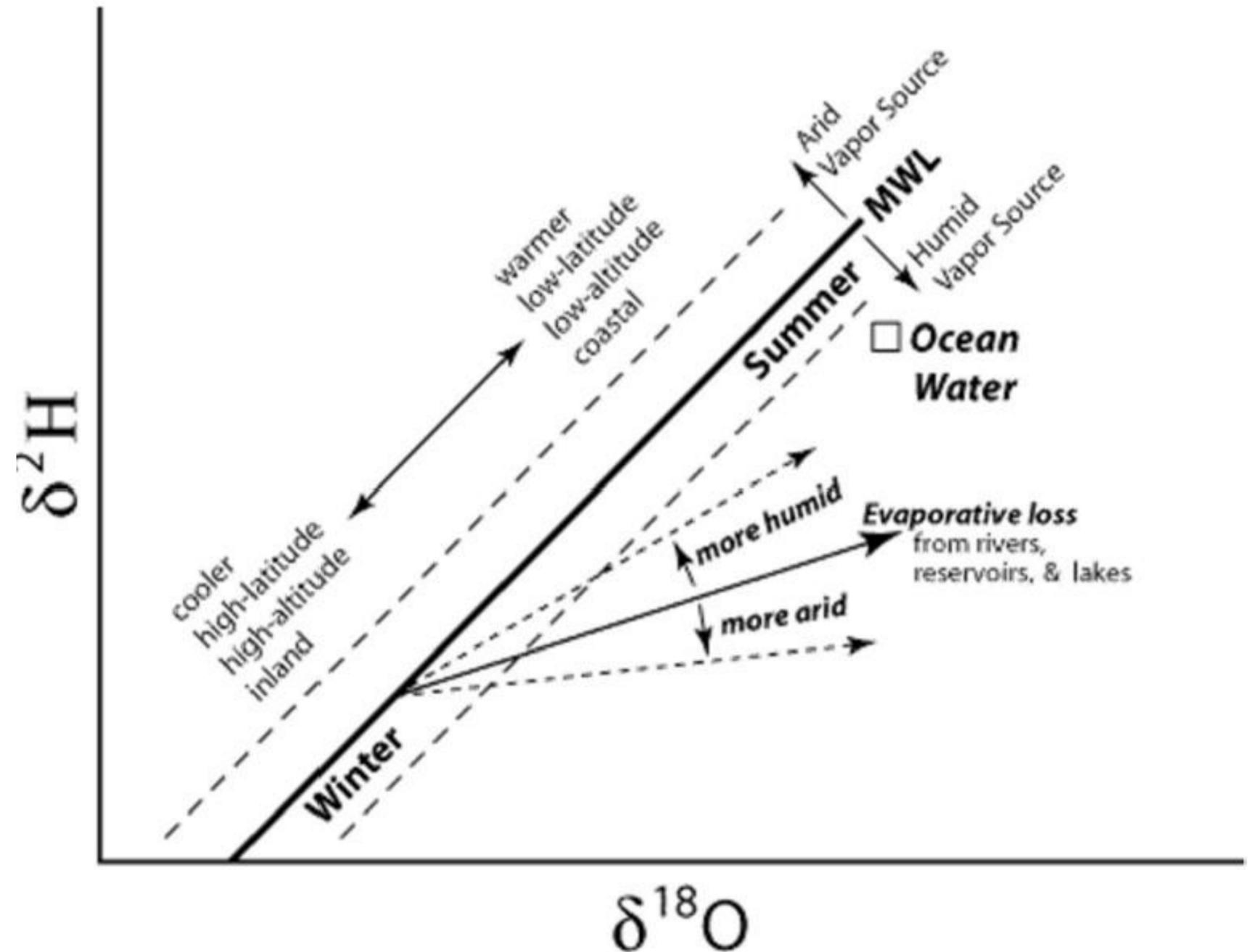
$$\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$$

La déviation par rapport à cette droite = Excès en deutérium

$$d_{\text{exces}} = \delta^2\text{H} - 8 * \delta^{18}\text{O}$$

L'ordonnée à l'origine de la droite marque l'excès de deutérium (10‰) d'une vapeur océanique

Un dépassement de ce seuil se produit lorsque la vapeur d'eau d'origine océanique a été enrichie de manière significative par une évaporation au niveau des continents ou de mers fermées.



