

# TD Fondamentaux physiques des Echanges biosphère Atmosphère

## M1 AETPF et bio géochimie appliquée

16 février 2022

TD préparé par Raia Silvia Massad, Sébastien St Jean, Benjamin Loubet, Pauline Buysse

UMR AgroParisTech-INRAE EcoSys

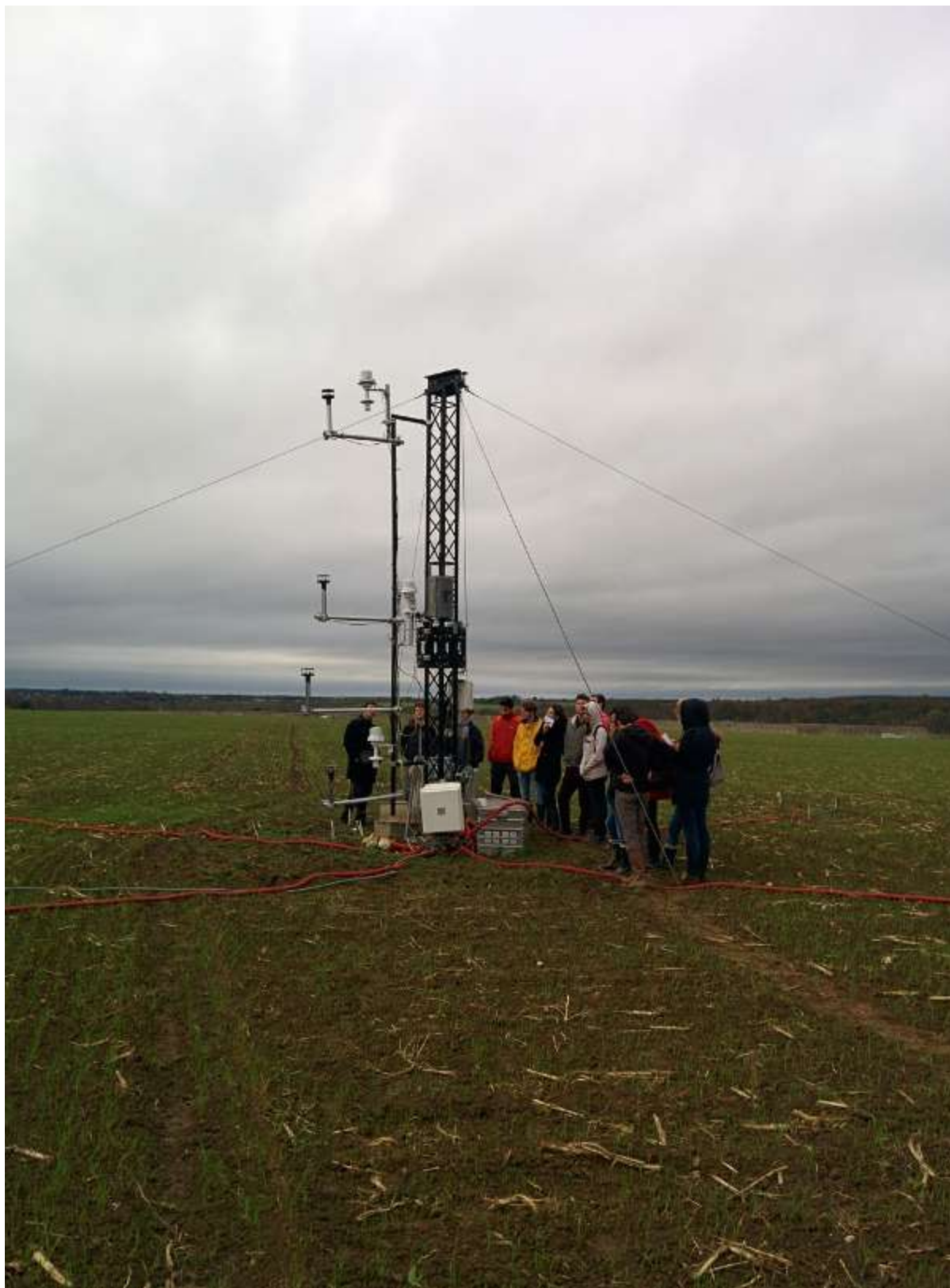
- [1 Attendus du TD](#)
- [2 Pour commencer](#)
  - [2.1 Préambule](#)
  - [2.2 Charger les données](#)
  - [2.3 Manipuler un data.frame](#)
    - [2.3.1 Operations simples](#)
    - [2.3.2 Construire vos propres fonctions](#)
    - [2.3.3 Sélectionner, Organiser et transformer vos données](#)
    - [2.3.4 Faire des graphes](#)
    - [2.3.5 Décrire la météo](#)
- [3 Partie 1: Exploration des données](#)
  - [3.1 Faire un résumé des données](#)
  - [3.2 Combien y-a-t-il de variables mesurées et a quel pas de temps les données ont été acquises ?](#)
  - [3.3 Donner les caractéristiques annuelles météorologiques du site.](#)
    - [3.3.1 Quelle est la température moyenne ?](#)
    - [3.3.2 Quelle est la précipitation annuelle et le nombre de jours de pluie?](#)
    - [3.3.3 Quelles autres grandeurs climatiques sont utiles pour caractériser la météorologie du site ? Quelles sont leurs valeurs ?](#)
    - [3.3.4 A l'aide de la fonction corPlot \(openair\) ou corrplot \(corrplot\), déterminer si certaines variables sont redondantes. Expliquer pourquoi certaines variables sont fortement corrélées.](#)
  - [3.4 Faire une rose des vents avec la fonction windrose du package openair](#)
    - [3.4.1 Quelle est la direction du vent dominant en fonction des saisons?](#)
  - [3.5 Analyse temporelle des variables : utiliser la fonction plot et lines pour illustrer les grandeurs suivantes : températures de l'air, humidité relative de l'air, rayonnement global et atmosphérique, humidité du sol ? 5 et 30 cm, température du sol a différentes profondeurs](#)
    - [3.5.1 Expliquer chacun des graphes](#)
    - [3.5.2 Quelles sont les variations diurnes et saisonnières pour chaque variable \(utiliser les fonctions ts et decompose\)?](#)
    - [3.5.3 Expliciter les différences entre les variations temporelles des températures du sol ? différentes profondeurs ?](#)
- [4 Partie 2 : Comprendre les termes du bilan d'énergie](#)

