

Prévision des rendements agricoles

Guide d'utilisation



Prévision des rendements agricoles

Guide d'utilisation

Rédigé par C.E. Bronne, J. Wellens, A. Midekor, M. Diakit, A. Denis & B. Tychon.

Réalisé sur financement de Wallonie Bruxelles International dans le cadre du projet 'Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou'.

Table des matières

1 Introduction.....	5
2 Approche globale de la méthode de prévision	5
3 Données nécessaires.....	6
4 Présentation des outils informatiques	7
4.1 AMS	7
4.2 Vast	7
4.3 Windisp.....	8
4.4 Statistica.....	8
4.5 Excel	9
4.6 VGTEExtract	9
5 Application sur une culture de rente : Le coton	10
5.1 Utilisation des données NDVI	10
5.1.1 Principe de fonctionnement de Vast	10
5.1.2 Préparation des données d'entrée de Vast	11
5.1.3 Estimation des paramètres de Vast	18
5.1.4 Utilisation de Vast	19
5.1.5 Extraction des données traitées via Windisp.....	21
5.2 Utilisation des données météorologiques et agronomiques	23
5.2.1 Principe de fonctionnement d'AMS	23
5.2.2 Les entrées d'AMS	25
5.2.3 Calcul des bilans hydriques	37
5.2.4 Les sorties d'AMS.....	40
5.3 Autres facteurs explicatifs	41
5.3.1 Cumuls des données météo	42
5.3.2 Cumuls des données de NDVI	42
5.4 Elaboration des modèles de prévisions.....	43
5.4.1 Principe de la régression linéaire multiple	43
5.4.2 Suppression des variables à variance nulle	46
5.4.3 Sélection des variables explicatives du rendement	47

5.4.4 Sélection des variables pertinentes.....	49
5.4.5 Validations des modèles	53
5.4.6 Détermination des termes des modèles	59
6 Application sur une culture vivrière : le Maïs	60
6.1 Utilisation des données NDVI	60
6.2 Utilisation des données météorologiques et agronomiques	60
6.3 Autres facteurs explicatifs	65
6.4 Elaboration des modèles de prévision	67
Pour aller plus loin.....	67
7.1 Les macros sous Windisp	67
7.2 Détermination des dates de semis.....	72

1. INTRODUCTION

L'accroissement continu de la population mondiale n'a pas fini de nous donner des inquiétudes sur l'avenir de l'humanité, la première de toutes étant sans doute la question de la sécurité alimentaire. Actuellement, 800 millions de personnes à travers le monde sont sous-alimentés.

Face à ce genre de constats, différentes organisations internationales, telle la FAO, se sont penchées sur la mise au point d'outils d'alerte précoce pour la sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte et sur base de tels outils qu'une méthode de prévision de la production agricole a été mise au point à l'Université de Liège. Celle-ci se base sur l'utilisation de différents programmes informatiques, et a pour but de prévoir le rendement agricole à partir de données météorologiques, agrométéorologiques, et NDVI¹.

Cette méthode a déjà été appliquée au Sénégal pour la prévision des rendements de mil, de sorgho, de maïs, de niébé, et d'arachide (Tychon et Rosillon, 2006 et Kouadio, 2007) mais également au Burkina Faso pour la prévision des rendements de coton (Bronne, 2009). Ces études ayant fourni d'assez bons résultats, il fut décidé, dans le cadre du projet GEeau - 2 (<http://ge-eau.org>) au Burkina Faso, la rédaction d'un guide de l'utilisateur afin de permettre la prise en main de la méthode au niveau local par les personnes concernées, afin qu'elle puisse être appliquée autant sur les cultures vivrières que sur les cultures de rente.

Ce manuel d'utilisation se présente donc comme suit. La première partie consiste en une approche globale de la méthode, et en une description des différents outils utilisés pour l'appliquer. Sont détaillées dans la suite du document les marches à suivre et les différentes étapes à réaliser avec les différents outils pour l'élaboration d'un modèle de prévision agricole.

Chacune des étapes de ce manuel est constituée d'une partie théorique et d'une partie de manipulation sur un exemple concret ; le coton dans la province du Houet. Vous trouverez en outre un autre exercice complet sur une culture vivrière (le maïs) au dernier chapitre de cet ouvrage.

2. Approche globale de la méthode de prévision

Le concept de base sur lequel repose cette méthode est relativement simple. Il s'agit en effet de rechercher un modèle de prévision des rendements d'une culture en mettant en évidence les corrélations entre les rendements historiques de cette culture et différents facteurs explicatifs. Ceux-ci vont être de différents types : météorologiques, agrométéorologiques, ou issus d'images satellites de NDVI. Les facteurs météorologiques sont constitués de cumul de différents paramètres météorologiques (pluviométrie, évapotranspiration, ensoleillement, etc...). Les facteurs agrométéorologiques sont représentés par les sorties du logiciel AgrometShell. Enfin, les données issues des images NDVI sont en fait les sorties du logiciel Vast d'une part, et les cumuls valeurs de NDVI extraites d'autre part. La figure ci-dessous reprend la structure générale de cette méthode de travail.

¹ Normalized Difference Vegetation Index.

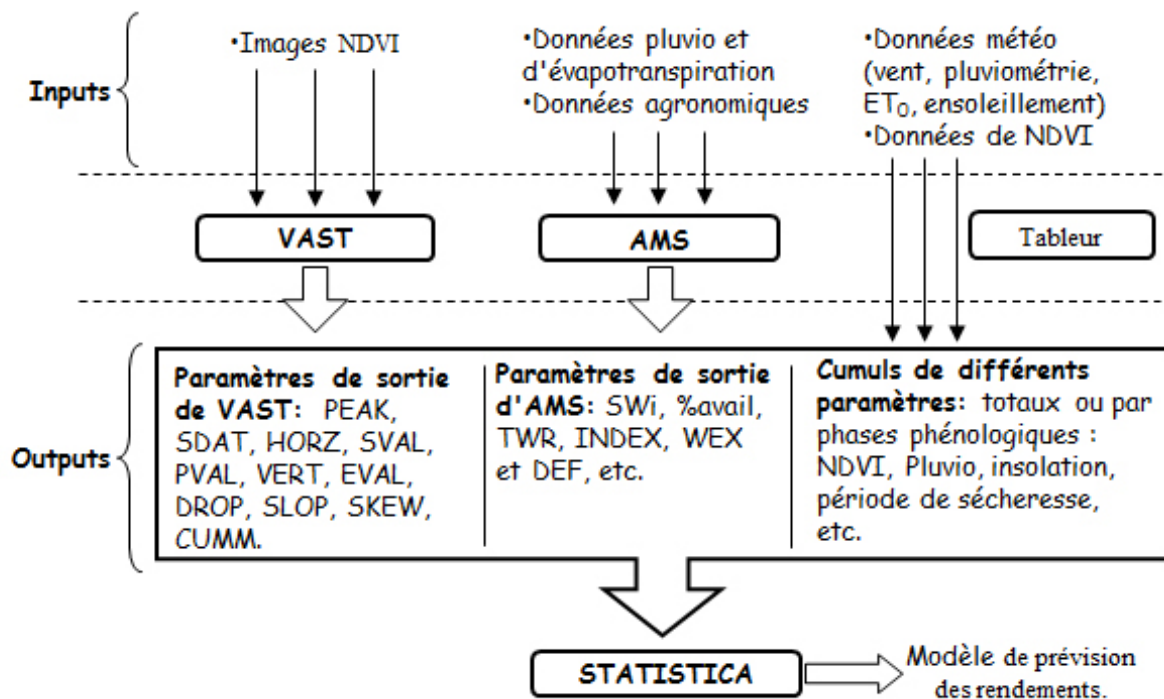


Figure 3.3 : Représentation schématique de la méthodologie générale.

3. Données nécessaires

Au vu des grands principes de la méthode, certaines données et informations (ce que l'on pourrait qualifier d'"inputs" de la méthode) sont indispensables pour aboutir à la création d'un modèle de prévision. En effet, certains logiciels ne sauraient tourner sans certaines données. Il est donc important de faire l'inventaire des données essentielles à l'application de la méthode de prévision. Les tableaux ci-dessous les reprennent ;

Données historiques :

Rendements	} Pas de temps <u>décadaire</u>	} Pour un ensemble d'années le plus long possible !
Pluviométrie		
Evapotranspiration		
Images Satellitaires de NDVI		
Dates de semis		

Autres données concernant la culture :

La durée du cycle

L'évolution du Coefficient cultural (Kc) au cours du cycle

Le coefficient cultural (Kc) de pré-saison

La capacité de rétention en eau du sol

Le pourcentage de pluie effective

L'application ou non d'irrigation

La méthode se basant sur la construction d'un modèle de prévisions à partir des données des saisons antérieures, il est conseillé de disposer des données historiques sur le plus grand nombre d'années possible. En effet, plus le nombre d'années sera important, plus le modèle construit sera robuste.

Toutes ces données doivent être disponibles pour chacune des années sur lesquelles ma méthode va s'appuyer. Si certaines informations manquent pour une année particulière, celle-ci n'est pas exploitable dans le processus de création du modèle de prévision.

4. Présentation des outils informatiques

4.1 AgroMetShell

AgroMetShell est un logiciel qui a été développé pour le compte de la FAO dans une optique de suivi agrométéorologique des cultures, ainsi que de prévision des rendements. Il permet le déclenchement d'alertes précoces en cas de risques liés à la sécurité alimentaire.

AMS est composé d'une base de données, destinée à contenir les données agronomiques et météorologiques, et de différentes fonctionnalités qui vont servir à mesurer l'impact des facteurs climatiques sur les différentes cultures, l'essence du programme étant le calcul du bilan hydrique de la culture sur base des données météorologiques. Le logiciel repose donc sur l'hypothèse que les rendements peuvent être expliqués par le contexte agrométéorologique de la zone considérée.

Disponibilité : Le logiciel AgrometShell est disponible gratuitement au téléchargement à l'adresse suivante : <http://www.hoefsloot.com/agrometshell.htm>. Des tutoriels sont également disponibles sur cette page.

Vous trouverez également l'exécutable d'installation du logiciel AgrometShell dans le dossier "*Installation*" du Package formation.

4.2 Vast

Les initiales V.A.S.T. signifient "Vegetation Analysis in Space and Time". Il s'agit d'un petit programme rudimentaire tournant sous MS-DOS conçu dans les années 90 par Félix F. Lee afin

de permettre l'analyse d'images satellitaires de NDVI². Le programme analyse en fait une série d'images NDVI correspondant à une période bien définie (habituellement une année), et en tire une série de paramètres caractérisant l'évolution du NDVI tout au long de la saison. La particularité de ce programme est qu'il ne possède pas d'interface propre et qu'il est donc nécessaire pour l'utiliser de passer par l'intermédiaire de l'invite de commande Windows.

Il n'existe pas à notre connaissance de manuel d'utilisation officiel, mais sa manipulation est aisée et sera complètement expliquée dans ce manuel.

Installation : Le dossier Vast doit simplement être copié tel quel dans le répertoire "C:\". Une fois chose faite, vous pourrez utiliser Vast en passant en mode console DOS. Vous trouverez le dossier Vast dans le dossier "*Installation*" du Package formation.

4.3 Windisp

Il s'agit d'un programme mis au point par la FAO pour le "Global Information and Early Warning System" et qui permet l'affichage et l'analyse d'images, de cartes, et de bases de données associées. Il permet entre autres de :

- Dessiner des graphes représentant l'évolution d'un paramètre à partir d'une série d'images,
- Superposer des images et des cartes géopolitiques afin d'en extraire des données chiffrées selon les délimitations de frontières,
- Calculer des statistiques pour chaque pixel d'une série d'images et d'en recréer une à partir de celles-ci.

Il est donc très utile pour la visualisation et le travail sur les images satellites de NDVI, de données météo, ou encore sur n'importe quel fichier image représentant une répartition spatiale d'un paramètre quelconque, comme par exemple les sorties au format image du programme **Vast**.

Disponibilité : Windisp est disponible gratuitement au téléchargement à l'adresse suivante : <http://www.fao.org/gIEWS/english/windisp/dl.htm>. Un manuel d'utilisation complet est également disponible à cette adresse, sous l'onglet **Manuals**.

Vous trouverez également l'exécutable d'installation du logiciel Windisp dans le dossier "*Installation*" du Package formation.

4.4 Statistica

Statistica est un logiciel proposant une large gamme d'outils d'analyse statistique, de gestion, et de représentation graphique des données. Le principal traitement statistique auquel nous allons avoir recours et qui sera réalisé à l'aide de ce programme est la régression linéaire multiple. Elle sera détaillée plus loin dans le manuel.

² NDVI = Normalized difference Vegetation index. Il s'agit du rapport normalisé de la différence entre les réflectances dans le proche infrarouge et dans le rouge d'une surface. Il permet donc une quantification de la couverture végétale.

Disponibilité : Statistica est un logiciel payant. Il nécessite l'achat d'une licence qui est à renouveler chaque année. Plus d'informations sur le site <http://www.statsoft.fr/index.php>.

4.5 Microsoft Excel

Il s'agit du célèbre tableur de la suite bureautique Microsoft office. Notons que, dans cette méthode, ce programme payant n'est utilisé que pour des fonctions simples d'affichage et de traitement de résultats chiffrés. Il peut donc être facilement remplacé par un autre tableur gratuit tel que celui fourni dans la suite bureautique libre Open Office.org.

Disponibilité : Microsoft Excel est un logiciel payant. Plus d'informations sur le site suivant : <http://office.microsoft.com/fr-be/>; Open Office.org Calc est un logiciel gratuit téléchargeable à l'adresse suivante: <http://fr.openoffice.org/>.

4.6 VGTEExtract

Cet outil simple d'utilisation et totalement libre permet de préparer les images SPOT VEGETATION pour l'analyse. En effet, ces images téléchargeables sur le site du VITO sont sous format HDF, compressées, et très générales (concernent tout le continent africain). VGTEExtract va permettre de décompresser les fichiers téléchargés, d'en extraire la sous-région qui nous intéresse, et de reformater les données dans un format qui nous convient. Sa manipulation est aisée, et il peut être utilisé en mode "batch", ce qui permet d'automatiser les opérations.

Disponibilité : VGTEExtract est disponible gratuitement au téléchargement à l'adresse suivante : <http://www.vgt4africa.org/VGTEExtract.do?lang=FR>.

Un manuel d'utilisation complet en anglais est également disponible à l'adresse suivante : http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGTEExtract_UserGuide.pdf.

Vous trouverez aussi l'exécutable d'installation du logiciel VGTEExtract dans le dossier "*Installation*" du Package formation.

Remarque importante

Il est important de noter que ce manuel ne contient pas la description complète de tous les programmes utilisés, et qu'il ne détaille que les fonctions particulières qui nous intéressent dans le cadre de cette méthode de prévision des rendements.

Pour plus d'informations concernant ces différents logiciels, ou pour aller plus loin dans leur utilisation, vous pouvez vous référer aux tutoriels ou aux manuels d'utilisations existants. Leur disponibilité est mentionnée ci-dessus.