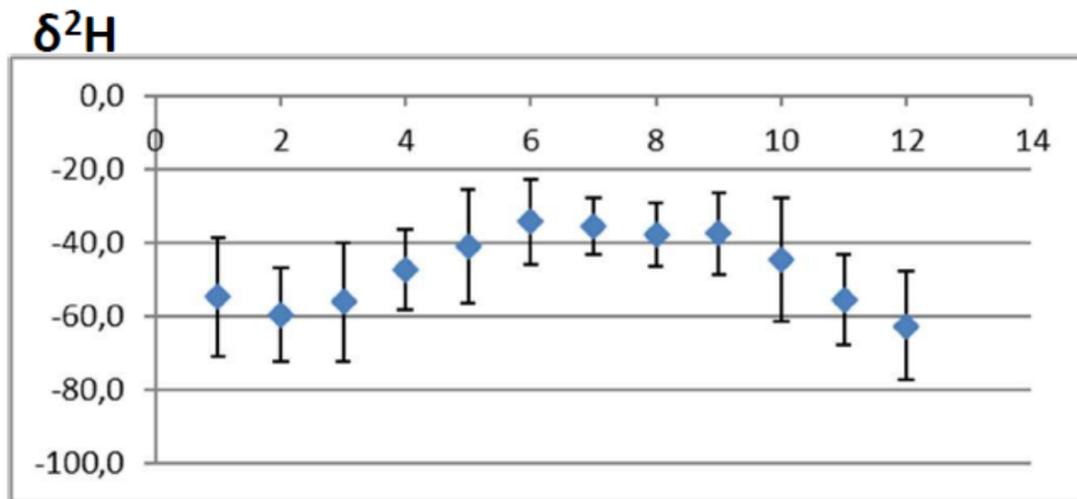
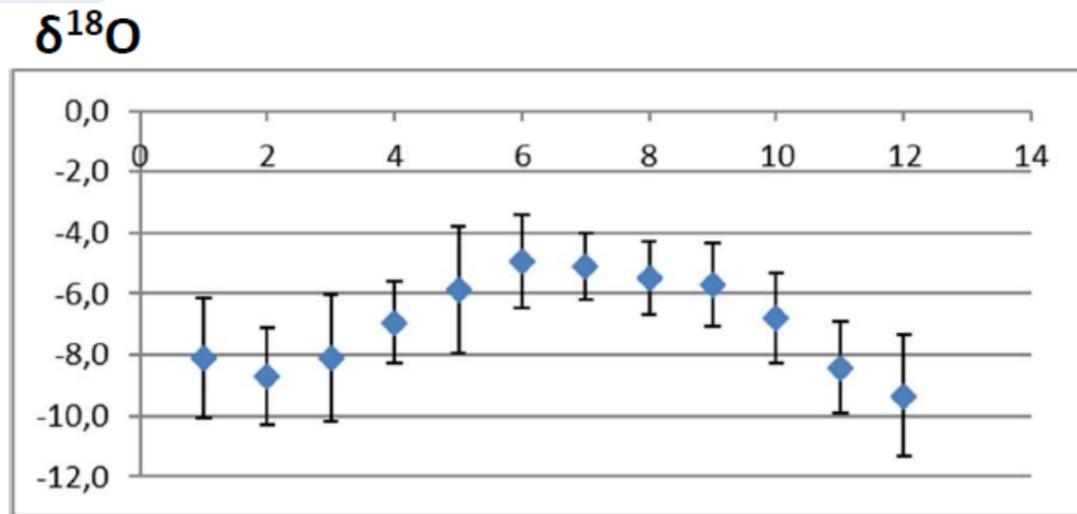
→ d_{exces} renseigne sur l'origine des vapeurs et/ou sur le fractionnement isotopique.



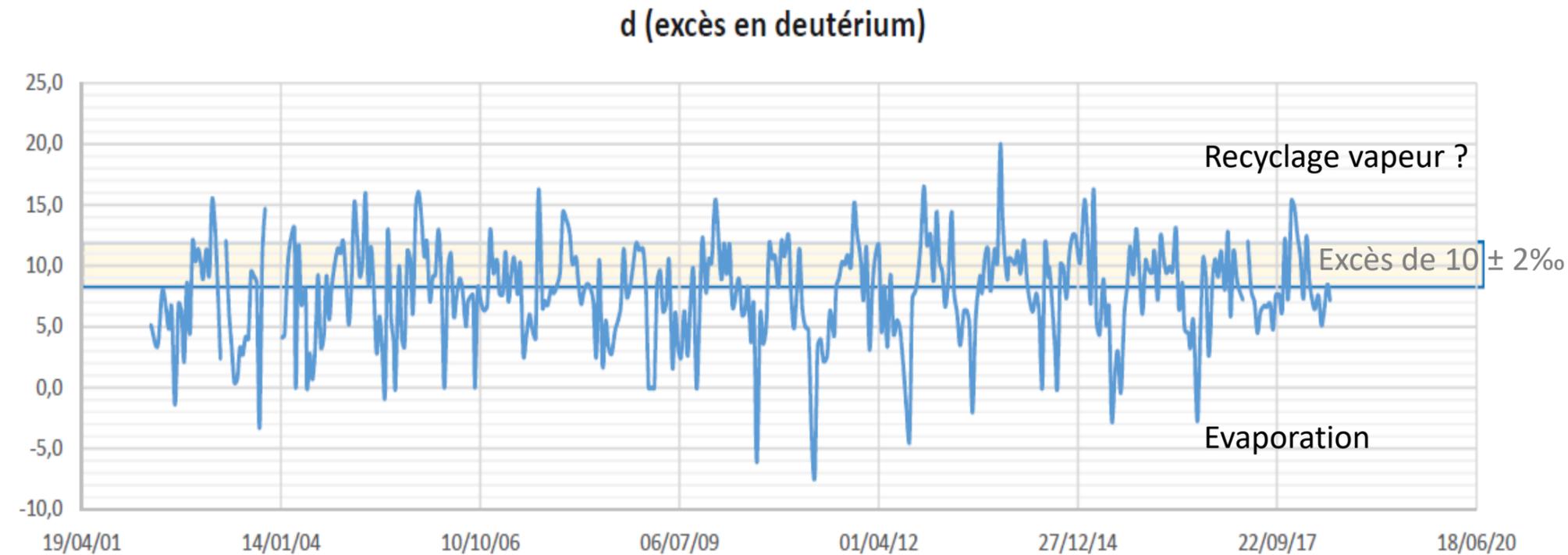
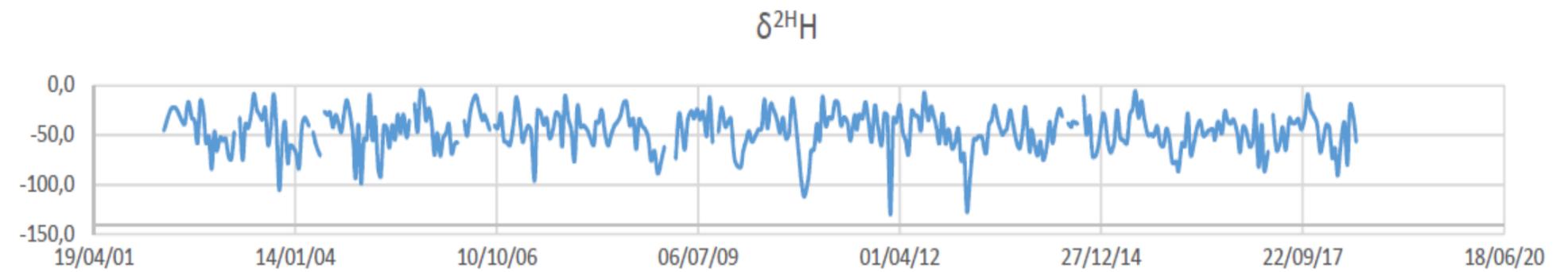
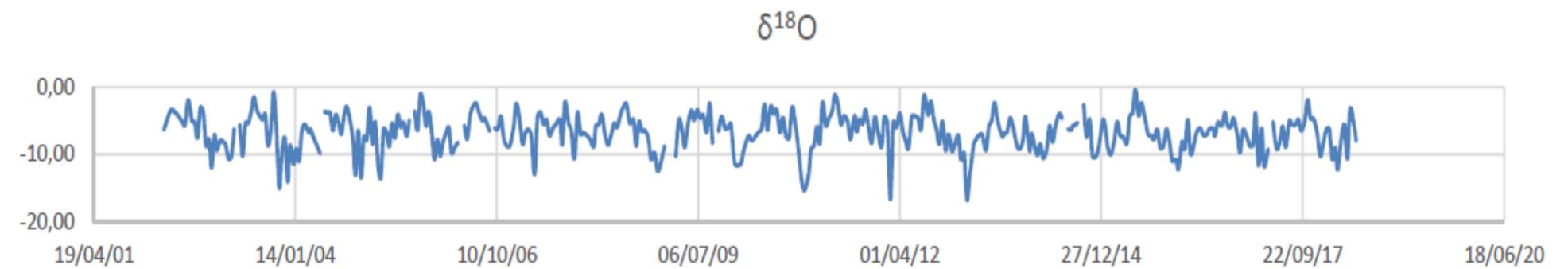
Les isotopes des précipitations à Orsay