- 4.1 Rappeler le bilan radiatif a l'interface sol-plante-atmosphère
  - 4.1.1 Illustrer avec un schéma
  - 4.1.2 Identifier tous les termes, leur longueur d'onde et leur signe par rapport à une convention de signe que vous définirez
- 4.2 Retrouver le rayonnement extra-terrestre (soyez débrouillard) et comparer le au rayonnement global. Vous pouvez utiliser la fonction SZA du package RAtmosphere pour calculer l'angle du zénith du soleil
  - 4.2.1 Pourquoi on trouve des valeurs négatives du rayonnement extraterrestre projeté ?
  - 4.2.2 Le rayonnement ET projeté est-il différent du Rg ? Expliquer
- 4.3 Donner la définition et calculer l'albédo
  - 4.3.1 Est-ce que ce calcul est valable a tous les moments de la journée ? Expliquez
  - 4.3.2 Tracez l'évolution de l'albédo au cours de l'année et commentez. Vous pouvez vous referez a l'itinéraire technique sur la parcelle
- 4.4 Donner la définition du Rs, calculer le rayonnement émis par la surface à partir du bilan radiatif
  - 4.4.1 Estimer Rs a partir des mesures de Ts.
  - 4.4.2 Comparer Rs estime avec les deux méthodes avec la fonction lm. Interpréter
- 4.5 Rappeler le bilan d'énergie de la surface.
  - 4.5.1 Illustrer avec un schéma
  - 4.5.2 Charger le fichier de données FR-Gri\_Flux\_2013.csv dans R avec la fonction loadICOS
- 4.6 Visualiser les flux de chaleur sensible H et latente LE avec la fonction plot.
  - 4.6.1 A quoi correspondent les moments ou H est négatif ?
  - 4.6.2 Quand observez-vous le maximum de LE et le maximum de H dans l'année.
  - 4.6.3 Expliquer pourquoi ces deux maximums ne sont pas en phase. (Utiliser le rapport des deux qu'on appelle rapport de Bowen)
  - 4.6.4 Essayer d'interpréter les variations saisonnières de H et LE au regard de l'albédo et de l'ITK