5. Application sur une culture de rente : coton

5.1 Utilisation des données NDVI

5.1.1 Principe de fonctionnement de Vast

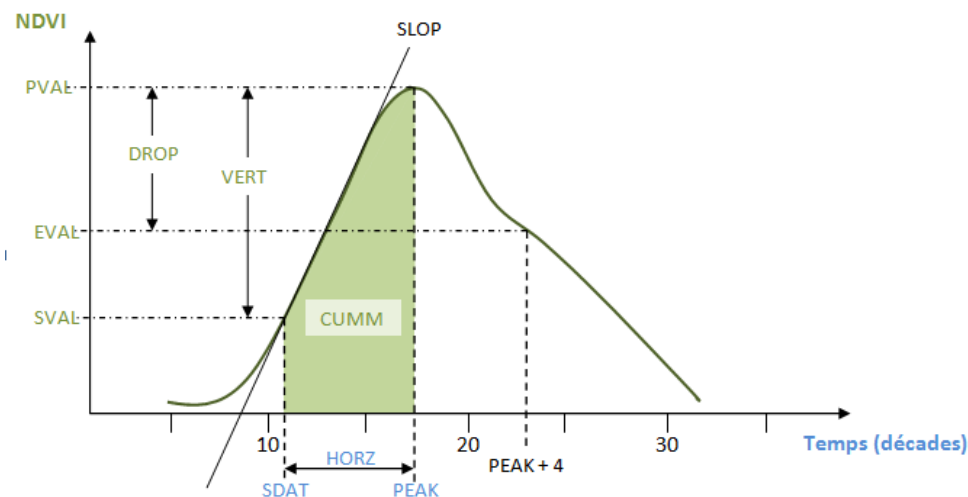
L'exploitation des données de NDVI va être réalisée grâce au programme Vast. Les initiales V.A.S.T. signifient "Vegetation Analysis in Space and Time". Il s'agit d'un petit programme rudimentaire tournant sous MS-DOS permettant l'analyse d'images satellitaires de NDVI. La particularité de ce programme est qu'il ne possède pas d'interface propre et qu'il est donc nécessaire, pour lui fournir ces données et le faire tourner, de passer par l'intermédiaire de l'invite de commande Windows.

Le principe est simple : le programme analyse en fait une série d'images NDVI correspondant à une année, et en tire une série de paramètres caractérisant l'évolution du NDVI tout au long de la saison. Ces paramètres vont être calculés pour chaque pixel de l'image, et ils seront présentés eux aussi sous forme d'image.

VAST crée donc les images suivantes :

- PEAK : la décade à laquelle le NDVI atteint son maximum
- SDAT : la décade de début de la saison agricole
- $HORZ = PEAK - SDAT$
- SVAL : la valeur du NDVI à SDAT
- PVAL : la valeur du NDVI à PEAK
- $VERT = PVAL - SVAL$
- EVAL : le NDVI au temps $PEAK + 4$ (soit environ la fin de saison)
- $DROP = PVAL - EVAL$
- SLOP : la pente de la droite qui rejoint (SDAT, SVAL) à (PEAK, PVAL)
- CUMM : la somme des valeurs de NDVI de SDAT à PEAK
- SKEW : le rapport entre la somme des 3 valeurs de NDVI suivant PEAK (de $PEAK + 1$ à $PEAK + 3$) et la somme des 7 valeurs de $PEAK - 3$ à $PEAK + 3$.

Ces paramètres sont représentés sur la figure ci-dessous.



5.1.2 Préparation des données d'entrée pour Vast

Tout d'abord, pour pouvoir être analysées par Vast, le nom des images doit respecter une structure particulière. Celle-ci comprend d'abord 2 lettres, puis 2 chiffres correspondant à l'année, suivis de 2 chiffres pour le mois et d'un chiffre pour la décade. Enfin vient l'extension. Exemple : **DV89021.img**.

Notons également que le programme contient un bug et n'accepte pas les images correspondant à l'année 2000. Il est donc nécessaire, avant de traiter cette année-là, de modifier le nom des images du type "vt**00**XXX.img" par "vt**50**XXX.img". Il faudra dès lors entrer "50" dans la commande pour traiter ces images.

Ensuite, il est conseillé de fournir à Vast un signal NDVI lissé, nettoyé des éventuelles "bad values", des parasitages dus aux nuages et des valeurs en dents de scie. Selon l'origine des images, un traitement peut déjà avoir été appliqué, de manière plus ou moins marquée. Il sera donc nécessaire de visualiser le signal avant de procéder à l'étude afin de déterminer si un traitement de lissage se justifie.

0° L'origine des images satellites de NDVI

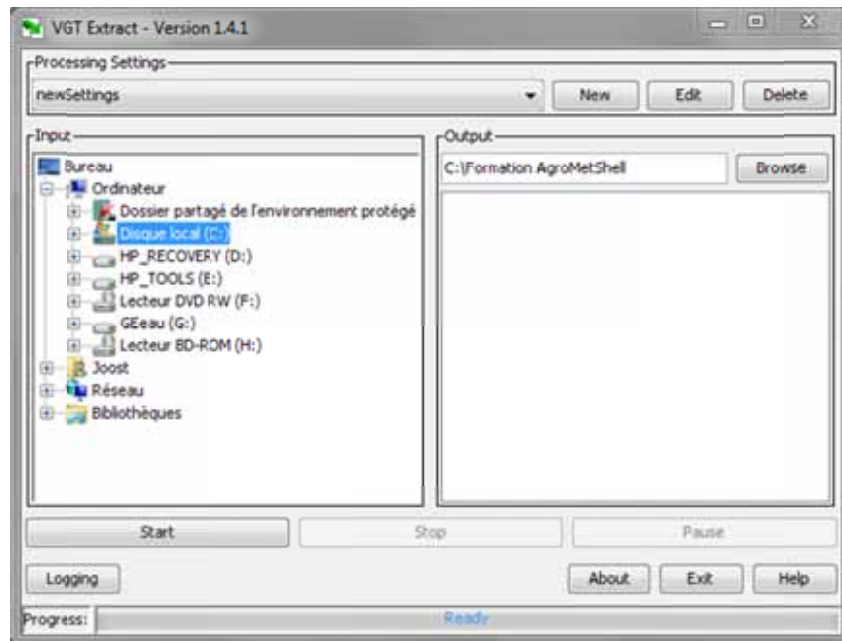
Dans le cadre de cet exercice, ce sont les images NDVI provenant du satellite **Spot Vegetation** qui seront utilisées. Ces images ont l'avantage d'être disponibles gratuitement 3 mois après leurs prises sur le site <http://free.vgt.vito.be>.

L'accès au site nécessite une inscription (gratuite). Une fois chose faite, les images seront disponibles au téléchargement. Les modalités pratiques à ce sujet sont disponibles sur le site même.

Les images téléchargées (une par décade) sont présentées sous la forme de fichiers zip contenant eux-mêmes différents fichiers. Ceux-ci sont sous des formats particuliers et concernent tout le continent africain. Il va donc être nécessaire de recouper ces images et de les convertir sous un format compatible Windisp et Vast. Le programme *VGExtract* peut être utilisé pour cela.

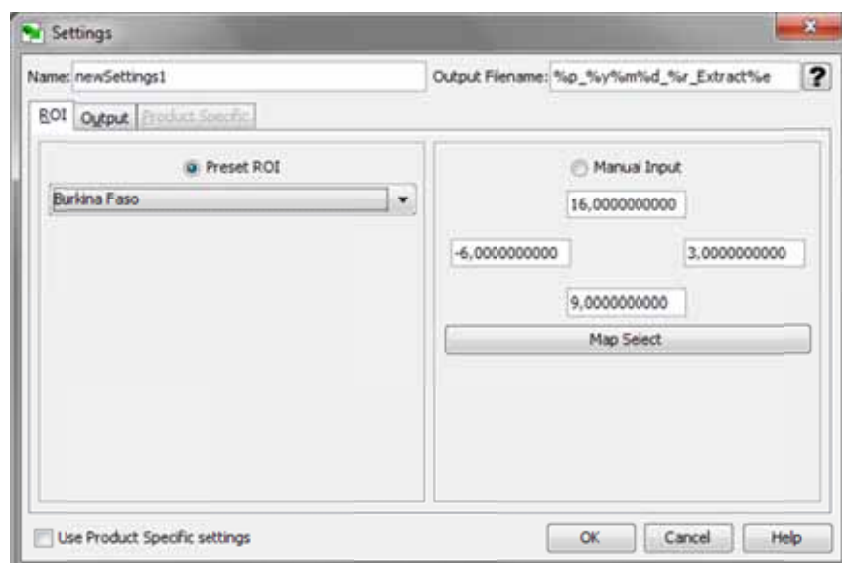
Un exemple de fichier téléchargé sur ce site se trouve dans le répertoire *"Exemple importation NDVI"*. Elle concerne la seconde décade du mois de juillet 2001. Nous allons brièvement décrire ici la manipulation pour en extraire l'image sous sa forme exploitable.

- Lancez l'application **VGExtract**.
- Cliquez sur l'onglet **New** en haut à droite de la fenêtre. Une boîte de dialogue apparaît à l'écran.

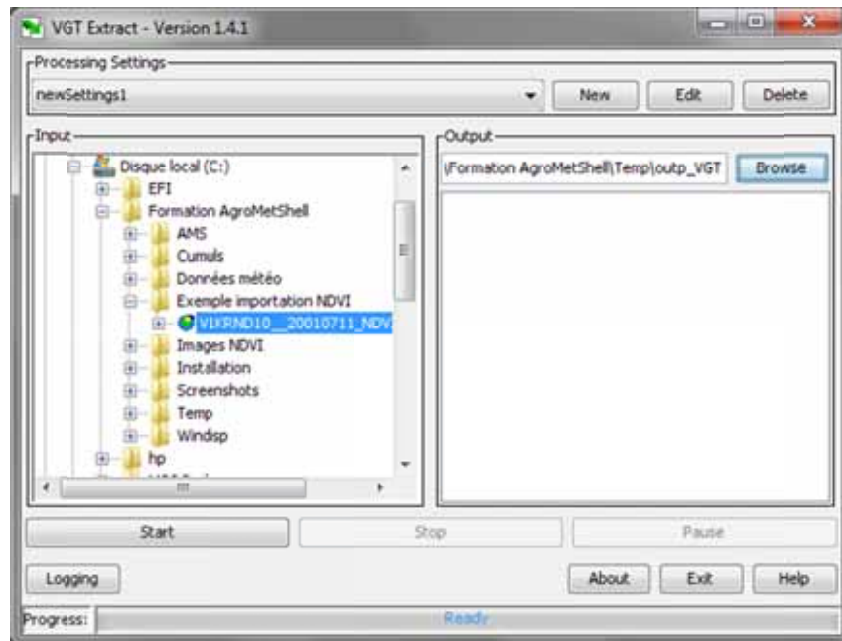


Cette fenêtre va permettre de définir les paramètres qu'il faut appliquer aux images, à savoir la zone à découper et le format de sortie.

- Sous l'onglet **ROI**, sélectionnez Burkina Faso dans le menu déroulant. Les coordonnées correspondant à la plage occupée par le Burkina Faso apparaissent alors sur la droite.



- Sous l'onglet **Output**, sélectionnez "**WinDisp IDA**" sous **Output Format**. Laissez les autres paramètres par défaut, et cliquez sur **ok**.
- Dans le cadre de gauche (input), recherchez le fichier zip téléchargé sur le site VITO. Dans le cadre de droite (output), spécifiez à l'aide de l'onglet **Browse** le répertoire de destination pour le fichier de sortie.



- Cliquez ensuite sur l'onglet Start en bas à gauche. Le traitement est alors réalisé (recoupage et convertissage de l'image décadaire de NDVI). L'image de sortie sera enregistrée dans le répertoire spécifié.

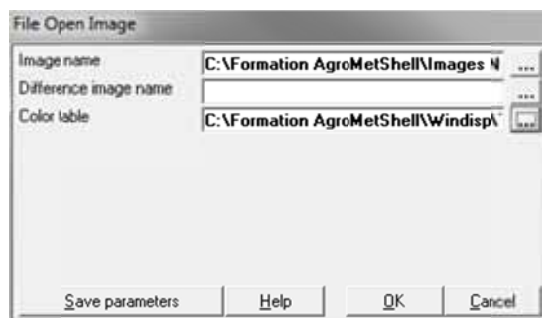
La manipulation effectuée ci-dessus avait juste pour but de vous expliquer le moyen de se procurer les images de NDVI et de vous familiariser avec VGTextextract. Toutes les images nécessaires à la suite de l'exercice ont déjà été téléchargées et recoupées. Elles se situent dans le répertoire "*Images NDVI*".

1° Planter le décor

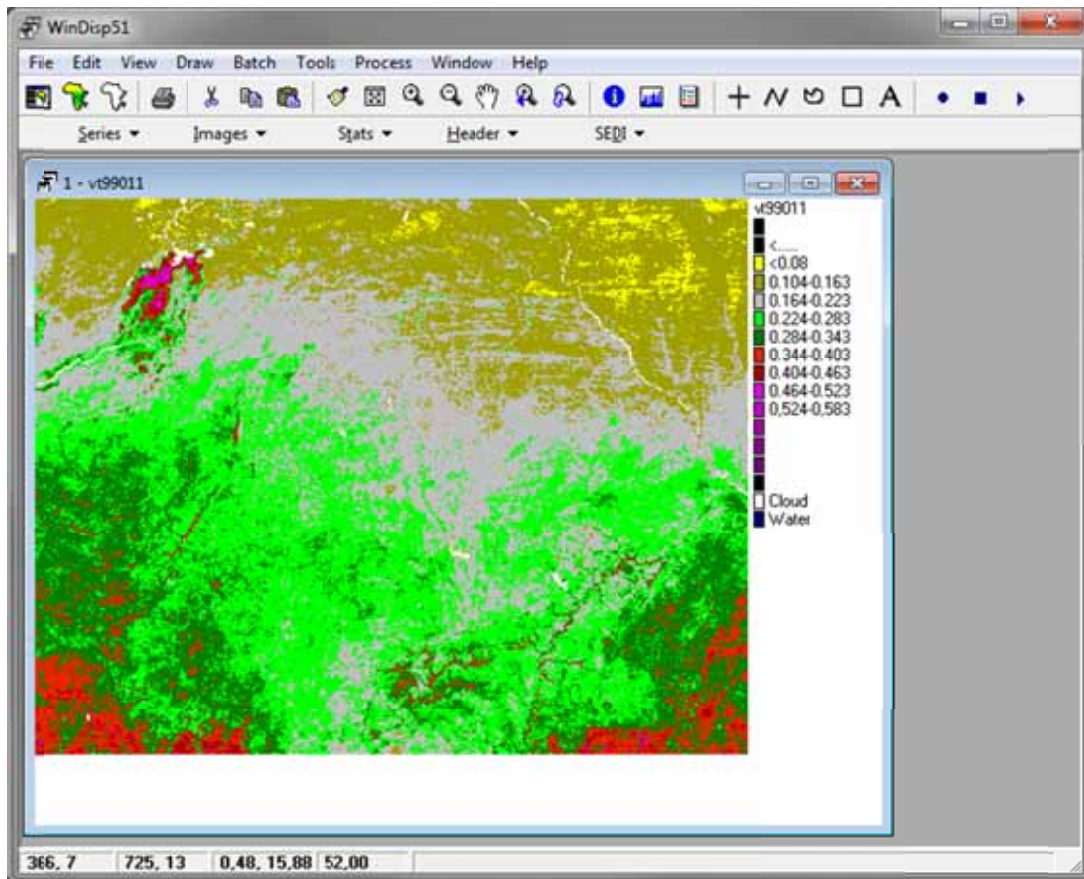
Pour procéder à la visualisation du signal NDVI, l'utilisation du logiciel Windisp est nécessaire. Lancez donc l'application (**Démarrer → Programmes → WINDISP5 → Windisp 5.1**).