Variabilité des isotop



Les précipitations des mois les plus chauds sont classiquement plus enrichies en isotopes lourds que celles des mois les plus froids.



Or, il est difficile de retrouver une saisonnalité marquée en se basant sur les seules teneurs isotopiques.



Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$

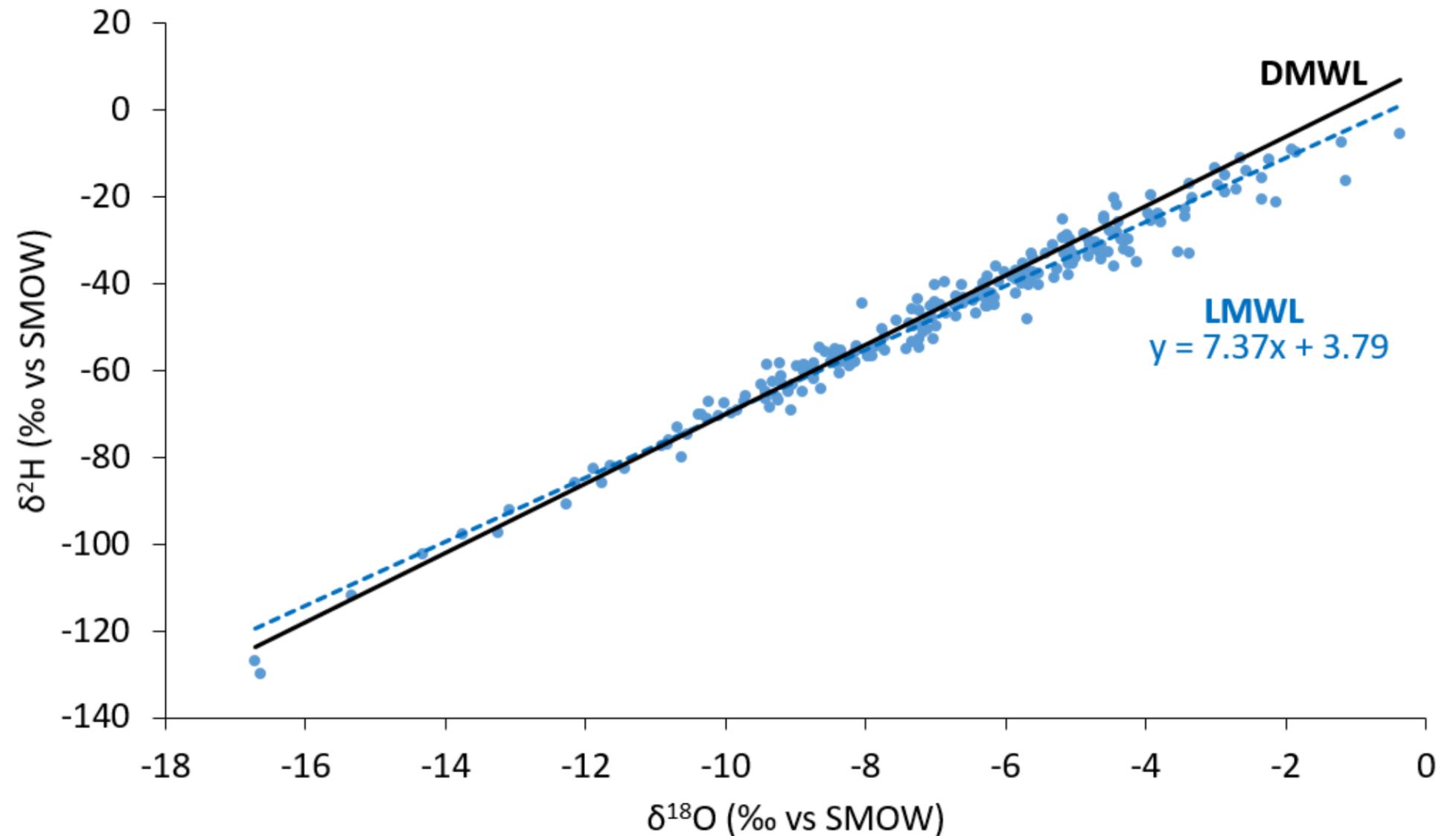
Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$:

Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$ des précipitations **mondiales** = Droite des eaux météoriques (Global Meteoric Water Line=**DMWL**)