# 1

## Attendus du TD

- Savoir réaliser une analyse critique de données expérimentales de Bioclimatologie.
- Savoir évaluer un bilan radiatif et d'énergie, ses différents termes et en comprendre leurs dynamiques.
- Évaluer les connaissances acquises pendant le module.
- Savoir utiliser quelques fonctions de R



Mat météorologique a Grignon (48.844224 N, 1.951929 E )  
<https://ecosys.versailles-grignon.inra.fr/icos/index-fr.html>

## 1.1 Finalisation du TD

Finir le TD avant le **23 mars (date du prochain cours)**. Nous le reverrons ensemble

## 2 Pour commencer

R (<https://www.r-project.org/>) est un environnement intégré de manipulation de données, de calcul et de préparations de graphiques. Toutefois, ce n'est pas seulement un "autre" environnement statistique (comme SPSS ou SAS, par exemple), mais aussi un langage de programmation complet et autonome.

Comme tous ces langages, le R est interprété, c'est-à-dire qu'il requiert un autre programme - l'interpréteur - pour que ses commandes soient exécutées. Par opposition, les programmes de langages compilés, comme le C ou le C++, sont d'abord convertis en code machine par le compilateur puis directement exécutés par l'ordinateur. Cela signifie donc que lorsque l'on programme en R, il n'est pas possible de plaider l'attente de la fin de la phase de compilation pour perdre son temps au travail.

Parmi ses caractéristiques particulièrement intéressantes, on note :

- langage basé sur la notion de vecteur, ce qui simplifie les calculs mathématiques et réduit considérablement le recours aux structures itératives (boucles for, while, etc.) ;
- pas de typage ni de déclaration obligatoire des variables ;
- programmes courts, en général quelques lignes de code seulement ;
- temps de développement très court.
- Très facile de trouver une réponse à ses questions sur les forums (Stackoverflow par exemple)

Plus d'informations

[https://cran.r-project.org/doc/contrib/Goulet\\_introduction\\_programmation\\_R.pdf](https://cran.r-project.org/doc/contrib/Goulet_introduction_programmation_R.pdf)

RStudio (<https://www.rstudio.com/>) est un environnement de développement multiplateforme gratuit, libre et open source pour R.

On a 4 fenêtres :

- Editeur et visualisation
- Console
- Environnement et Historique
- Fichier, Graphs, Help

## 2.1 Préambule

Vous pouvez sauvegarder vos scripts dans un fichier texte qui se termine par ".R". Vous pourrez ainsi re-exécuter les scripts en R source("myscript.R").

- Installer et charger des "packages"

```
#install.packages(chron)
```

```
#install.packages(openair)
```

```
#install.packages(solaR)
#install.packages(lattice)
#install.packages(ggplot2)
#install.packages(dplyr)

#install.packages("RAtmosphere_1.1.tar.gz", repos = NULL, type = "source")
```

```
library(RAtmosphere)
library(chron) # to handle time
library(openair) # for Wind rose and corPlot
library(solaR) # for projection of irradiance
```

```
# Not necessary: but could be useful for extending graphical possibilities
library(lattice) # to plot with lattice package
library(ggplot2) # to plot with ggplot package
library(dplyr) # to aggregate
```

- Préciser le dossier de travail Données d'entrées, scripts et sorties seront charges ou sauvegardes dans ce répertoire

*De manière général, il faut éviter les espaces et les caractères accentues dans les noms et les chemins de vos fichiers*

```
setwd("C:/Users/...")
```

## 2.2 Charger les données

Données du TD sont sur la clé USB

- Data
  - Données météo et flux
    - "FR-Gri\_meteo\_2013.csv"
    - "FR-Gri\_flux\_2013.csv"
  - Description des variables
    - "NomDesVariables.pdf"
  - Information sur les pratiques agricoles
    - "Itinéraire technique.xlsx"