Il vous faudra tout d'abord planter le décor. Commencez donc par ouvrir n'importe quelle image. Pour cela :

- Dans le menu **File → Open →** sélectionnez **Image**. Cette démarche possède un raccourci représenté par le continent africain colorisé. Une fenêtre apparaît.



- Cliquez sur l'onglet "...", et allez chercher n'importe quelle image NDVI. Dans la case **color table**, allez chercher la table de couleur NDVI dans le répertoire Windisp. C'est ce dernier fichier qui permettra d'afficher l'image en couleur selon les valeurs de NDVI de chacun des pixels.
- Cliquez sur **ok**. L'image apparaît alors à l'écran.



Il est possible de superposer à l'image une carte de la zone que l'on souhaite étudier. Dans ce cas, superposons une carte des provinces du Burkina Faso.

- Dans le menu **File → Retrieve → Map**. Une boîte de dialogue apparaît.

Dans l'onglet **Map file**, recherchez le fichier "**Burk45.BNA**" dans le répertoire Windisp. Cliquez sur **ok**. Une carte des provinces burkinabé se superpose maintenant sur l'image.

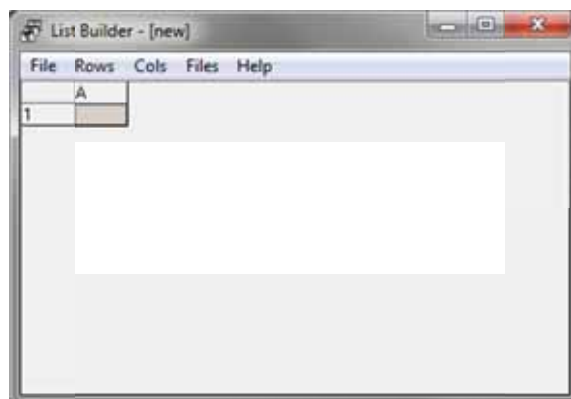
2° Visualisation du signal

Pour afficher l'évolution du signal NDVI sur un certain laps de temps (habituellement une année), il est nécessaire de créer une liste reprenant les images correspondant à cette période. Cette étape est importante pour déterminer si le signal NDVI est de qualité suffisante pour être directement analysé par Vast.

- Dans le menu **View → Graph →** sélectionnez **Image series**. La boîte suivante apparaît.



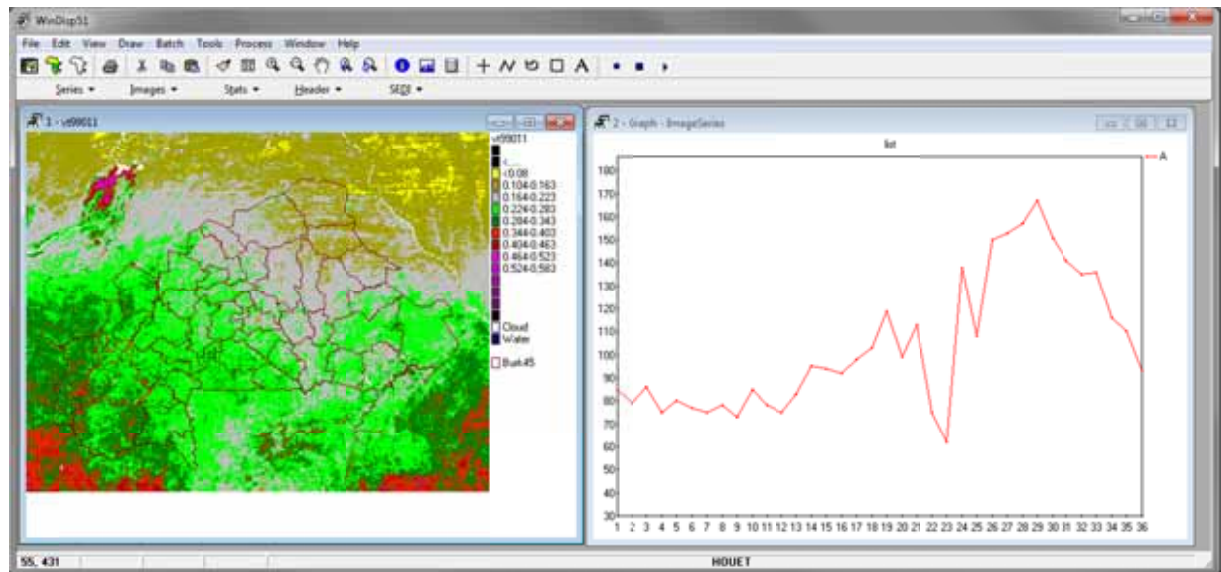
- Cliquez sur l'onglet "...". Une nouvelle boîte s'ouvre. C'est par l'intermédiaire de cette boîte que la création d'une liste va être possible.



- Dans le menu **File** de la boîte "**list builder**", sélectionnez **new**. Entrez le nombre d'images (c'est-à-dire 36) et cliquez sur **ok**. Entrez ensuite le nombre de colonne (1 dans ce cas) et cliquez sur **ok**.
- Dans le menu **Files** de cette même boîte, sélectionnez maintenant **Add**. Une autre boîte va alors s'ouvrir vous permettant de sélectionner les 36 fichiers de l'année que l'on désire observer.
- Sélectionnez en une fois les images de l'année 1999 dans le répertoire "*Images NDVI → non-traités*" grâce à la touche Ctrl. Cliquez ensuite sur **ok**. Vos fichiers sont maintenant repris dans la boîte "**list builder**". Enregistrez cette liste via le menu **File → Save as...** Quittez ensuite cette boîte pour revenir à la boîte "**View Graph Image Series**". Cliquez enfin sur **ok**.

Une nouvelle fenêtre nommée "**Graph**" apparaît alors. Celle-ci va permettre de visualiser graphiquement le signal NDVI de l'année 1999 pour chacun des pixels de la surface étudiée. Pour cela, **cliquez sur n'importe quel pixel de l'image**.

- Cliquez en différents endroits de l'image pour apprécier l'évolution du signal au cours de la saison de l'année 1999.



Question 1 : Que pouvez-vous observer quant au signal NDVI ?

3° Lissage du signal

Un signal NDVI tel que celui que vous venez de visualiser ne peut être utilisé tel quel. Un traitement de lissage est nécessaire. La méthode de lissage présentée dans cette méthode est réalisée à l'aide du logiciel Windisp qui a l'avantage d'offrir la possibilité de créer des macros afin d'automatiser les manipulations. En effet, elles peuvent devenir fastidieuses à réaliser lorsque le nombre d'images est important.

La procédure de lissage comprend donc trois étapes qui vont s'occuper respectivement des 3 types d'erreurs mis en évidence sur le signal NDVI :

- Des "bad values", se caractérisant par des pics très importants, comprises entre 251 et 254,
- Des valeurs anormalement faibles par rapport à leurs voisines directes (parasitage),
- Des valeurs en "dents de scies".

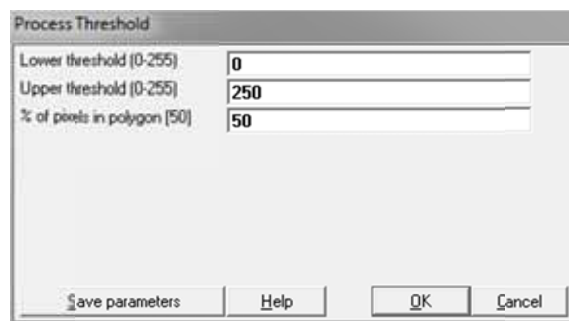
Deux des 3 traitements vont, pour le traitement de l'image n, faire appel à l'image n+1 et n-1. En globalité, cela implique qu'il est nécessaire de disposer des 2 dernières images de l'année avant l'intervalle considéré, et des premières images de l'année après ce même intervalle.

- Familiarisez-vous avec l'outil Windisp et la méthode de lissage en appliquant les 3 étapes du traitement sur quelques images non traitées de 1999. Vous pourrez ensuite continuer l'exercice avec la totalité des images déjà traitées se trouvant dans le répertoire "*Images NDVI*" ➔ "*Traitées*".

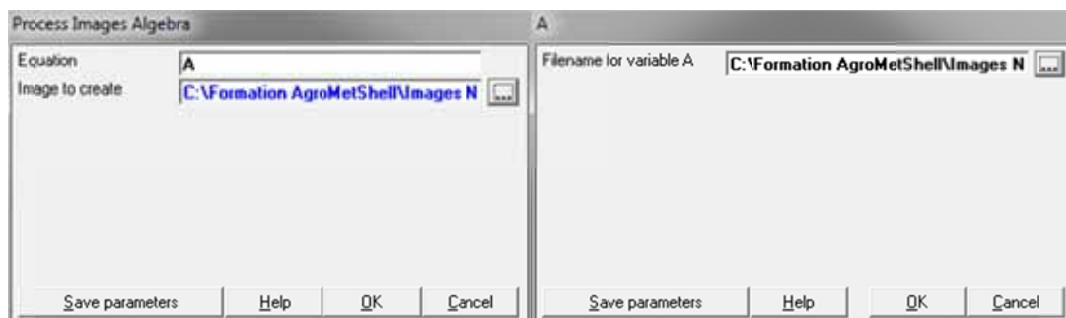
a) Suppression des "bad values"

La combinaison des 2 fonctions utilisées ici va permettre de remplacer les valeurs de pixel supérieures à 250 par des valeurs de 0.

- Dans un premier temps, définissez un "seuil d'analyse". Pour ce faire ; **Process → Threshold**. Entrez les paramètres suivants : **Lower threshold = 0, Upper threshold = 250**, le reste restant par défaut.



- Ensuite, **Process → Images → Algebra**. Entrez simplement comme équation : **A**. Introduisez dans "Image to create" le nom et le chemin d'accès de l'image corrigée à créer (vous pouvez la placer dans le répertoire "*Images NDVI → Traitement 1*"). Cliquez sur **ok**. Introduisez ensuite dans "Filename for variable A" le fichier que vous voulez traiter. Cliquez sur **ok**.

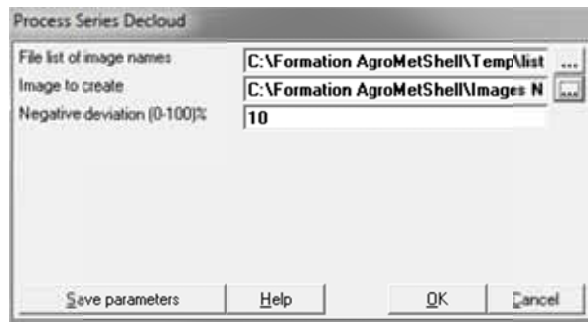


L'image a ainsi subi le premier traitement.

b) Suppression du parasitage

Le parasitage va être supprimé à l'aide d'une fonction spécialement dédiée de Windisp. Sur base de liste de 3 images successives, Windisp va corriger les valeurs de l'image du milieu si elles dévient de plus de 10% par rapport à celles de la 1^{ière} et la 3^{ième} qui servent en fait d'images de références.

- Dans le menu **Process →** sélectionnez **Series → Decloud**.



- Cliquez sur l'onglet "..." à côté de la première case, et créez une liste de trois images successives, celle du centre étant l'image à traiter. Spécifiez le nom et l'emplacement pour le fichier corrigé (à placer dans le répertoire "*traitement 2*"). Laissez la "*negative deviation*" sur 10. Cliquez sur **ok**.

L'image a ainsi subi le second traitement.

c) Lissage des "dents de scie"

Le traitement contre les dents de scie est basé sur un lissage du type $(A+B+C)/3$, B étant l'image en cours de traitement. Pour cela, nous allons réutiliser la fonction déjà expliquée plus haut.

- Dans le menu **Process** → sélectionnez **Images** → **Algebra**. Comme équation, introduisez **$(A+B+C)/3$** . Spécifiez en-dessous le nom et le répertoire où enregistrer l'image modifiée (par exemple dans le répertoire "*traitement 3*"). Cliquez sur **ok**.
- A la seconde étape, spécifiez l'image qui précède l'image traitée (A).
- A la troisième étape, spécifiez l'image à traiter (B).
- Enfin, à la dernière étape, spécifiez l'image qui suit l'image traitée (C).

L'image a ainsi subi le troisième et dernier traitement.

Remarques

Ces traitements, relativement fastidieux lorsqu'un grand nombre d'images sont concernées, peuvent être automatisés par l'intermédiaire de macros. Vous trouverez des informations supplémentaires concernant ces macros en fin de manuel (Chapitre 10: "Pour aller plus loin...")

5.1.3 Estimation des paramètres

Une fois en possession d'un signal NDVI lisse, l'analyse des images peut avoir lieu. Il est cependant nécessaire de renseigner Vast sur certains paramètres. Ceux-ci concernent en fait les critères que le programme devra appliquer lors de son analyse. Ces paramètres doivent être estimés au mieux afin de minimiser les risques de répercussions sur les résultats. Il s'agit de la phase la plus délicate du traitement des données NDVI.

Les paramètres à estimer sont au nombre de 4 :

- **[st_mon]** est le mois de début de saison. C'est à partir de la 1^{ère} décade de ce mois que les images seront analysées,
- **[ed_mon]** est le mois de fin de saison agricole. Les images seront analysées jusqu'à la 3^{ième} décade de ce mois.
- **pbase** est la valeur seuil de NDVI requise pour déclarer le début de saison agricole.
- **Ptol** est la valeur d'accroissement minimale de NDVI à observer sur 2 décades (**n+1** et **n+2**) pour pouvoir déclarer la décade **n** comme étant le début de saison.

Ces quatre paramètres vont devoir être estimés pour chaque saison (c'est-à-dire pour chaque année) sur base de l'observation du signal de NDVI. En effet, les saisons diffèrent d'une année à l'autre. Pour réaliser ces estimations, nous allons donc à nouveau faire appel à la technique déjà utilisée ci-dessus pour afficher un graphe de l'évolution du signal NDVI au cours de la saison.

- Créez pour chacune des années (de 1999 à 2009) un fichier "list" reprenant les 36 images décadaires traitées. Utiliser pour cela les images NDVI contenues dans le dossier **Images NDVI → Traitées**. Pour réaliser les fichiers list, référez-vous au point 2° (*visualisation du signal*), p17.
- Observez l'évolution du signal NDVI pour une série de pixels situés dans la zone étudiée (province du Houet), et tentez d'évaluer les 4 paramètres de VAST pour chacune des années.

5.1.4 Utilisation de Vast

Pour lancer l'analyse des images, il est nécessaire de passer en mode de contrôle DOS. Il faut pour cela ouvrir l'invite de commande Windows. C'est en effet par son intermédiaire que l'on peut utiliser Vast.

- Dans le menu **Démarrer → Programmes → Accessoires →** Sélectionnez **Invite de commandes**. Une fenêtre de ce type s'ouvre alors.



- Dirigez-vous vers le dossier "Vast". Pour cela, tapez **cd /** puis **Enter**. Entrez ensuite **cd vast**, et à nouveau **Enter**. Vous devriez alors avoir une fenêtre ressemblant à ceci :



A partir de là, vous pouvez introduire directement les instructions destinées à Vast, à savoir le chemin d'accès vers les images à traiter, le chemin d'accès vers le répertoire de destination pour les outputs, et les paramètres à appliquer pour l'analyse.