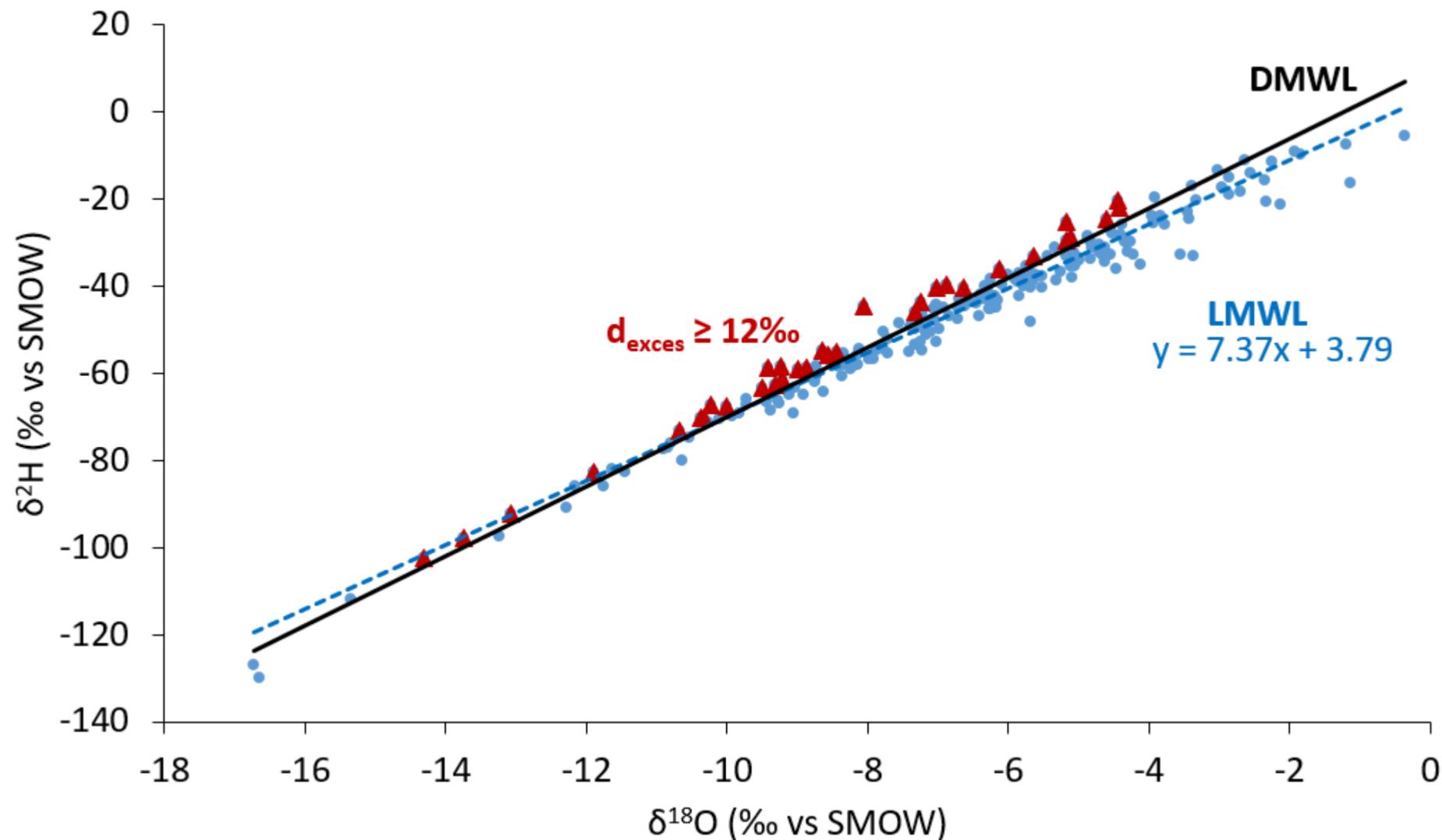
$$\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$$

Relation $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$ des précipitations à **Orsay** (Local Meteoric Water Line=**LMWL**)

$$\delta^2\text{H} = 7,4 * \delta^{18}\text{O} + 3,8$$



Définition d'une signature isotopique singulière



d_{exces} des vapeurs océaniques $\rightarrow 10 \text{‰}$

Signature singulière à Orsay quand
 $d_{\text{exces}} \geq 12\text{‰}$

\rightarrow C'est-à-dire présence d'une vapeur
d'origine non océanique
Possible recyclage continental ?

Objectifs \rightarrow caractériser les propriétés de l'atmosphère lors de ces périodes dites « singulières » pour tenter d'expliquer ces signatures isotopiques mesurées.