Charger les données et reconnaître le type de séparateur et le format des données (field separator, decimal points, "NA", ...) ainsi que les dates et les heures (utiliser la fonction ci-dessous).

```
meteo <- read.table("FR-Gri_meteo_2013.csv",header=TRUE,sep=";",dec=".",na.strings="NA")
```

```
meteo$Date.Time <- as.POSIXct(strptime(meteo$Date.Time, format="%d/%m/%Y %H:%M"))
meteo$Time <- strptime(meteo$Date.Time, format="%H:%M")
startDate <- meteo$Date.Time[1]
endDate <- meteo$Date.Time[nrow(meteo)]
meteo$DOY <- as.integer(julian(meteo$Date.Time,startDate)) +1
meteo$month <- months(meteo$Date.Time)
meteo$monthnb <- as.numeric(format(meteo$Date.Time,"%m"))
```

## On utilisera la fonction LoadICOS dans le TD

- Explorer la structure des données

meteo est un objet de type data.frame. Vous pouvez utiliser "help" et exécuter l'exemple du help.

```
# help of a known function
```

```
?data.frame
```

```
# help on an unknown name function
```

```
??data
```

```
# run the example of the help
```

```
example(data.frame)
```

- Obtenir des informations sur la structure, le nom des colonnes etc...

```
str(meteo) ## structure de l'objet
```

```
summary(meteo) ## informations statistiques sur les données
```

```
names(meteo) ## nom des colonnes
```

```
head(meteo) ## première ligne du tableau
```

## 2.3 Manipuler un data.frame

### 2.3.1 Operations simples

Accéder aux données et aux colonnes

```
# accès par index
```

```
meteo[1,]
```

```
meteo[,2]
```

```
meteo[1:3,]
```

```
meteo[c(1,3),]
```

```
meteo[meteo$Ta>0, ]
```

```
# accès par nom de colonne
```

```
meteo$Ta
```

```
meteo$NewCol <- meteo$Ta + 1
```

```
meteo[,c("Ta","date")]
```

### 2.3.2 Construire vos propres fonctions

Exemple : fonction pour charger des données

```
loadICOS <- function(filename)
```

```
{
```

```
  t <- read.table(filename,header=TRUE,sep=";",dec=".",na.strings="NA")
```

```
  t$Date.Time <- as.POSIXct(strptime(t$Date.Time, format="%d/%m/%Y %H:%M"))
```

```
  t$Time <- strptime(t$Date.Time, format="%H:%M")
```

```
  startDate <- t$Date.Time[1]
```

```
  endDate <- t$Date.Time[nrow(t)]
```

```
t$DOY <- as.integer(julian(t$Date.Time,startDate)) +1
t$month <- months(t$Date.Time)
t$monthnb <- as.numeric(format(t$Date.Time,"%m"))
return (t)
}
```

```
meteo <- loadICOS("FR-Gri_meteo_2013.csv")
```

### 2.3.3 Sélectionner, Organiser et transformer vos données

Exemple utiliser des accolades, subset et aggregate.

```
meteo[meteo$monthnb == 1 & meteo$Ta > 0, ]
```

# (Utile mais essayer d'éviter la multiplication des subset pour économiser les ressources mémoire)

```
meteo.janvier <- subset(meteo, monthnb==1, select=c(Ta,RH)) # on garde 2 colonnes Ta, RH
```

```
meteo.hiver <- subset(meteo, monthnb %in% c(12,1,2))
```