La structure des commandes à entrer sous MS-DOS est la suivante :

VAST3 <cc> <yr> [inpath] [outpath] [ext] [mon_beg] [mon_end] [pbase] [ptol]

Avec : **<cc>** = 2 premières lettres du fichier,

<yr> = l'année,

[inpath] = Chemin d'accès vers les données à analyser,

[outpath] = Chemin d'accès vers le dossier où stocker les outputs,

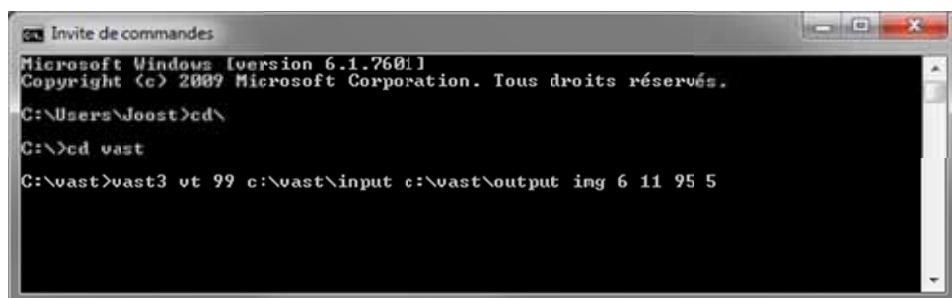
[ext] = L'extension des fichiers images à analyser,

[mon_beg], **[mon_end]**, **[pbase]** et **[ptol]** ayant été déjà expliqué plus haut.

Exemple : vast3 vt 89 C:\vast\input C:\vast\output img 4 10 55 5

Une ligne de commande comme celle-ci correspond donc à la demande de traitement pour les 36 images décennales de 1989. Une ligne est donc suffisante pour analyser une année.

- Placez les images à analyser dans le dossier "*Input*" de Vast.
- Sur base des valeurs *ptol* et *pbase* que vous avez définies préalablement, introduisez les instructions d'analyse dans l'invite de commande Windows pour la première année disponible, c'est-à-dire 1999. Pour information, la valeur de pbase doit se situer autour des 95, et ptol aux alentours de 5 ou 6 et ce, pour toutes les années disponibles.
- Tapez sur **Enter**.



- Recommencez la manœuvre pour les autres années disponibles (de 2000 à 2009).

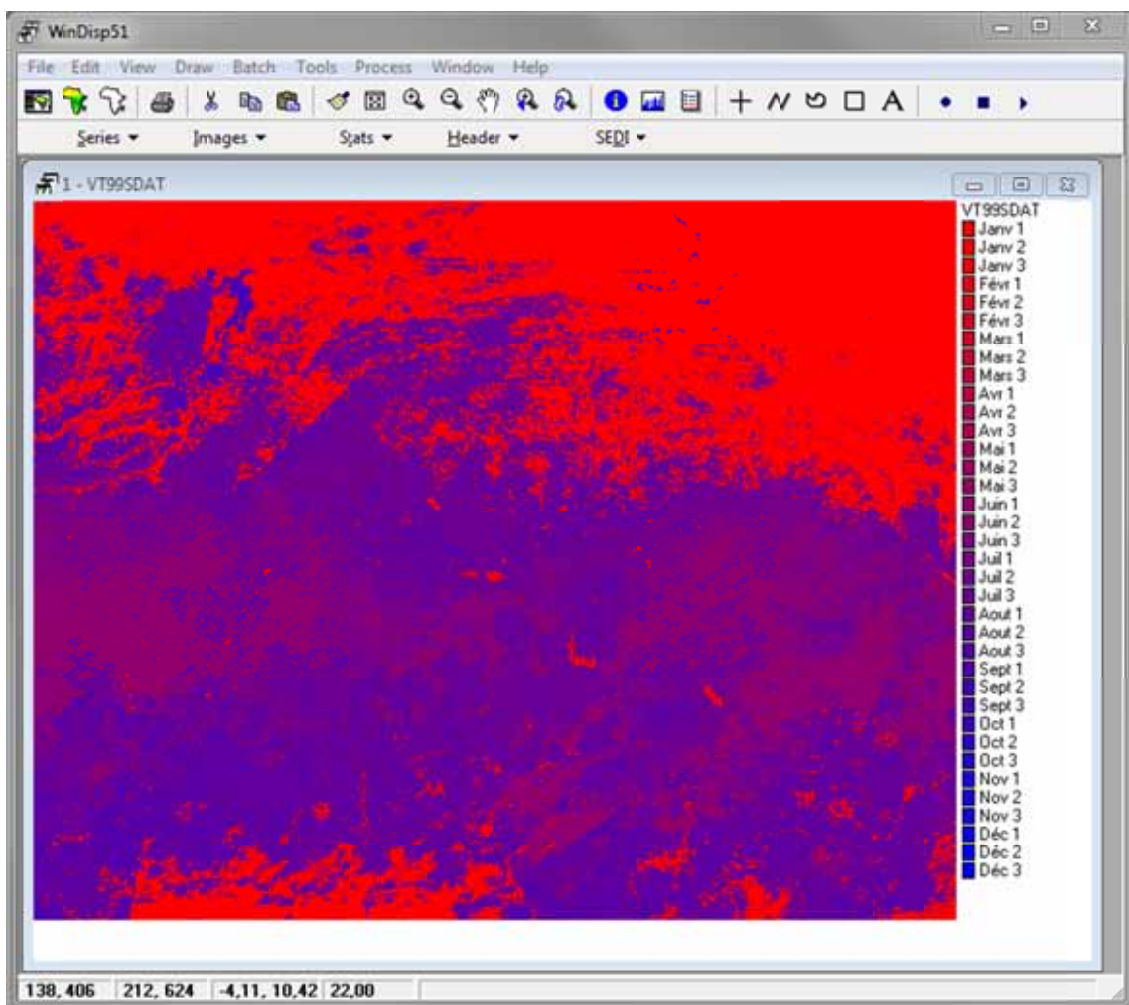
Une fois les lignes de commandes effectuées, vous trouverez les outputs pour chacune des années analysées dans le répertoire spécifié (*C:/Vast/Output*). Il y a donc 12 fichiers par année analysée.

Attention! Il est à noter que les chemins d'accès aux répertoires des inputs et des outputs ne peuvent être plus longs que 15 caractères.

5.1.5 Extraction des données traitées via Windisp

Les fichiers créés sont des fichiers "image", tout comme les fichiers d'entrée, avec une valeur attribuée à chacun des pixels analysés. Cette valeur peut représenter un indice NDVI ou une décade, selon le paramètre dont il est question. Ces images "outputs" sont donc affichables dans Windisp au même titre que les images "d'entrée", à la condition de joindre une table de couleur adaptée.

- Vérifiez les fichiers créés dans le répertoire *C:/vast/output*. Remarquez l'existence de 12 fichiers par année.
- Ouvrez Windisp. Ouvrez le fichier "**SDAT.IMG**" via l'onglet rapide "Afrique colorée". Comme table de couleur, sélectionnez la table nommée "**date_décade**".

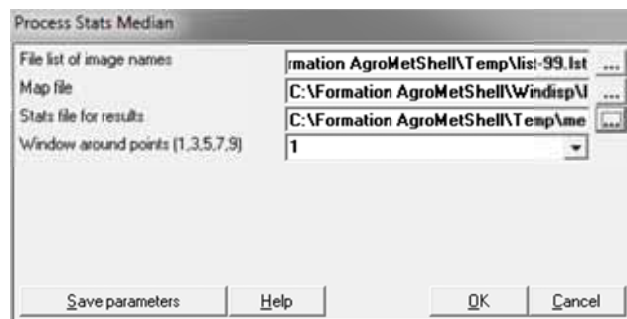


Le paramètre SDAT étant la décade de début de saison agricole, les valeurs associées aux pixels seront toujours comprises entre 1 et 36. Il faut donc y associer une table de couleur particulière comprenant 36 nuances de couleur pour les 36 décades.

Les sorties de Vast ne sont pas exploitables telles quelles dans la méthode de prévision. Pour pouvoir les utiliser, il faut d'abord les extraire au format ASCII (texte). Pour ce faire, Windisp sera à nouveau utilisé. Ce logiciel permet, grâce à la superposition d'une carte de frontière, d'extraire les données en réalisant des statistiques (moyenne, médiane, min et max, etc...) sur un territoire considéré, qu'il s'agisse d'un pays, d'une province, d'une région,....

Dans le cas d'exemple, en superposant la carte des provinces du Burkina, nous pouvons extraire la médiane de chacun des paramètres calculés par Vast, et ce, pour chacune des provinces du Burkina.

- Dans le menu **Process**, sélectionnez **Stats → Median**.



La fenêtre ci-dessus va apparaître.

- Via la première case, créez un fichier liste (comme expliqué ci-dessus) comprenant la ou les images dont vous voulez extraire les données. Dans ce cas, commencez par créer un fichier contenant toutes les images de SDAT pour toutes les années disponibles, à savoir de 1999 à 2009. Appelez par exemple le fichier liste "**list_SDAT_99-09.lst**".
- Dans la seconde case, sélectionnez le fichier frontière qui doit être utilisé pour les statistiques. Dans ce cas, il s'agit des provinces du Burkina.
- Dans la troisième, précisez le chemin d'accès et le nom du fichier de valeurs SDAT que vous allez créer. Appelez-le par exemple "**Med_SDAT_99-09.xls**". N'oubliez pas l'extension "**.xls**" afin que le fichier créé soit bien un fichier Excel.
- Cliquez enfin sur **ok**.

Le fichier Excel nouvellement créé s'ouvre alors automatiquement. Il reprend un tableau présentant les médianes par province du paramètre SDAT pour chaque année, une province par ligne et une année par colonne.

- Faites la même manipulation pour les 11 autres paramètres de sortie de Vast. Vous obtiendrez ainsi 12 fichiers Excel (un par paramètre de sortie) reprenant les moyennes des valeurs par province. Ces valeurs pourront ainsi être facilement reprises selon la province étudiée pour l'étape statistique de la méthode.

5.2. Utilisation des données météorologiques et agronomiques

5.2.1 Principe de fonctionnement d'AMS

Les opérations que réalise AMS s'appuient sur le calcul du bilan hydrique des cultures selon le modèle CSSWB (Crop Specific Soil water balance) de la FAO. Ce modèle simple constitue l'unité centrale du logiciel, et va permettre l'évaluation d'une série de paramètres. Ce modèle part simplement du principe qu'à la fin d'un intervalle de temps j , la quantité d'eau disponible dans un sol est égale à la quantité que ce sol contenait à la fin de l'intervalle $j-1$, additionnée de la quantité d'eau apportée par les précipitations durant l'intervalle j , moins l'évapotranspiration durant cette même période et moins les pertes par ruissellement et infiltration profonde. Cette supposition assez simple peut s'écrire :

$$W_{(j)} = W_{(j-1)} + P + ET_m - \text{pertes}$$

Avec $W_{(j)}$ et $W_{(j-1)}$ = quantité d'eau disponible dans la zone racinaire à la fin des périodes j et $j-1$,
 P = précipitation durant la période j ,
 ET_m = Evapotranspiration maximale durant la période j ,
Pertes = pertes d'eau par ruissellement et infiltration profonde.

Le plus souvent pour ce modèle, le pas de temps décadaire est choisi. Il permet une précision suffisante pour ce genre d'application sans nécessiter de trop grandes quantités de données parfois difficiles à obtenir.

L'évapotranspiration dont fait mention le modèle, c'est-à-dire ET_m , représente la consommation en eau de la culture lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant. Il s'agit donc de l'évapotranspiration maximale qui peut se produire dans des conditions météo données, pour une culture particulière à un stade de développement donné. L'évapotranspiration réelle de la culture s'approchera plus ou moins de cette valeur, en fonction par exemple de la disponibilité en eau dans le sol et du mode de culture.

Cette valeur d' ET_m est obtenue en multipliant un facteur environnemental de référence (l'évapotranspiration de référence ET_0) par un coefficient appelé coefficient cultural (K_c ou K_{cr}) selon la formule :

$$ET_m = ET_0 \times K_c$$

Le coefficient cultural K_c varie donc lui aussi selon la plante considérée, et selon son stade phénologique. En fait, il va caractériser la demande en eau de la plante tout au long de sa croissance. L'évolution de la valeur de K_c tout au long du cycle va de ce fait se présenter sous la forme d'une cloche (Figure 2.2). La valeur du coefficient sera minimale au départ du cycle, pour la phase d'initialisation, durant laquelle le sol est encore prédominant, et elle sera maximale pour la phase reproductive de la plante (floraison-fructification), durant laquelle la plante recouvrira quasiment toute la surface culturale. Elle diminuera ensuite pour atteindre une valeur relativement faible en fin de cycle (K_c de maturation).

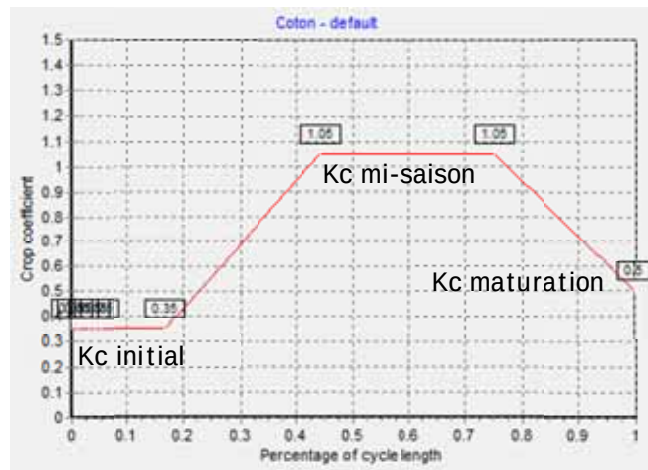


Figure 2.2 : Exemple de l'évolution de la valeur de Kc au cours d'un cycle de croissance (180 jours), dans ce cas le coton.
 Source : Représentation par AMS de valeurs issues de FAO, Crop evapotranspiration, 1998.

Enfin, les pertes peuvent quant à elles être évaluées à l'aide d'un paramètre indiquant la quantité d'eau de pluie réellement disponible pour la culture. Il s'agit du pourcentage de pluie efficace (effective rainfall).

Notons tout de même que l'utilisation de AMS dans un contexte de prévision des rendements implique que l'eau soit un facteur limitant dans la croissance de la culture considérée, sans quoi les valeurs de rendements ne sauraient être corrélées aux paramètres de sorties du logiciel.

Démarrer AgrometShell

Cette première manipulation va permettre une première prise en main du logiciel et une présentation de l'outil.

- Cliquez dans le menu **Démarrer** → Sélectionnez **Programmes** → **AgrometShell 1.57**.

Une fois le programme lancé, la fenêtre du logiciel apparaît à l'écran. Vous pouvez voir sur le haut de cette fenêtre une barre de menu déroulant, ainsi qu'une barre d'accès rapide (série de pictogrammes) juste au dessous. Vous remarquerez également l'appellation de la fenêtre qui reprend le nom du programme suivi d'un chemin d'accès. Il s'agit du chemin d'accès de la base de données reliée à AMS.

La première chose à faire est de configurer le logiciel afin qu'il soit adapté à votre travail. Cela concerne l'éditeur de fichiers ASCII, le fichier fournissant les frontières de la zone étudiée (par ex. les frontières nationales ou provinciales), et une image par défaut de cette même zone.