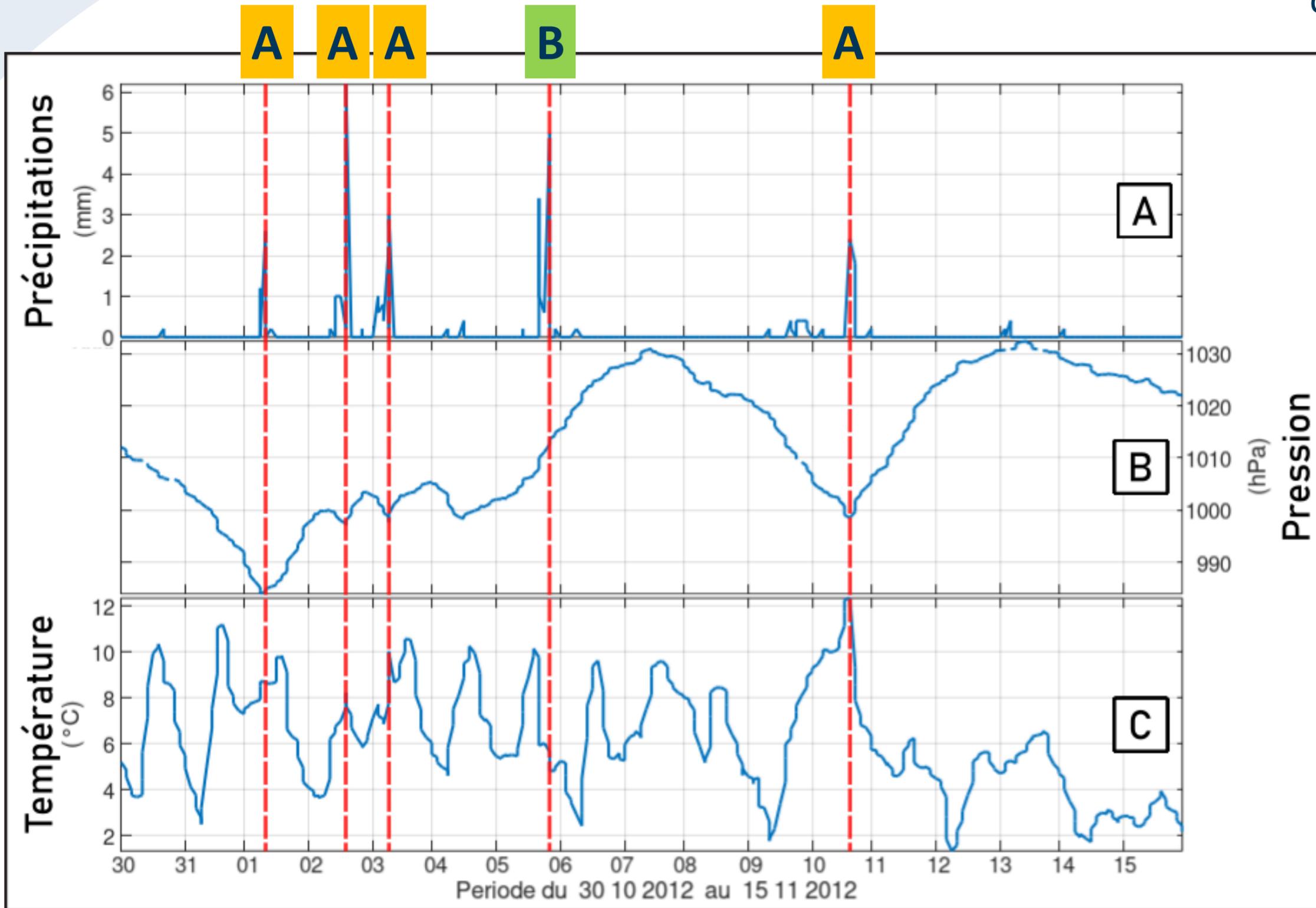
Exemple d'échantillonnage



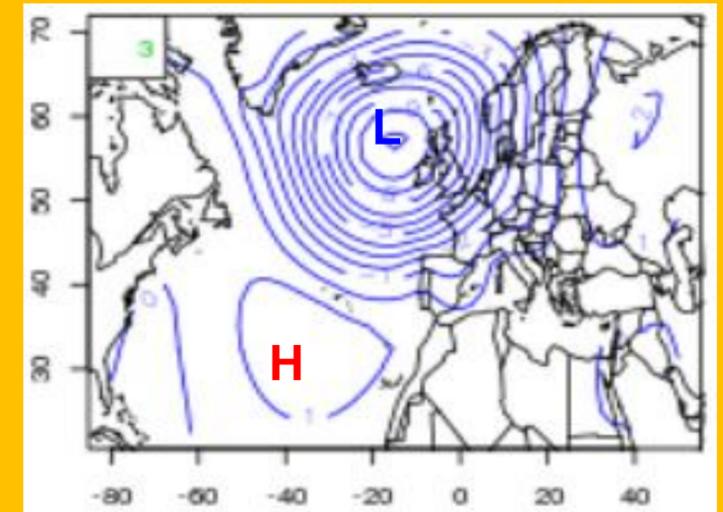
Exemple d'échantillonnage

----- Evènements précipitants

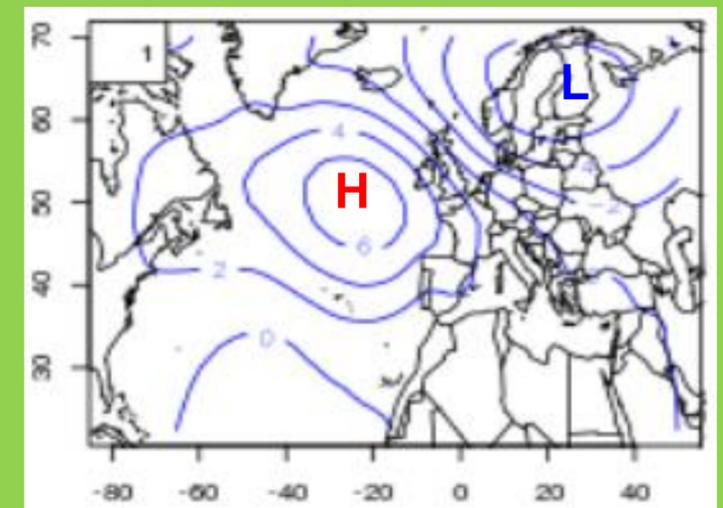
5 évènements de pluies pour 2 conditions synoptiques différentes



→ A. Forte dépression centrée sur le Nord de l'Angleterre. Advection d'air océanique (flux d'ouest)