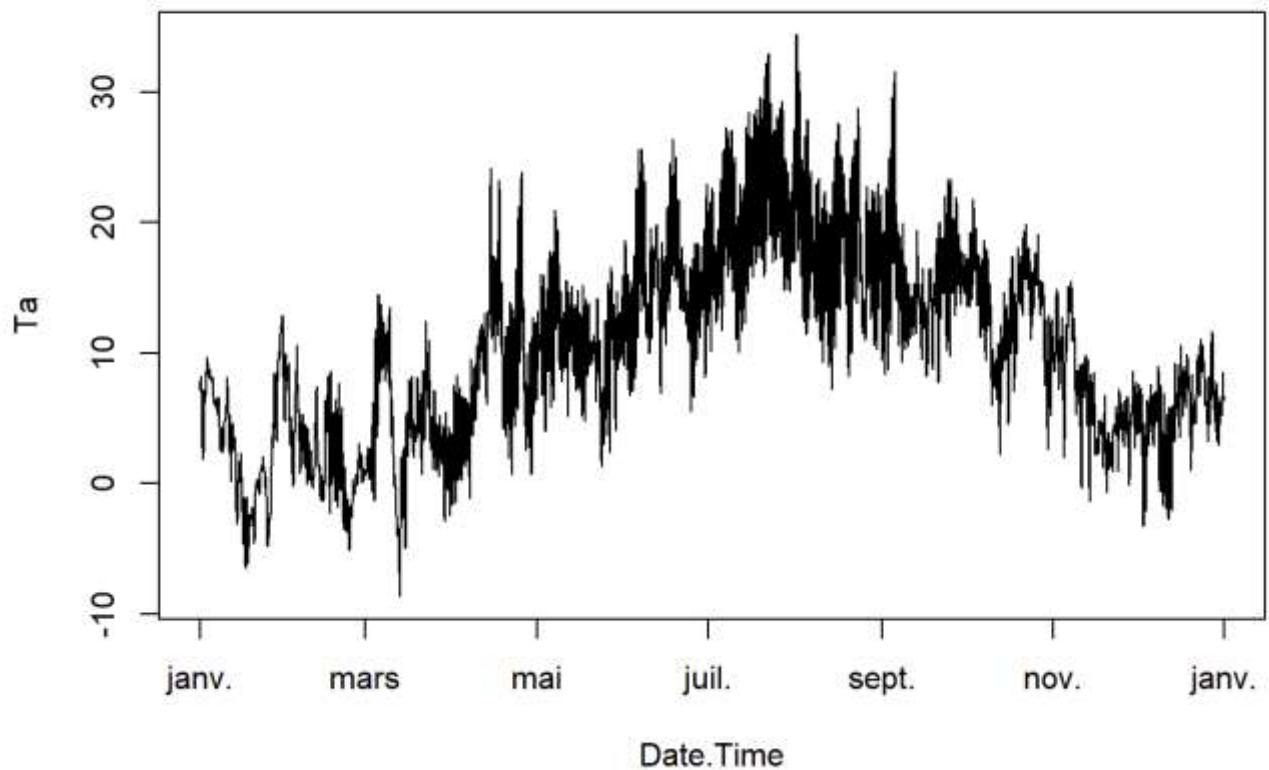
```
meteo.dailymean <- aggregate(meteo,by=list(meteo$DOY),FUN=mean)
```

Des exemples plus complexes avec le package dplyr,tidyr et l'opérateur %>%

### 2.3.4 Faire des graphes

# Fonction dans R "basic"

```
plot(Ta~Date.Time,meteo,type="l")
```

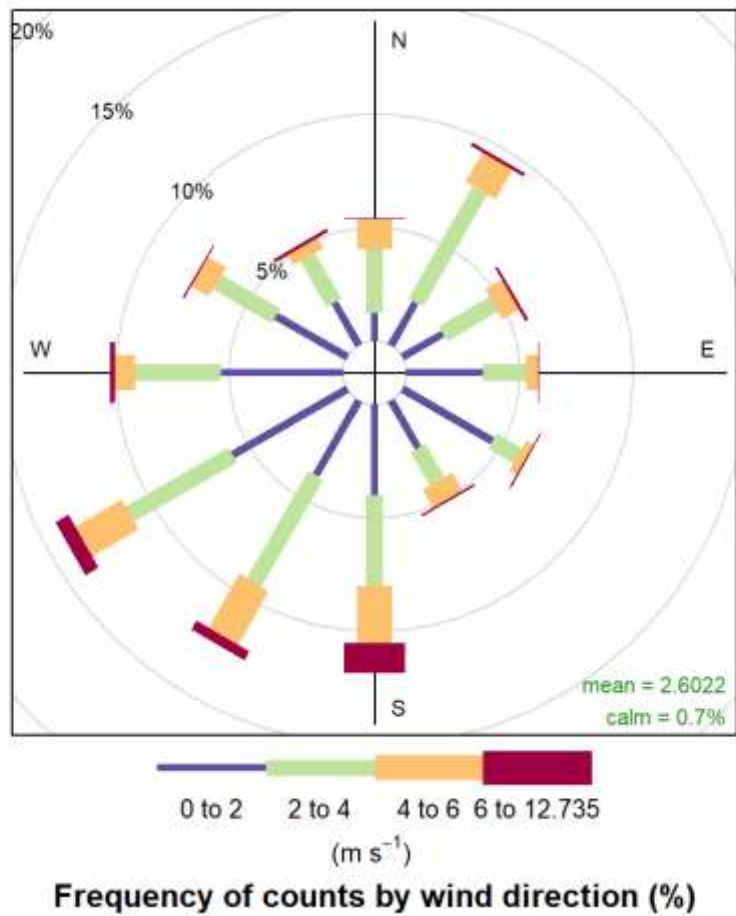


```
#Lattice package
#xyplot(SWC_5cm+SWC_20cm+SWC_30cm~Date.Time,meteo,auto.key=TRUE,type="l")
# ggplot2 package
#qplot(Date.Time,Ta,data=meteo,geom=c("point","smooth"))
```