- Dans le menu **Edit**, sélectionnez **General Configuration** afin de modifier les valeurs par défaut. Dans la première case, sélectionnez un éditeur de texte ASCII (par exemple, le bloc note Windows), dans la seconde, sélectionnez le fichier 'BKFAD1.bna' se trouvant dans le dossier AMS. Enfin dans la troisième, sélectionnez n'importe quelle image satellite du Burkina.
- Cliquez ensuite sur **ok**.



Pour valider les changements, quitter AMS et relancez-le à nouveau.

Vous voyez maintenant s'afficher la carte des provinces du Burkina Faso en fond lors du lancement d'AMS. Il est maintenant prêt à être utilisé dans le contexte du Burkina Faso. Avant de commencer à importer des données, il est également possible de définir une base de données autre que celle liée par défaut au logiciel (par exemple une base de données possédant déjà des données météo).

- Dans le menu **Database** → pointez **Configure** → sélectionnez **Select Database File**.



- Sélectionnez la base de données "GMFSDamien" dans le dossier AMS. Cliquez ensuite sur ok.

5.2.2 Les entrées

Pour pouvoir "tourner", et donc procéder aux simulations des bilans hydriques, AMS doit disposer d'une série d'informations et de données qui sont de deux types, à savoir :

- Des données météorologiques et climatiques,
- Des données agronomiques.
-

Les données météo concernent essentiellement la pluviométrie et l'évapotranspiration de référence³. Les autres paramètres climatiques tels que la pression atmosphérique, la vitesse du vent, l'humidité relative, et la température peuvent également être introduits dans la base de données, mais ils ne sont pas indispensables pour les simulations, mais peuvent être également ajoutés. Ces données doivent être disponibles – au format décadaire – pour toute la durée du cycle et pour un nombre de stations en adéquation avec l'étendue de la zone étudiée, et elles peuvent être importées soit sous la forme de fichiers tableurs, soit sous la forme d'images au format compatible Windisp.

Notons que lorsqu'une simulation est lancée et que des données climatiques réelles essentielles sont manquantes, AMS les remplace par des données normales. Ceci explique le fait que l'on

³ Parfois également appelée évapotranspiration potentielle, terme ambigu qui est également utilisé pour parler de l'évapotranspiration maximale.

puisse réaliser des simulations avant la fin de la saison, et donc de se servir des paramètres estimés par le logiciel dans la prévision des rendements. Néanmoins, AMS n'effectue une simulation que si 40% au moins des données pluviométriques sont réelles.

Concernant les informations agrométéorologiques, il faut fournir au logiciel :

- les dates de semis,
- la durée du cycle de la plante étudiée,
- la capacité de rétention en eau du sol (Water Holding capacity, WHC),
- le pourcentage de pluie effective,
- le coefficient cultural de pré-saison et des différentes phases phénologiques de la plante (Kc).

La capacité de rétention en eau, ou WHC, représente en fait la différence entre la capacité au champ et le contenu en eau du sol au point de flétrissement sur l'épaisseur de sol parcourue par les racines. Il s'agit donc de la quantité d'eau facilement disponible pour le système racinaire des plantes.

A noter que les dates de semis, outre la possibilité d'être introduite manuellement, peuvent être calculées par le programme à partir des données climatiques et des besoins en eau durant la phase d'initialisation de la culture considérée.

Un troisième type d'information peut être intégré dans AMS. Il s'agit d'images ou de cartes géo-référencées représentant par exemple des limites administratives, et qui vont permettre la localisation spatiale des stations et donc la portée des paramètres de sortie d'AMS.

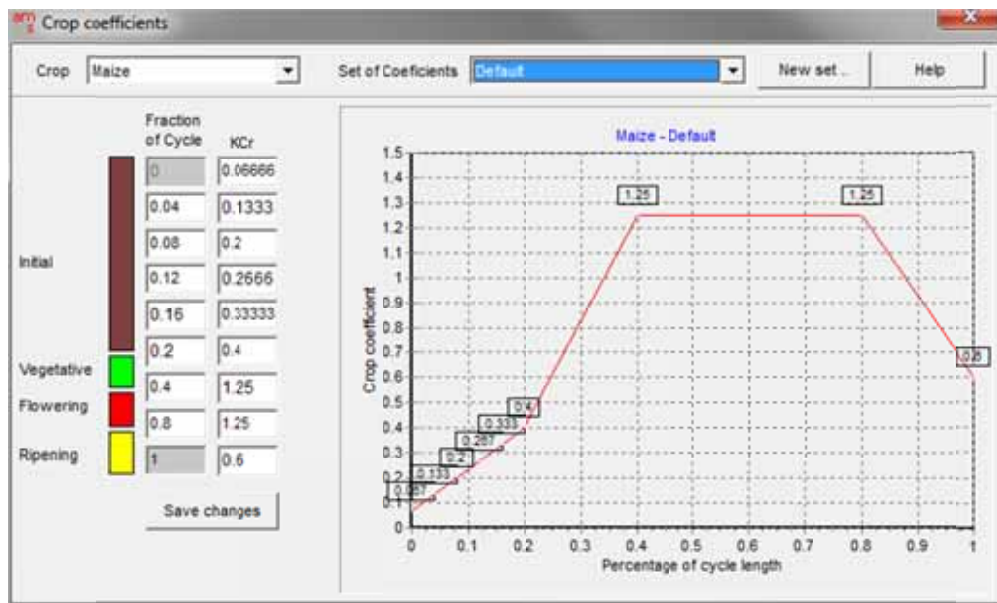
1° Introduction des Données agronomiques

Parmi tous les paramètres cultureux nécessaires au calcul des bilans hydriques, la plupart sont susceptibles de varier selon les années ou les lieux considérés, et seront donc introduits en même temps que les données météo. Seuls les valeurs du coefficient cultural pour les différentes phases phénologiques de la plante considérée peuvent être introduites une fois pour toutes dans le logiciel. Ces valeurs sont même pré-encodées pour les cultures les plus communes, telles que maïs, blé, riz, arachide, etc. Il est néanmoins possible de rajouter des jeux de valeurs pour d'autres cultures, et même de définir différents sets de valeurs pour une même culture.

La première chose à faire est de vérifier s'il existe déjà des données de Kc concernant la culture que l'on veut étudier, à savoir le coton dans ce cas d'étude. Pour cela :

- Aller sous le menu **Database → Configure → Crop coefficient**.

Une fenêtre telle que celle ci-dessous s'ouvre alors. Les cultures pour lesquelles des valeurs de Kc aux différents stades phénologiques sont déjà préenregistrées dans le programme (maïs, haricot, blé, mil, sorgho, riz, ...) sont reprises dans le menu déroulant en haut à gauche (**Crop**).



- Naviguez dans le menu déroulant et comparez l'évolution du Kc des différentes cultures via les graphiques et les valeurs s'y rapportant.

Le coton ne figurant pas dans les cultures préenregistrées, il est nécessaire de l'introduire manuellement. Pour cela :

- Fermez la fenêtre **Crop coefficient**, et sélectionnez dans le menu **Database** → **Configure** → **Crops**.

The 'Database crops' window displays a table with the following data:

CropID	CropName	DefThreshold	ReduceValue	ExcessAmount
1 M	Maize	0	3	100
2 L	Millet (bulrush)	0	3	100
3 T	Tef	0	3	100
4 B	Beans (haricot)	0	3	100
5 W	Wheat	0	3	100
6 S	Sorghum	0	3	100
7 F	Finger millet	0	3	100
8 R	Flooded rice	1	3	100
9 U	Upland rice	0	3	100
10 E	ETP	0	3	100
11 X	Any crop	0	3	100
12 P	Peanuts	0	3	100

- Cliquez sur le "+" situé dans le bas de la fenêtre. Une nouvelle ligne apparaît. Complétez-la avec les informations de la nouvelle culture comme suit :

CropNo	CropID	CropName	DefThreshold	Reduce Value	ExcessAmount
13	C	Coton	0	3	100

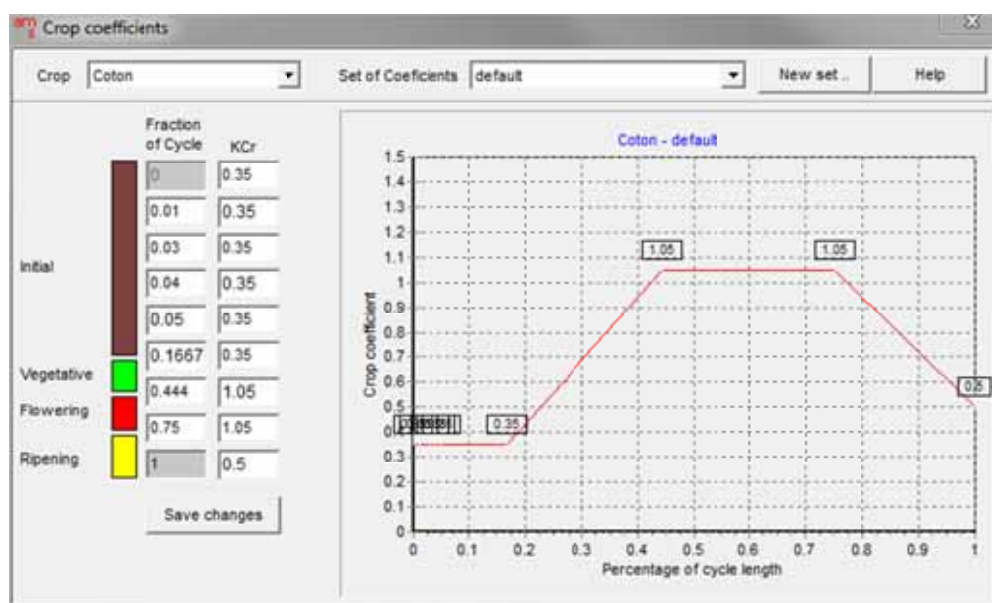
- Cliquez ensuite sur le petit "**V**" pour valider votre nouvelle entrée.
Fermez la fenêtre et retournez sous **Database** ➔ **Configure** ➔ **Crop coefficient**.

- Sélectionnez "**coton**" dans le menu déroulant **Crop**.

Complétez les valeurs de Kc en fonction de la fraction du cycle correspondante. Pour ceci, aidez-vous du tableau ci-dessous :

	Phase d'initiation	Phase végétative	Phase reproductive	Phase de maturation	Total
Durée	10 jours	50 jours	55 jours	45 jours	160 jours
Kc	0.35	0.35 → 1.15	1.15	1.15 → 0.5	

- Vous devriez obtenir un graphe ressemblant à ceci :



- Cliquez sur l'onglet **Save changes**, puis fermez la fenêtre.

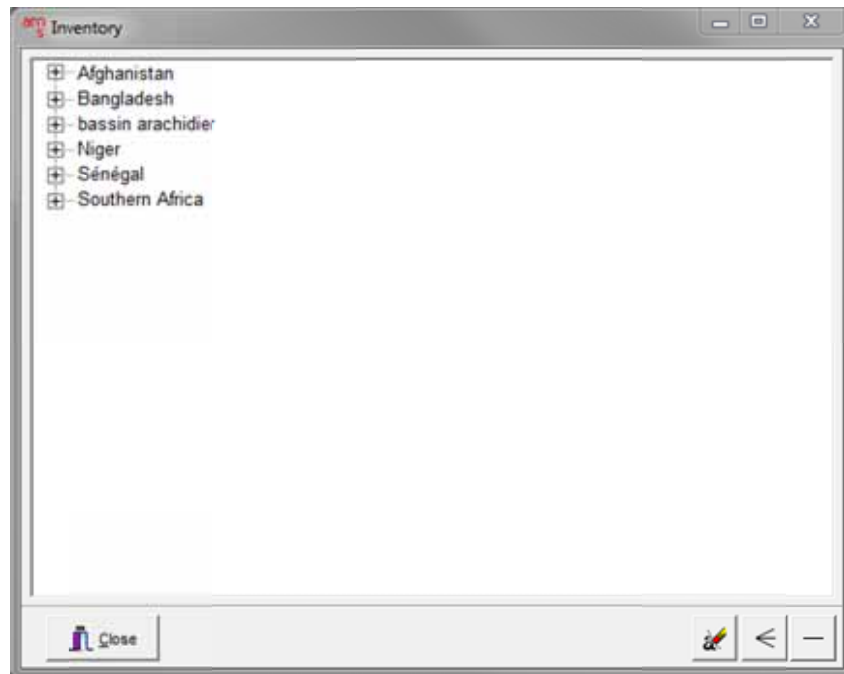
2° Préparation de la base de données à l'importation

Le but de cet exercice est d'apprendre à maîtriser les différentes méthodes d'importation de données dans AMS.

L'encodage des données climatiques peut se faire de 3 manières différentes ; soit directement au clavier, soit par importation de fichiers ascii, soit par importation de données sous format image. Ces deux dernières méthodes sont préférentiellement employées pour raison évidente de facilité.

Avant de commencer à introduire les données dans la base, il faut s'assurer qu'il existe bien une liste dans laquelle nous pourrions classer les données que nous voulons importer. Nous voulons dans ce cas importer des données météo du Burkina Faso.

- Pour vérifier si une liste "*Burkina Faso*" existe déjà, allez dans le menu **Database**, puis sélectionnez **Data Inventory**.



Une fenêtre **Inventory** va dès lors apparaître, et mentionner toutes les listes présentes dans la base de donnée. Si la base "*Burkina Faso*" n'y figure pas, il faut la créer.

- Dans le menu **Database** → Sélectionnez **Manage station lists**.



Une fenêtre nommée "**Stations...**" apparaît.

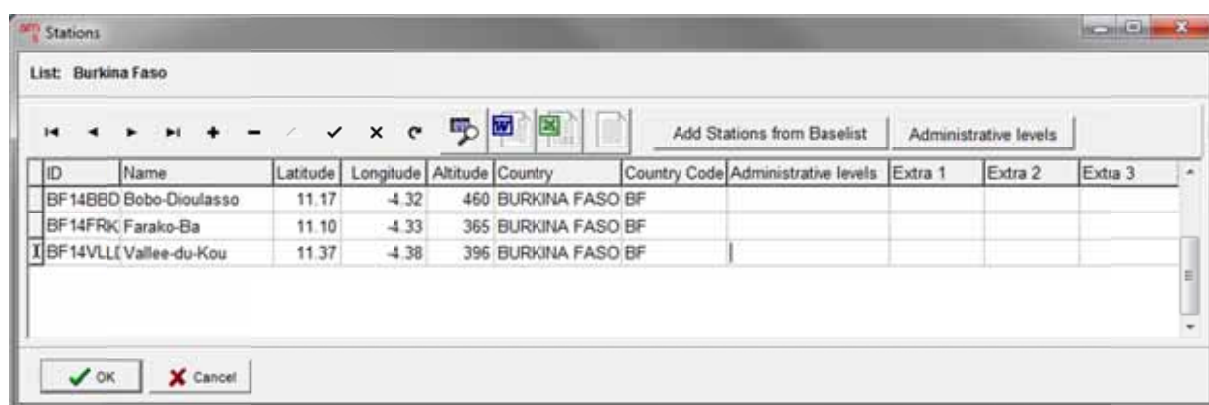
- Sélectionnez **<Create a new list>** et spécifiez-en le nom dans la dernière case. Cliquez ensuite sur **ok**.