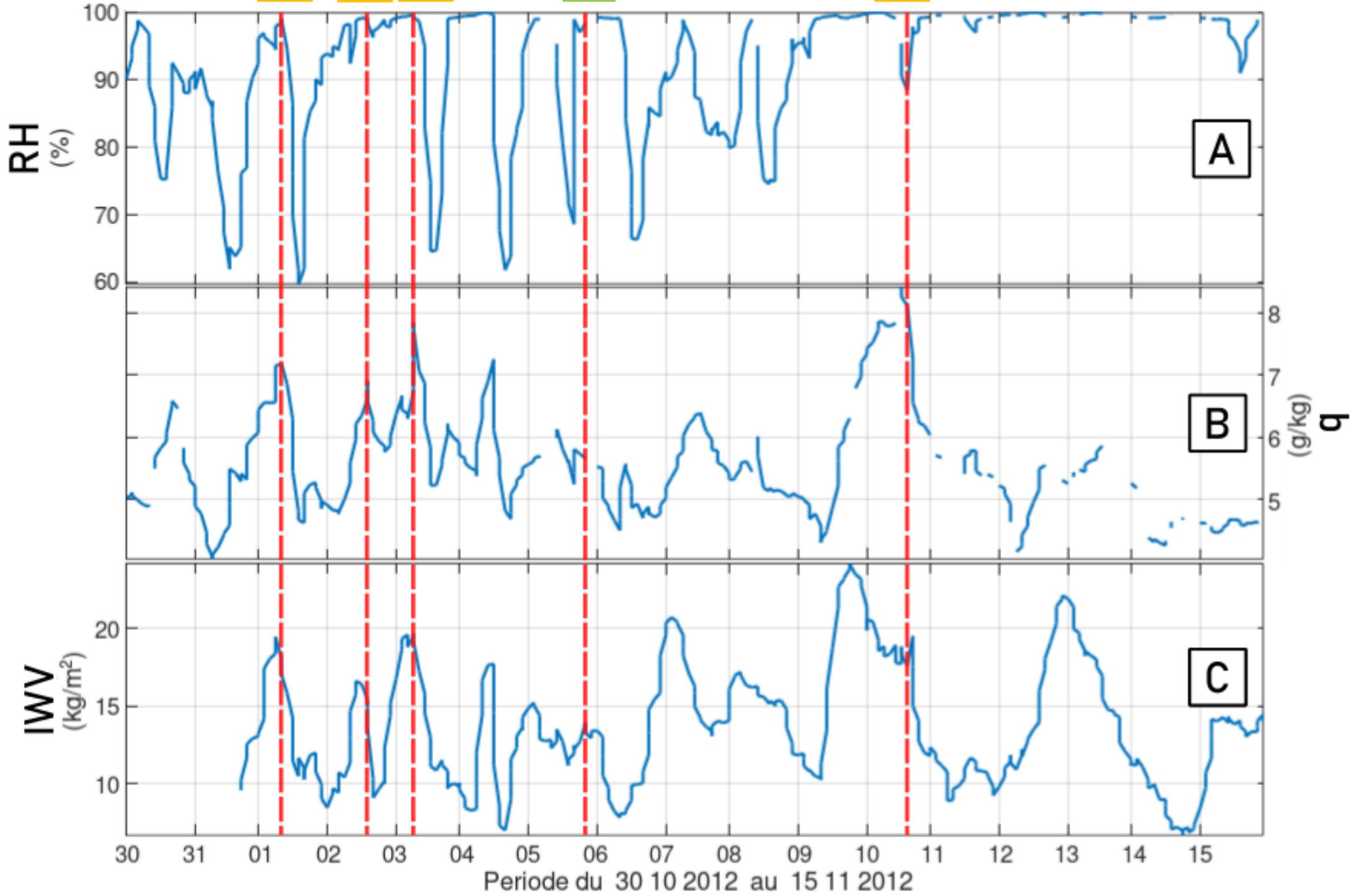


→ B. Anticyclone au large de l'Europe de l'ouest, favorisant les descentes d'air polaires.