### 2.3.5 Décrire la meteo

```
windRose(meteo, ws="WS", wd="WD")
```





### 3 Partie 1: Exploration des données

#### 3.1 Faire un résumé des données

#### 3.2 Combien y-a-t-il de variables mesurées et a quel pas de temps les données ont été acquises ?

### 3.3 Donner les caractéristiques annuelles météorologiques du site.

```
stat <- function(x) c(min = min(x), max = max(x), mean = mean(x), sum=sum(x))  
# stat par jour  
#aggregate(cbind(Ta,SWin)~DOY,meteo,stat)  
# stat par mois  
  
aggregate(Ta~monthnb,meteo,stat)  
# Pour manipuler le résultat d'un aggregate  
Ta.month <- as.data.frame(as.matrix(aggregate(Ta~monthnb,meteo,stat)))
```

#### 3.3.1 Quelle est la température moyenne ?

#### 3.3.2 Quelle est la précipitation annuelle et le nombre de jours de pluie?

#### 3.3.3 Quelles autres grandeurs climatiques sont utiles pour caractériser la météorologie du site ? Quelles sont leurs valeurs ?

#### 3.3.4 A l'aide de la fonction corPlot (openair) ou corrplot (corrplot), déterminer si certaines variables sont redondantes. Expliquer pourquoi certaines variables sont fortement corrélées.

### 3.4 Faire une rose des vents avec la fonction windrose du package openair

#### 3.4.1 Quelle est la direction du vent dominant en fonction des saisons?

### 3.5 Analyse temporelle des variables : utiliser la fonction plot et lines pour illustrer les grandeurs suivantes : températures de l'air, humidité relative de l'air, rayonnement global et

atmosphérique, humidité du sol ? 5 et 30 cm, température du sol a différentes profondeurs

**3.5.1** Expliquer chacun des graphes

**3.5.2** Quelles sont les variations diurnes et saisonnières pour chaque variable (utiliser les fonctions ts et decompose)?

**3.5.3** Expliciter les différences entre les variations temporelles des températures du sol ? différentes profondeurs ?