Une nouvelle fenêtre apparaît alors. C'est par celle-ci que nous allons entrer les coordonnées des stations pour lesquelles nous avons des données. Il faut introduire le numéro d'identification de la station (ID), le nom, la latitude, la longitude, l'altitude, et le pays dans lequel elle se trouve. **Notons que cette étape n'est pas nécessaire dans le cas où les données météo sont importées par fichiers ascii et que les infos sur les stations sont également présentes dans**

ce fichier. Elles seront en effet importées dans ce cas en même temps que les données proprement dites.

- Introduisez les 3 stations principales de la province du Houet, à savoir **Bobo-Dioulasso**, **Farako-Ba** et **Vallée du Kou**. En voici les coordonnées :

Nom	Identification	Latitude	Longitude	Altitude
BOBO-DIOULASSO	BF14BBDL	11.17	-4.32	460
FARAKO-BA	BF14FRKB	11.10	-4.33	365
VALLEE-DU-KOU	BF14VLLD	11.37	-4.38	396



- Après avoir complété une ligne, cliquez sur le "+" pour en ajouter une autre. Lorsque les 3 stations sont introduites, cliquez sur **ok**.

3° Importation de données au format ascii

- Sélectionnez dans le menu **Database → Import → From ASCII File**. Une boîte de dialogue vous invite alors à entrer le chemin d'accès vers le fichier ascii contenant vos données météorologiques.
- Aller chercher le fichier "**rainburkina**" dans le dossier "Données météo" → "*Données normales*". Cliquez sur **ok**.

| Notez que le fichier de donnée à importer doit être au format **.dat**, **.csv**, **.asc** ou **.txt**.

La fenêtre ci-dessous apparaît à l'écran.

Step 1: Specifying the file

```

"COUNTRY NAME","STATION-ID","WMO-CODE","STN-NAME","LON","LAT","ELEVATION (m)","ELEMENT-CODE","BEGIN-";
"BURKINA_FASO","BF40RBND","0","ARIBINDA",-0.85,14.22,302,208,1961,30,0,0,3,5,21,49,118,157,64,17,0,0,;
"BURKINA_FASO","BF13BGSS","0","BAGASSI",-3.3,11.75,281,208,1961,30,1,3,10,25,80,119,179,268,177,41,4,;
"BURKINA_FASO","BF05BGRO","0","BAGUERA",-5.42,10.53,366,208,1961,30,6,7,19,59,109,136,234,283,189,72,;
"BURKINA_FASO","BF31BMTR","0","BAM- (TOURCOING) KONGOUSSI",-1.5,13.33,336,208,1961,30,0,0,4,16,39,90,1,;
"BURKINA_FASO","BF14BNK","0","BANANKELEDAGA",-4.33,11.32,396,208,1951,30,2,3,21,52,105,140,226,299,;

```

Separator: <Comma> Datalines begin at line: 1 Text qualifier: " Missing value: -999 Do NOT Overwrite data with flags: Flag for imported data: (No Flag)

COUNTRY NAME	STATION-ID	WMO-CODE	STN-NAME	LON	LAT	ELEVATION (m)
BURKINA_FASO	BF40RBND	0	ARIBINDA	-0.85	14.22	302
BURKINA_FASO	BF13BGSS	0	BAGASSI	-3.3	11.75	281
BURKINA_FASO	BF05BGRO	0	BAGUERA	-5.42	10.53	366
BURKINA_FASO	BF31BMTR	0	BAM- (TOURCOING) KONGOUSSI	-1.5	13.33	336
BURKINA_FASO	BF14BNK	0	BANANKELEDAGA	-4.33	11.32	396
BURKINA_FASO	BF04BNFR	0	BANFORA	-4.75	10.62	284
BURKINA_FASO	BF04BNF1	0	BANFORA-AGRICULTURE	-4.77	10.62	289
BURKINA_FASO	BF30BN00	0	BANI	-0.25	13.35	427
BURKINA_FASO	BF41BRBL	0	BARABOULE	-1.85	14.22	305

Number of lines: 146

Next Cancel

La case supérieure de la fenêtre présente les données "brutes". La case inférieure représente la lecture que le programme en fait. Pour permettre au programme de lire correctement le fichier, il est nécessaire de lui donner les informations adéquates, à savoir le caractère de séparation entre les données, la ligne à partir de laquelle les données peuvent être lues, le caractère identifiant le texte, et la valeur attribuée aux données manquantes.

- Sélectionnez les bons paramètres concernant ce fichier :

Separator: <Comma> (virgule)

Datalines begin at line : 2

Text qualifier : "

Missing value : - 999
- Remarquez comme les deux premières options ont un effet sur la lecture que le programme fait du fichier. Les autres options concernant les "flags" peuvent rester par défaut. Elles seront expliquées dans le chapitre "Pour aller plus loin..."
- Cliquez sur **Next** pour continuer.

L'étape suivante apparaît à l'écran.

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
BURKINA_FASO	BF40RBND	0	ARIBINDA	-0.6
BURKINA_FASO	BF13BGSS	0	BAGASSI	-3.2
BURKINA_FASO	BF05BGR0	0	BAGUERA	-5.4
BURKINA_FASO	BF31BMTR	0	BAM-(TOURCOING)KONGOUSSI	-1.8
BURKINA_FASO	BF14BNHK	0	BANANKELEDAGA	-4.2
BURKINA_FASO	BF04BNFR	0	BANFORA	-4.2
BURKINA_FASO	BF04BNF1	0	BANFORA-AGRICULTURE	-4.2

List to add new stations to: Burkina Faso

☒ File contains data for more than one station

The column that uniquely identifies the station is: Column 4

Column 4 represents: Station Name

☐ File contains data for one station only

Other parameters (optional)

Station ID: Column 2 Country: Column 1

Longitude: Column 5 Admin Level 1:

Latitude: Column 6 Admin Level 2:

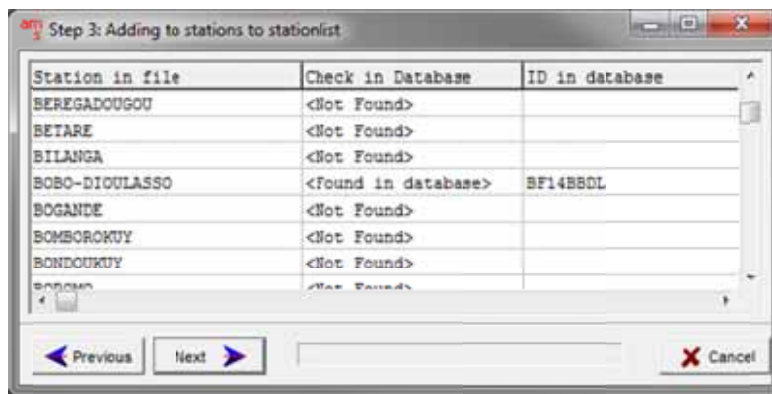
Altitude: Column 7

Previous Next Cancel

- Dans l'onglet **list to add new stations to**, sélectionnez la liste du Burkina Faso.
- Il faut ensuite sélectionner l'option adéquate selon l'importation que vous réalisez. Ici, il s'agit d'un fichier contenant des données de plusieurs stations. Sélectionnez donc la première option. Le numéro de la colonne contenant les noms de stations doit alors être spécifié dans la première case (**column 4** dans ce cas), et l'option **Station name** dans la seconde.
- Si le fichier importé n'avait de données que pour une station, l'autre option aurait été prise, et le nom de la station et/ou le code de celle-ci aurait été introduit.

Dans le cadre **other parameters**, les colonnes contenant les paramètres d'identification et de localisation des stations peuvent être spécifiées. Bien que cette étape ne soit pas obligatoire pour la poursuite du processus d'importation, elle est indispensable si vous importez des données concernant des stations qui ne figurent pas encore dans AMS.

- Sélectionnez donc la colonne 2 dans **Station ID**, la colonne 5 dans **Longitude**, la colonne 6 dans **Latitude**, la colonne 7 dans **Altitude**, et la colonne 1 dans **Country**.
- Cliquez sur **Next** pour passer à l'étape suivante.



La troisième étape montre les recherches effectuées par AMS dans sa base de données concernant les stations "d'importations". Nous voyons dans ce cas qu'AMS reconnaît les stations de Bobo-Dioulasso, de Farako-Ba et de la Vallée du Kou enregistrées précédemment, mais pas les autres. Il va donc les enregistrer en même temps que les données météo.

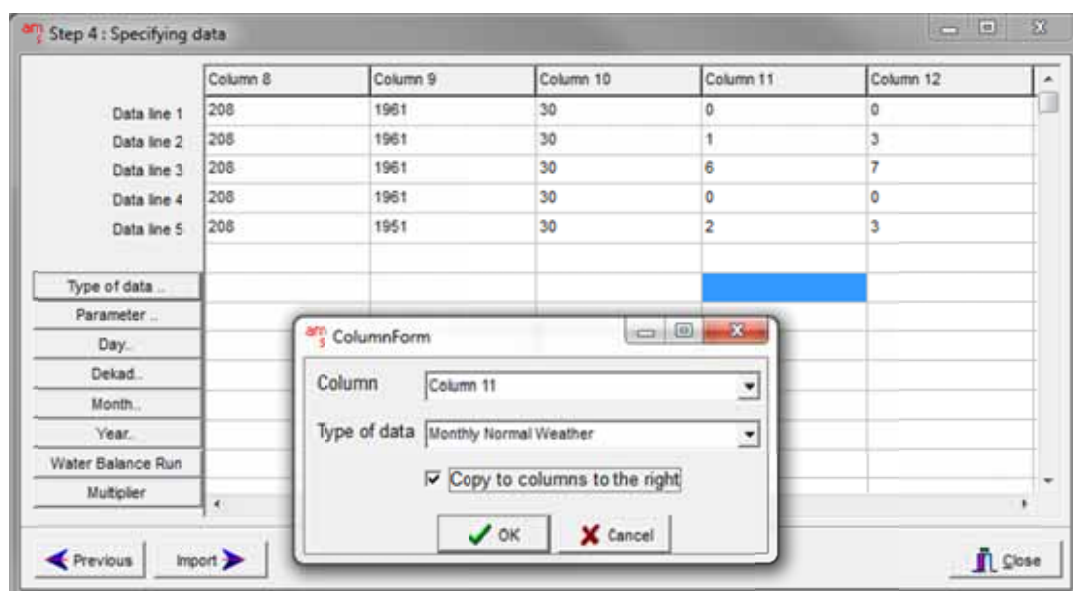
- Cliquez sur **Next**.

Remarque

Etant donné que le programme synchronise les stations importées et celles déjà dans sa base de données, il est très important de respecter l'orthographe des noms des stations afin d'éviter les duplicats de station.

La quatrième étape de l'importation de fichier ASCII permet d'informer le programme sur la nature des données importées et sur la manière dont elle est organisée dans le fichier.

- Repérez la première colonne contenant les valeurs météorologiques, sélectionnez-y une case vierge et cliquez sur **Type of Data**.



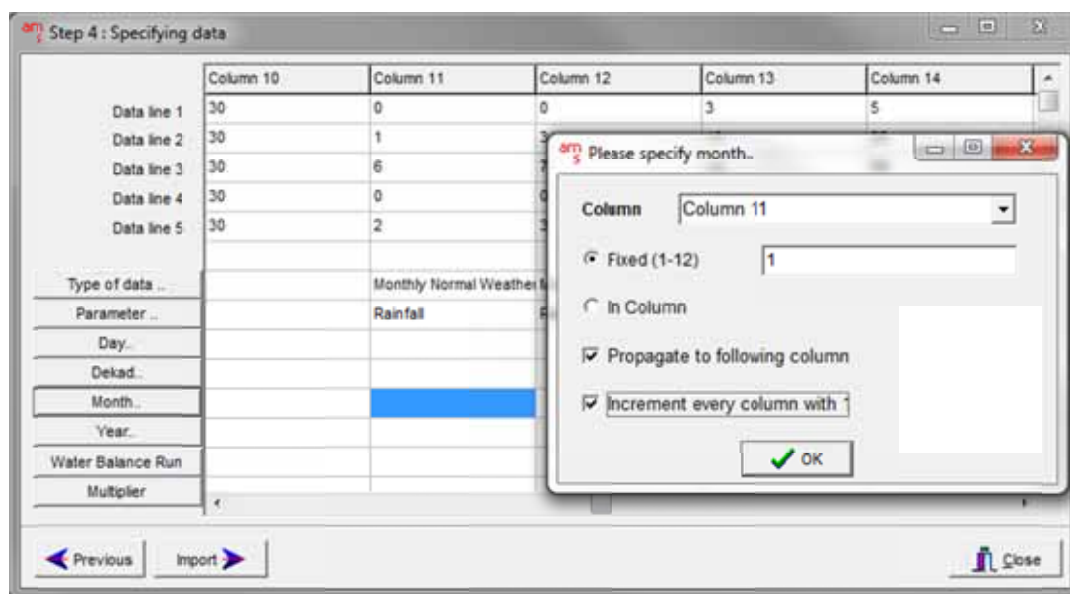
- Sélectionnez le type de données. Il peut s'agir de données normales ou réelles, journalières, décennaires ou mensuelles,... Dans ce cas-ci, sélectionnez **Monthly Normal Weather** (données

mensuelles normales). N'oubliez pas de cocher la case **Copy to columns to the right** afin d'automatiser l'écriture dans toutes les autres colonnes.

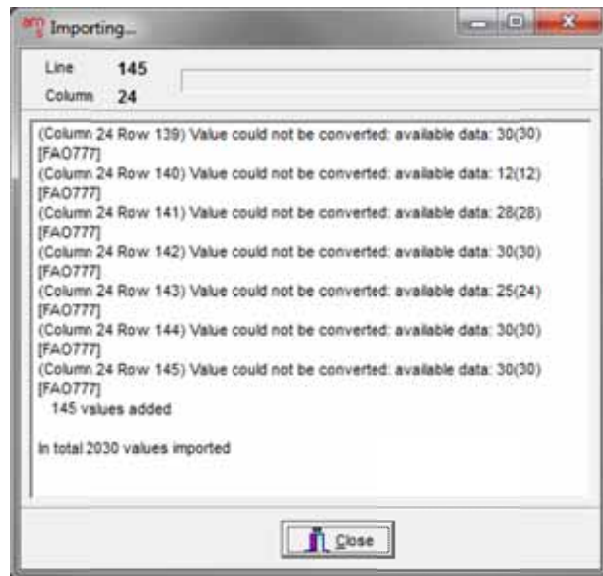
- Cliquez ensuite sur **Parameter...** Vous pourrez ainsi sélectionner le paramètre que vous êtes en train d'importer. Sélectionnez donc **Rain**. Cochez également la case de copie vers la droite pour la même raison que ci-dessus.

Les onglets **Day**, **Dekad**, **Month** et **Year** sont utilisés pour renseigner, selon le type de données, la colonne où se trouve l'information du jour, de la décade, du mois ou de l'année correspondant à l'information. Ils ne sont donc pas tous utilisés pour chaque fichier à importer. Selon l'organisation du fichier importé et le pas de temps de l'information, les options à sélectionner seront différentes.

- Dans ce cas, cliquez sur **Month** étant donné qu'il s'agit de données mensuelles. Dans la fenêtre de dialogue, sélectionnez **Fixed (1-12)** car l'information temporelle est fixée par la colonne dans laquelle se trouve l'information. Notez-y **1**, et cochez les deux cases "Propagation vers les colonnes suivantes" et "incrément de 1 à chaque colonne". De cette manière, la colonne 11 sera assimilée au premier mois, la colonne 12 au second, etc... jusqu'au 12^{ième} mois pour la colonne 22.