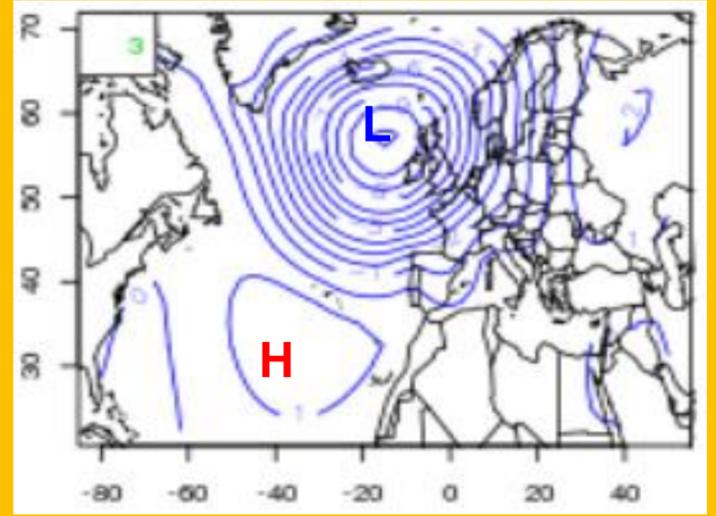


Exemple d'échantillonnage

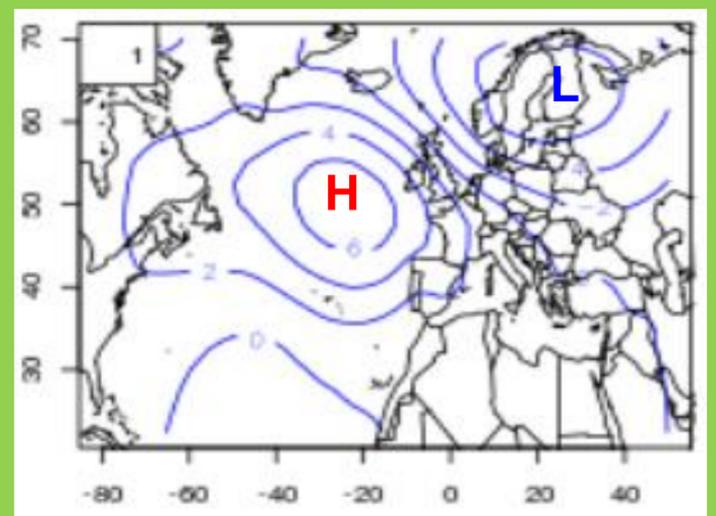
A **A** **A** **B** **A**



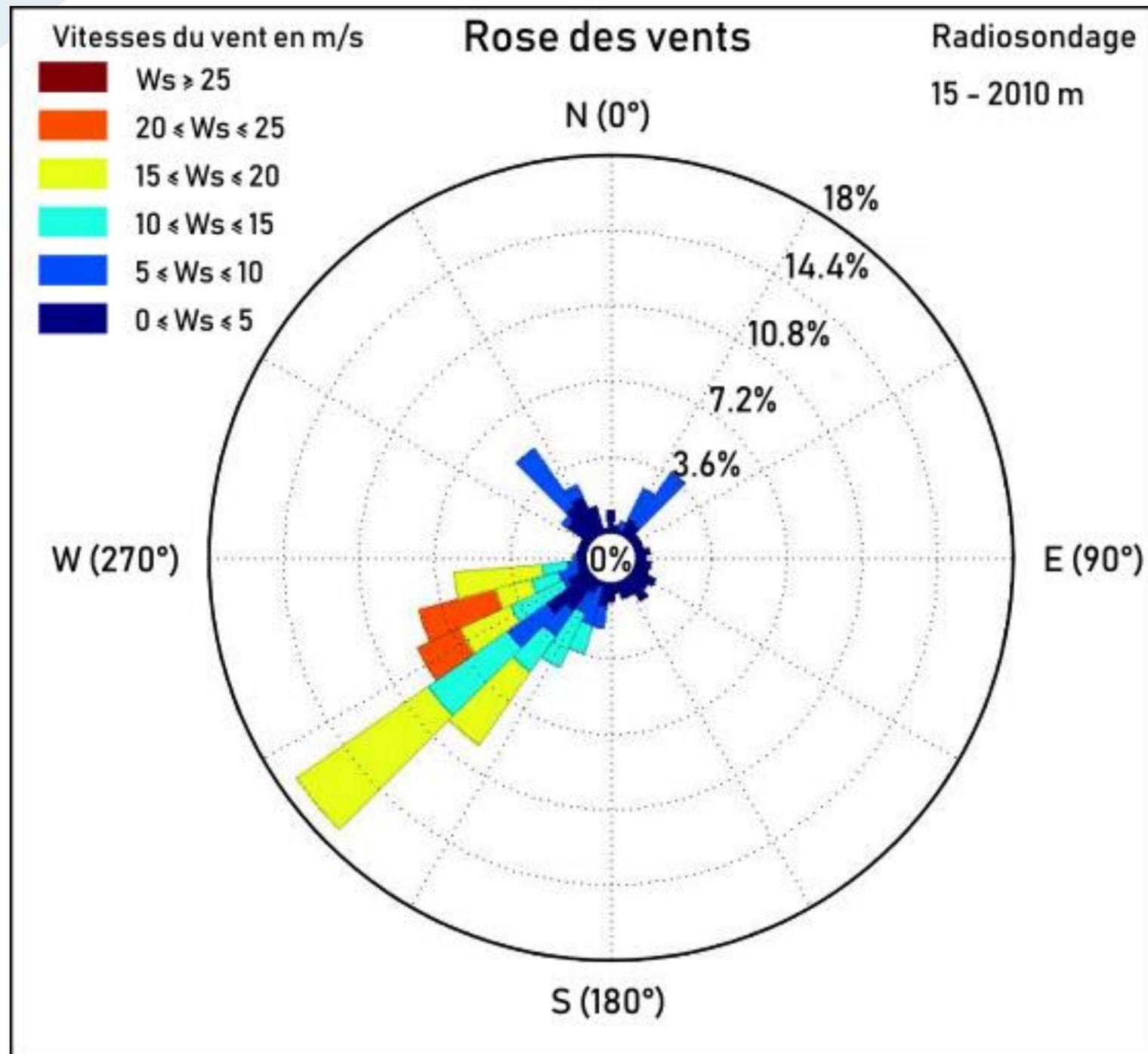
→ **A.** Forte dépression centrée sur le Nord de l'Angleterre. Advection d'air océanique (flux d'ouest)



→ **B.** Anticyclone au large de l'Europe de l'ouest, favorisant les descentes d'air polaires.



Exemple d'échantillonnage



Vents dominant sud-ouest d'origine océanique

A

Présence de vent de nord-ouest nord-est

B

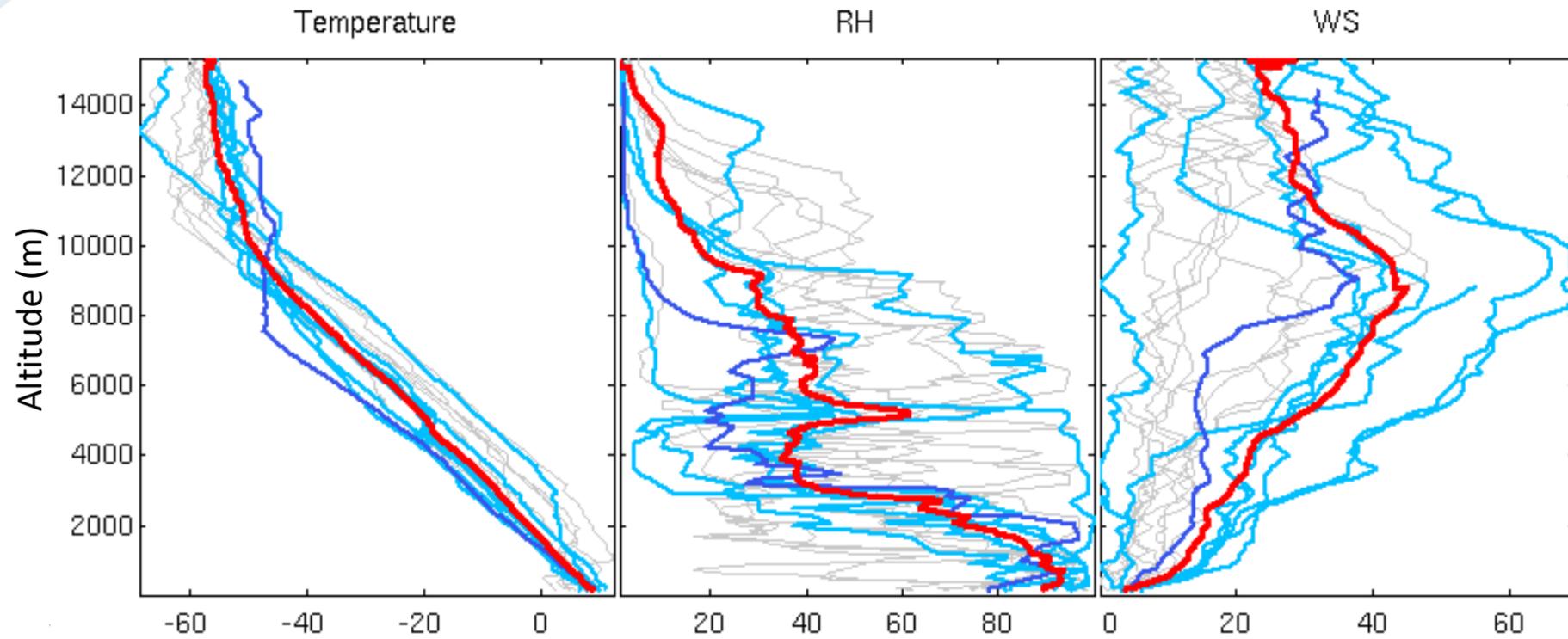
Selon les radiosondage (de 15 à 2010m d'altitude) des jours de pluies ; sur la période 30 oct – 15 nov 2012