**4** Partie 2 : Comprendre les termes du bilan d'énergie

**4.1** Rappeler le bilan radiatif a l'interface sol-plante-atmosphère

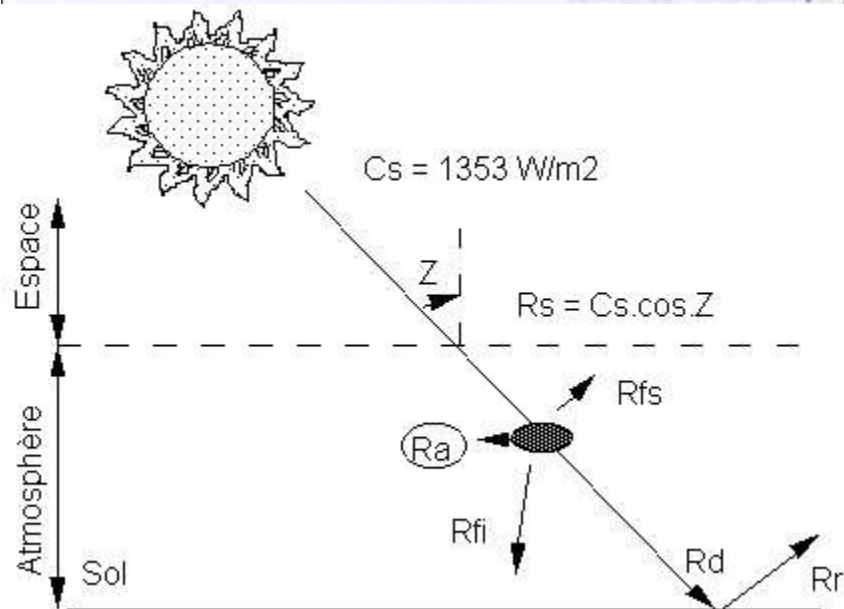
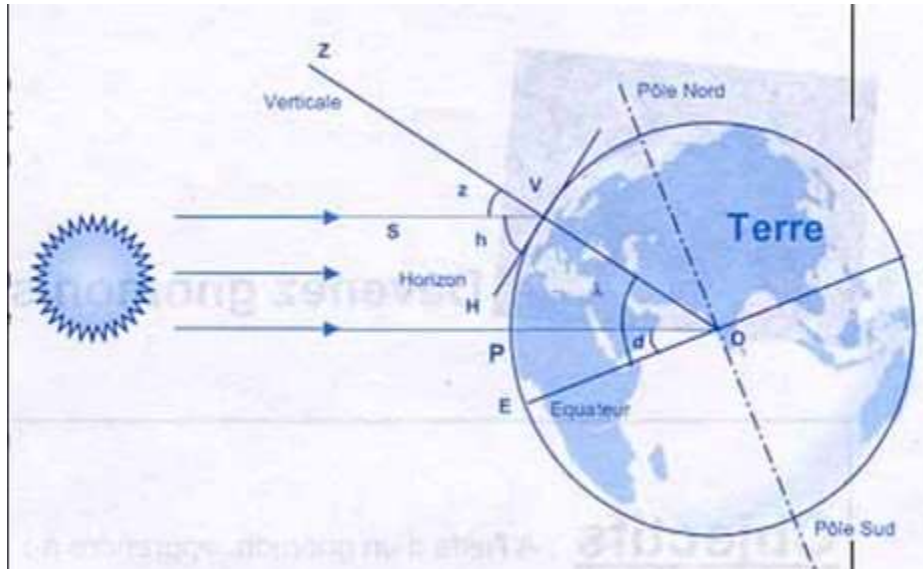
**4.1.1** Illustrer avec un schéma

**4.1.2** Identifier tous les termes, leur longueur d'onde et leur signe par rapport à une convention de signe que vous définirez

**4.2** Retrouver le rayonnement extra-terrestre (soyez débrouillard) et comparer le au rayonnement global. Vous pouvez utiliser la fonction SZA du package RAtmosphere pour calculer l'angle du zénith du soleil

**4.2.1** Pourquoi on trouve des valeurs négatives du rayonnement extraterrestre projeté ?

**4.2.2** Le rayonnement ET projeté est-il différent du  $R_g$  ? Expliquer



**4.3** Donner la définition et calculer l'albédo

**4.3.1** Est-ce que ce calcul est valable a tous les moments de la journée ? Expliquez

**4.3.2** Tracez l'évolution de l'albédo au cours de l'année et commentez. Vous pouvez vous référer à l'itinéraire technique sur la parcelle

**4.4** Donner la définition du  $R_s$ , calculer le rayonnement émis par la surface à partir du bilan radiatif

**4.4.1** Estimer  $R_s$  à partir des mesures de  $T_s$ .

**4.4.2** Comparer  $R_s$  estime avec les deux méthodes avec la fonction  $lm$ . Interpréter

**4.5** Rappeler le bilan d'énergie de la surface.

**4.5.1** Illustrer avec un schéma

**4.5.2** Charger le fichier de données FR-Gri\_Flux\_2013.csv dans R avec la fonction `loadICOS`

**4.6** Visualiser les flux de chaleur sensible  $H$  et latente  $LE$  avec la fonction `plot`.

**4.6.1** A quoi correspondent les moments où  $H$  est négatif ?

**4.6.2** Quand observez-vous le maximum de  $LE$  et le maximum de  $H$  dans l'année.

**4.6.3** Expliquer pourquoi ces deux maximums ne sont pas en phase. (Utiliser le rapport des deux qu'on appelle rapport de Bowen)

**4.6.4** Essayer d'interpréter les variations saisonnières de  $H$  et  $LE$  au regard de l'albédo et de l'ITK