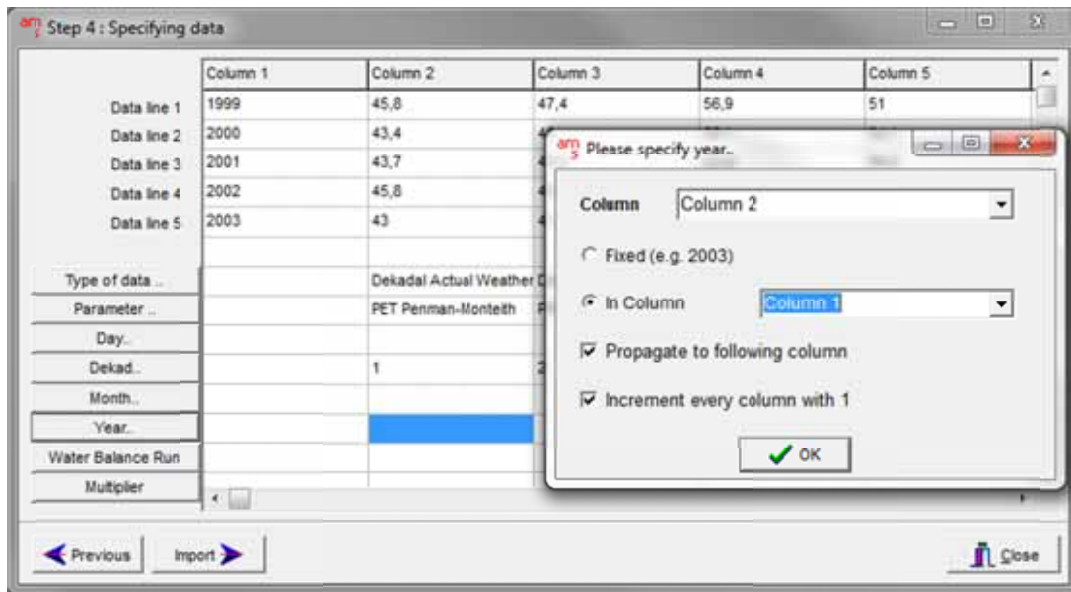
- Les onglets **Day** et **Dekad** ne sont pas utilisés ici car il s'agit de données mensuelles, et l'onglet **Year** non plus étant donné qu'il s'agit de données normales, et que l'année n'a pas lieu d'être spécifiée.
- Une fois tous ces paramètres renseignés, vérifiez si tout est correct en parcourant la fenêtre de prévisualisation à l'aide du curseur horizontal. Par exemple, vérifiez à l'extrême droite s'il n'y pas d'erreur dans l'attribution des colonnes.
- cliquez ensuite sur **Import**. La fenêtre ci-dessous va alors s'afficher et montrer l'état d'avancement de l'importation.



- Fermez les fenêtres.

Pour vérifier que l'importation s'est bien déroulée :

- Dans le menu **Database**, cliquez sur **Data inventory** et visualisez la structure hiérarchique de la liste Burkina Faso. Vous devriez voir sous la rubrique *Rainfall* l'onglet *Normals* reprenant 145 enregistrements (ou stations) sous un pas de temps mensuel. Il s'agit des données que vous venez d'importer.
Double-cliquez sur cet enregistrement pour afficher les données correspondantes.
- Importez de la même manière le fichier "**ETPBurkina**" reprenant les données normales d'évapotranspiration (également situé dans le répertoire "*Données météo*" ➔ "*Données normales*").
- Importez ensuite les données réelles de pluviométrie et d'évapotranspiration pour les stations de Bobo-Dioulasso, de Farako-Ba et de la Vallée-du-Kou. Vous trouverez les fichiers de données dans le répertoire "*Données météo*" ➔ "*Données réelles*".
Attention ! Ces fichiers contiennent des données réelles, décadales pour une seule station à la fois ! Cela apportera des modifications importantes dans la manipulation d'importation :
 - A l'étape 1, sélectionnez 'Semicolon' comme separator ;
 - A l'étape 2, choisissez 'File contains data for one station only' et saisissez le nom ;
 - et à l'étape 4 lors de l'utilisation de l'onglet **type of data** et des onglets temporels (ici, **Dekad** et **Year**!).

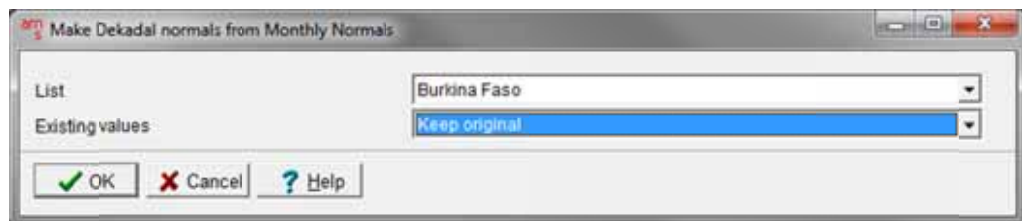


Remarque

Lorsque les données météorologiques sont disponibles uniquement au pas de temps mensuel (qu'elles soient normales ou réelles), AMS peut calculer les données décadales correspondantes (et vice-versa). Pour cela :

- Dans le menu **Database** → Sélectionnez **Calculate** → **Normals** (ou **Actuals**) → **Dekadal from Monthly** (ou **Monthly from Dekadal**).

Par exemple, si vous voulez transformer des données mensuelles normales en données décadales, voici la fenêtre qui apparaîtra sur l'écran :



- En cliquant sur **ok**, toutes les données Normales au pas de temps mensuel de la station list sélectionnée seront transformées au pas de temps décadales.

Lors de l'absence de donnée météo de station, une solution est de recourir aux données météo du JRC disponibles gratuitement sur internet. Ces données ne sont pas aussi fiables que des données mesurées, mais offrent une bonne alternative. Le téléchargement et l'importation de ces données sera détaillée dans le chapitre 9 consacré à l'exercice sur le cas du maïs.

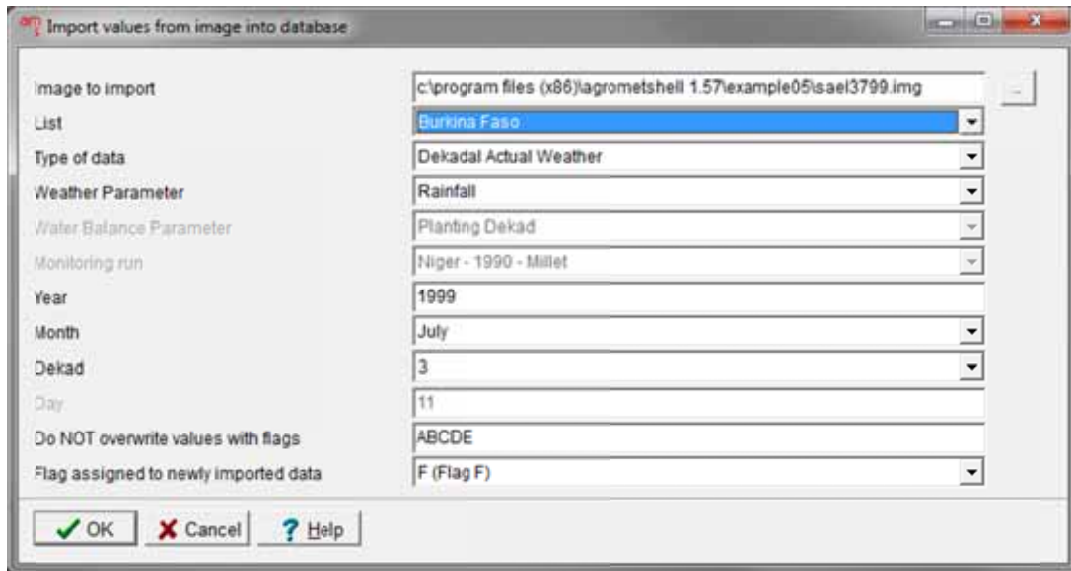
4° Importation de données au format image

Certaines données météorologiques peuvent être disponibles sous le format IDA image, c'est-à-dire sous la forme d'une image possédant, pour chaque pixel, une valeur d'un paramètre météo. Ces fichiers peuvent être directement importés via cette option. Peu de données météo sont

actuellement disponibles sous ce format. Cette méthode d'importation sera donc simplement mentionnée dans ce manuel sans être appliquée dans le cadre de l'exercice.

L'option est disponible sous le menu **Database → Import → From Image**.

Une boîte de dialogue apparaît alors à l'écran. Celle-ci va permettre de renseigner le programme sur le fichier que l'on désire importer.



La boîte de dialogue se remplit comme suit :

- **Image to import** : Chemin d'accès pour le fichier à importer.
- **List** : sélection de la liste de station concernée.
- **Type of Data** : renseigne le type des données contenues dans l'image.
- **Weather Parameter** : renseigne le paramètre qui est concerné par l'image.
- **Year, Month et Dekad** : Précise l'intervalle de temps que représente l'image.

5.2.3 Calcul des bilans hydriques

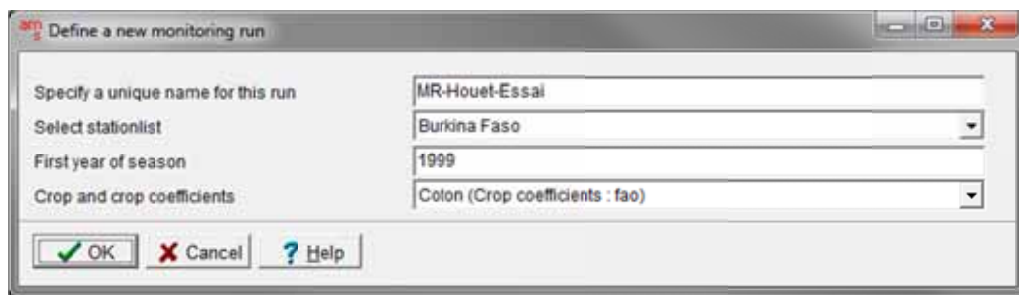
Lorsque les données nécessaires sont importées dans la base de données d'AMS, nous pouvons lancer la principale fonction du logiciel, le calcul du bilan hydrique d'une culture. Il est à noter que ces simulations peuvent être considérées de deux manières différentes :

- Soit les calculs sont réalisés pour une seule station sur plusieurs années (**Risk Analysis Run**),
- Soit les calculs sont faits pour toutes les stations d'une même liste, mais sur une seule année (**Monitoring Run**).

Notons que les calculs sont les mêmes quelle que soit la méthode. Il n'y aura que la présentation des résultats qui différera. Dans ce manuel, c'est l'option **Monitoring run** qui sera détaillée. C'est en effet celle-ci qui sera la plus couramment utilisée dans le cadre de cette méthode de prévision.

- Dans le menu **Water Balance**, sélectionnez **Monitoring Run → New**.

La boîte de dialogue ci-dessous s'ouvre alors.

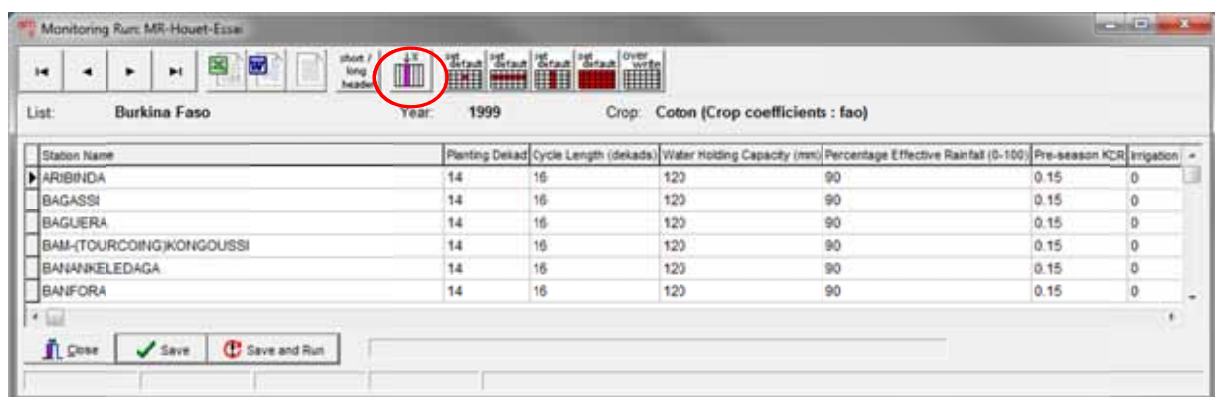


- Introduisez le nom unique que vous souhaitez donner à la simulation dans la première case (par exemple dans ce cas **MR_Houet_essai**). Dans la seconde case, sélectionnez la liste de station concernée, et dans la 3^{ème}, la première année de l'intervalle d'étude (1999). Enfin dans la dernière, sélectionnez la culture étudiée (Le coton).
- Cliquez sur **ok**.

S'ouvre alors une autre fenêtre telle que ci-dessous. Celle-ci vous présente les stations de la "station list" Burkina Faso qui possèdent des données réelles. Notons que même si toutes les stations de la liste sont présentées, le calcul de bilan ne sera effectué au final que pour les stations possédant au minimum 60% de données météorologiques réelles.

Par l'intermédiaire de cette fenêtre, il est possible d'affecter certains paramètres nécessaires au calcul du bilan indépendamment pour chaque station. Ces paramètres sont les suivants :

- *Planting dekad* : Il s'agit de la décade de semis.
- *Cycle Length* : C'est la durée du cycle de culture, en décades.
- *Water Holding Capacity* : La capacité de rétention en eau du sol (ou réserve utile).
- *Percentage Effective Rainfall* : Il s'agit du pourcentage de pluie efficace pour le système sol-plante.
- *Pre-season Krc* : Le coefficient cultural de pré-saison, qui représente en fait l'eau perdue avant la date de semis par les sols nus et les mauvaises herbes.
- *Irrigation Application* : L'application d'eau d'irrigation. Trois options possibles : pas d'irrigation, irrigation optimale ou irrigation réelle via la base de données.
- *Irrigation Bund Height* : En cas d'irrigation, il s'agit de la hauteur des bordures des parcelles irriguées.



Remarque

Lorsqu'un paramètre est identique pour toutes les stations de la liste et que celles-ci sont nombreuses, il existe une option permettant de remplir toute la colonne en une seule fois.