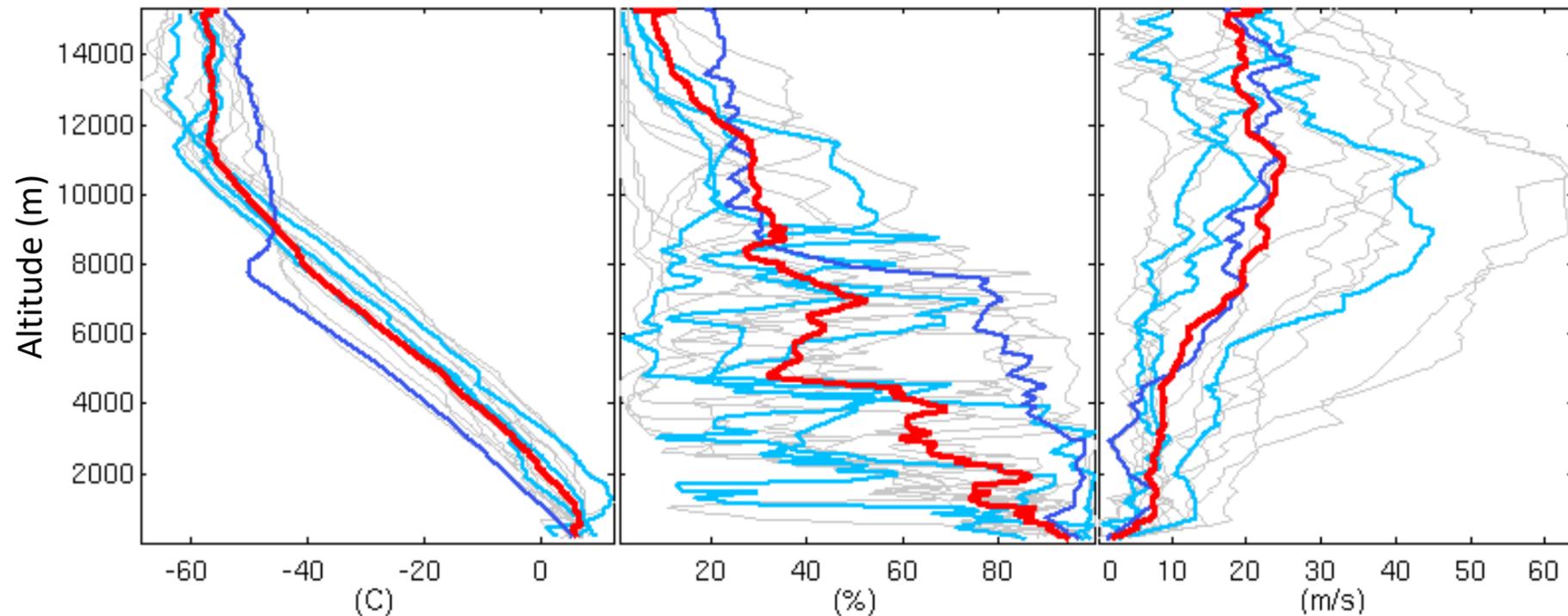
Exemple d'échantillonnage

- Jours sans PRCP
- Jours PRCP condition **A**
- Jours PRCP condition **B**
- Moyenne jours de pluies

11h



23h



Importance des conditions sur la verticale, lors du déclenchement des précipitations

- Les jours pluvieux montrent des profils confondus avec les jours non pluvieux
- Différences entre **A** et **B** plus nette sur le profil de température
- RH et WS: peu de différences entre les 2 conditions synoptiques

→ Sur un cumul bi-mensuel on peut émettre des hypothèses sur quel évènement peut expliquer la signature singulière, mais pas de certitudes.



Prochaines étapes du projet



Les données du SIRTA vont permettre ...

1. Caractériser les conditions atmosphériques de chaque évènement précipitant présent dans les périodes au $d_{\text{exces}} \geq 12\text{‰}$ afin de déterminer s'il existe une caractéristique commune à toutes les périodes (conditions de surface, conditions sur la verticale, origines des masses d'air ...) qui explique cette signature singulière.

Création d'une base de données de ces variables atmosphériques optimisée

- ajout de périodes
- ajout de variables
- choix du pas de temps (horaire, journalier)
- choix de la définition d'une signature singulière

2. Comparer avec les périodes aux signatures non singulières

3. Regarder les tendances de ces caractéristiques et les relier aux tendances climatiques observées (évaporation, humidité, advection ...) → Lien variabilité long terme – processus court terme





Pas de temps d'échantillonnage des isotopes très grand (15 jours environ)
Mais échantillonnage présent depuis 2004 (15 années de données)

La suite

- Automatiser les prélèvements des cumuls précipitants
- Réduire l'échantillonnage temporel à une mesure par évènement ou une mesure journalière
- Mise en place d'une SOP pour échantillonner au pas de temps horaire un évènement précipitant



Merci ... des
questions ?