- Cliquez sur une case de la colonne concernée et cliquez ensuite sur l'icône "Set Value for column" (entourée en rouge ci-dessus). Vous pourrez alors attribuer une valeur à toutes les cases de la colonne via une petite boîte de dialogue

Dans le cadre de cet exercice, voici les valeurs des paramètres que vous pouvez introduire :

Date de semis : **14^{ième} décade**

Pourcentage de pluie efficace : **90**

Durée du cycle : **16 décades**

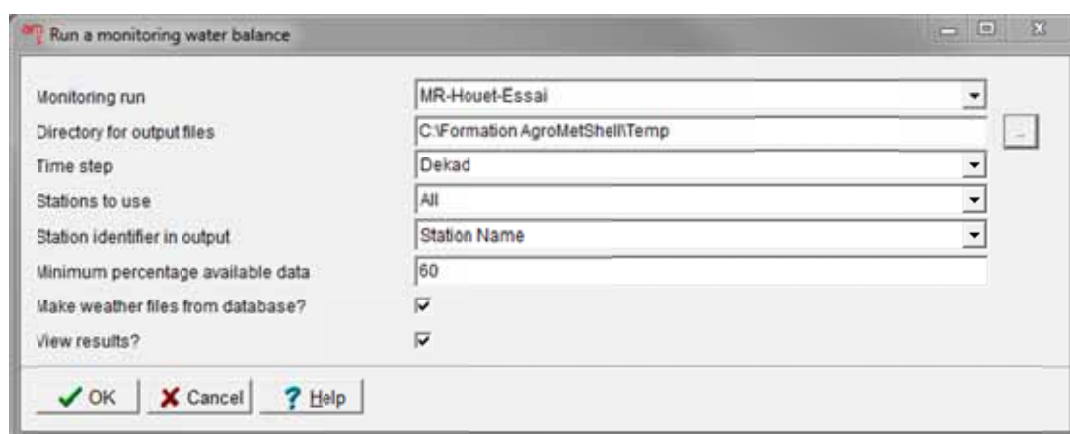
Kcr de pré-saison : **0.15**

Réserve utile du sol : **120 mm**

Irrigation : **Non (0)**

- Une fois le tableau complété, cliquez sur **Save And Run**.

Une petite boîte de dialogue remplace alors le tableau, et vous permet entre autre de choisir un emplacement pour les fichiers de sortie (**Directory for output files**).

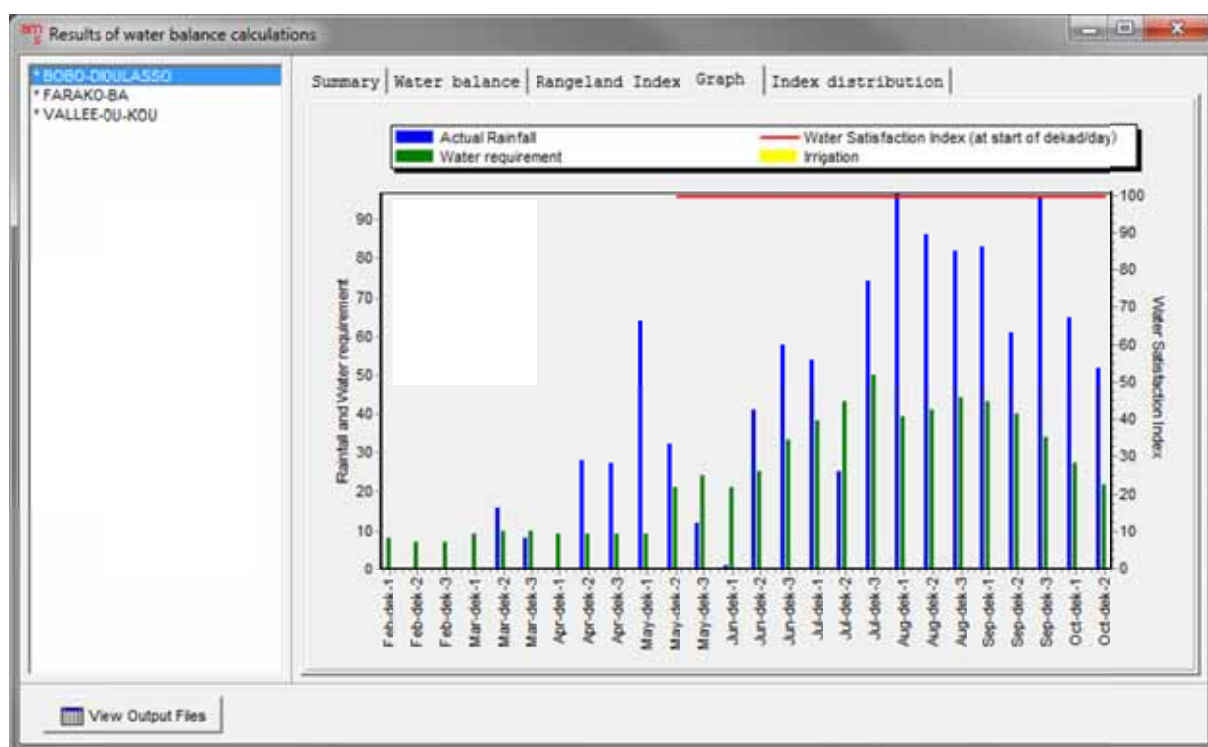


- Cliquez sur **ok** pour lancer la procédure de simulation.

Les résultats des calculs de bilan apparaissent alors à l'écran dans une fenêtre ressemblant à la figure ci-dessous. Les bilans sont calculés par stations.

Cette fenêtre comprend différents onglets reprenant les résultats des calculs de bilans hydriques. L'onglet **Water Balance** par exemple reprend le calcul du bilan décade après décade, alors que l'onglet **Graph** représente l'évolution du WSI (*Water Satisfaction Index*) et les besoins et disponibilités en eau au cours du temps.

Sur le côté gauche sont reprises les stations de la liste Burkina Faso possédant des données réelles. Les résultats du calcul de bilan ne sont disponibles que pour les stations ayant au moins 60% de données réelles (stations marquées d'un astérisque). Les stations pour lesquelles nous ne disposons que de données normales ne font pas partie des résultats, et ne sont pas reprises dans la liste. Nous n'avons donc ici que les résultats des trois stations : Bobo-Dioulasso, Farako-Ba et Vallée du Kou.



Les données de sorties d'AMS, outre leurs présentations graphiques, sont reprises dans des fichiers texte. Ils ont été créés dans le répertoire que vous avez précisé plus tôt. Les données qui vont être utilisées dans le cadre de cette méthode sont toutes reprises dans le fichier se terminant par **Summary_Dekad_Output**. Signalons cependant que d'autres fichiers de sorties sont produits et peuvent aussi, selon les cas d'études, apporter des informations intéressantes pour la prédiction des rendements des cultures. Ils ne seront pas pris en compte dans le présent exercice.

5.2.4 Les sorties

AMS travaillant avec des données ponctuelles de station, les paramètres de sortie sont calculés pour chacune des stations demandées pour lesquelles les données sont disponibles. Or, pour l'étape statistique de la méthode de prévision, il est nécessaire de ne disposer que d'une seule valeur pour chacun des paramètres calculés par AMS. Il est donc nécessaire d'agréger les données calculées pour les différentes stations de la zone que l'on souhaite étudier. La méthode la plus simple est de réaliser pour chaque paramètre une moyenne des valeurs obtenues pour chaque station.

Dans ce cas, les données n'étant disponibles que pour trois stations, vous ne possédez que trois fichiers de sorties "summary". Il suffira donc de réaliser les moyennes des 3 valeurs obtenues pour chaque paramètre via Excel. Le résultat sera intégré au fichier récapitulatif dans la suite de la méthode.

Notons que AgrometShell est capable d'effectuer des interpolations à partir de ces paramètres de sorties ponctuels, et de présenter les outputs sous forme de cartes de répartition. Cette fonction ne sera pas utilisée dans cette méthode.

Les paramètres calculés par AMS sont nombreux. Ceux nécessaires pour le processus de prévision des rendements sont les suivants :

SWi	Contenu initial en eau du sol.
%avail	Pourcentage de données réelles utilisées pour la simulation (toujours supérieur à 40%).
TWR	Besoins totaux en eau de la plante.
INDX -Harvest, -Normal, -Latest	Indices de satisfaction en eau en fin de cycle calculés à partir des données réelles, des données normales et à la dernière décade bénéficiant de données réelles.
WEX(i, v, f, r et t)	Excès en eau à chaque phase phénologique ⁴ et valeur totale de l'excès en fin de cycle.
WDEF(l, v, f, r et t)	Déficit en eau à chaque phase phénologique et valeur totale du déficit en fin de cycle.
ETA(i, v, f, r et t)	Evapotranspiration réelle de la culture à chaque phase phénologique et valeur totale en fin de cycle.
Cr1a à Cr4a	Décades auxquelles le "Rangeland index" ⁵ croise la droite définie par $0.4 \cdot PET$. Ces dates qui sont calculées avec les données réelles peuvent être assimilées au début réel de la saison.
Cr1n à Cr4n	Décades auxquelles le "Rangeland index" croise la droite définie par $0.4 \cdot PET$. Ces dates qui sont calculées avec les données normales peuvent être assimilées aux valeurs "normales" de début de saison.

Tableau 2.2 : Sorties du programme AgrometShell et leur définition.

5.3 Autres facteurs explicatifs

Les données météorologiques, outre leurs utilisations dans AgrometShell, peuvent également avoir une influence directe sur les rendements, et doivent donc être considérées comme des facteurs explicatifs potentiels, au même titre que les sorties de Vast et de AMS. Il en est de même pour les données NDVI extraites des images Spot.

Il convient néanmoins d'agréger ces données de manière adaptée.

⁴ Les paramètres se rapportant aux phases d'initialisation, de végétation, de reproduction, et de maturation sont associés respectivement aux indices i, v, f et r.

⁵ Le "Rangeland Index", ou RI, est un indice de satisfaction en eau calculé sur un intervalle de 5 décades, avec l'évapotranspiration maximale normale prise avec un $KC = 1$ et une capacité de teneur en eau du sol de 50 mm.

5.3.1 Cumuls des données météorologiques

Les cumuls des données météorologiques peuvent être réalisés avec tous les paramètres météo disponibles pour la zone étudiée et l'intervalle de temps considéré. En effet, ils sont tous susceptibles d'influencer de manière significative les rendements cultureux. Les cumuls sont calculés sur chaque phase phénologique et sur la durée totale du cycle.

Notons que plus il y aura de paramètres différents, plus le nombre de facteurs explicatifs sera important, et plus il y aura de chances de trouver un modèle de prévision performant.

Le calcul des cumuls de données météo dans le cas d'exemple ne présente pas de difficulté particulière, dans la mesure où les données météorologiques sont sous format Excel et que les dates de semis (début du cycle) sont identiques pour chacune des années. Les manipulations sont donc réduites.

Cela ne sera pas aussi simple si l'on possède les informations sur les conditions réelles, c'est-à-dire les dates de semis effectives. Celles-ci diffèrent en effet d'une année à l'autre. Il faudra dans ce cas faire appel à des manipulations plus complexes (voir *Remarque* encadrée ci-dessous).

- Ouvrez le fichier de pluviométrie "*pluvio bobo 99-08*".
- Insérez une colonne vide après la dernière décade de chacune des phases phénologiques de la plante en commençant le cycle à partir de la décade de semis, et servez-vous en pour calculer les sommes du paramètre par phase. Dans le cas d'exemple, insérez une colonne vide après les décades 14, 19, 25 et 30 pour faire vos cumuls. Pour plus de facilité, copiez les résultats dans un nouveau fichier, nommé par exemple "**cummul paramètres.xls**".

Attention ! : Pour être affranchi du lien entre fichier, utilisez l'option **collage spécial** et sélectionnez l'option **valeur** !

- Ajoutez ces valeurs de cumuls pluviométriques aux cumuls des autres paramètres météo déjà calculés et enregistrés dans le fichier Excel "**Cumuls météo coton.xls**", dans le dossier "*cumuls*". Ces résultats seront également à intégrer au fichier récapitulatif qui sera utilisé pour la phase statistique de la méthode.

Remarque

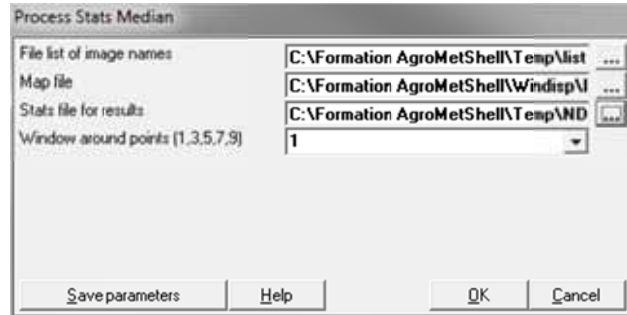
Dans le cas où l'on dispose des dates des semis qui diffèrent d'une année à l'autre (conditions réelles ou méthodes d'estimations), les calculs de cumuls sont plus complexes à réaliser.

Une méthode possible est de décaler les lignes (correspondantes aux années) de manière à faire coïncider les décades de semis, et donc de pouvoir appliquer la même méthode que ci-dessus.

5.3.2 Cumuls des données de NDVI

Dans le cas des calculs de cumuls de l'indice NDVI, les manipulations sont un peu plus délicates dans le sens où les données NDVI sont sous format image, et qu'il faut d'abord les transformer en fichiers tableur via *Windisp*.

- Ouvrez le logiciel Windisp. Ouvrez une image NDVI par défaut ainsi que la table de couleur NDVI.
- Dans le menu **Process**, sélectionnez **Stats → Median**.



- Cliquez sur l'icône "..." à droite de la première case pour sélectionner la liste d'image correspondant à une année de NDVI. Ceci implique la création d'autant de listes qu'il y a d'années à traiter. Ces listes ont déjà été créées en début d'exercice dans le cadre de l'estimation des paramètres ptol et pbase. Elles peuvent être réutilisées ici.
- Dans la seconde case, sélectionnez le fichier carte du Burkina Faso.
- Enfin, dans la troisième, sélectionnez un emplacement pour le fichier qui va être créé, et nommez-le (par exemple **NDVIannée.xls**). N'oubliez pas de rajouter l'extension **.xls** au nom du fichier.
- Cliquez ensuite sur **ok**. Le fichier va être créé dans le répertoire spécifié.
- Répétez l'opération pour chacune des années étudiées (de 1999 à 2008).

Dans le répertoire spécifié, vous trouverez donc un fichier Excel pour chacune des années, comprenant la valeur NDVI moyenne par province pour chaque décade.

- Dans chaque fichier, procédez comme pour les données météo en créant une colonne après la dernière décade de chacune des phases phénologiques, et en y calculant les sommes correspondantes. Copier-coller ensuite les résultats dans le fichier "**cumuls météo coton.xls**" avec les autres cumuls de paramètres.
Ne reprenez que les valeurs de la province étudiée, à savoir la province du Houet !

5.4 Elaboration des modèles de prévisions

5.4.1 Principe de la régression linéaire multiple

Réaliser une régression linéaire multiple revient à essayer d'expliquer une variable Y à partir de plusieurs variables x(i), appelées variables explicatives. Cette méthode a pour but d'aboutir à un modèle de prédiction sous la forme d'une équation du type $Y = ax(1) + bx(2) + \dots + z x(i)$. Cela revient bien sûr à supposer que les relations entre la variable Y et les variables explicatives sont linéaires.

Dans le cas de cette méthode de prévision, la variable Y est bien évidemment le rendement annuel, et les variables explicatives sont les sorties de AgrometShell, de Vast et les différents cumuls météorologiques et de NDVI.

La méthode suivie ici se déroule donc comme suit. D'abord, il est nécessaire de déterminer les variables x(i) corrélées au rendement. Pour cela, nous allons procéder en 3 étapes ; enlever les variables dont la variance est nulle, sélectionner les variables explicatives et enfin ne garder que celles qui sont pertinentes. Ensuite, sur bases des variables choisies, nous sélectionnerons les modèles de prévisions les plus performants et les plus prometteurs. Nous n'aurons cependant à ce moment que des modèles présentant de bons résultats **explicatifs**. Il est nécessaire de vérifier leurs qualités **prédictives**. Nous effectuerons donc pour cela une validation croisée (Leave-One-Out Cross Validation) afin de ne garder que le ou les modèles les plus robustes.

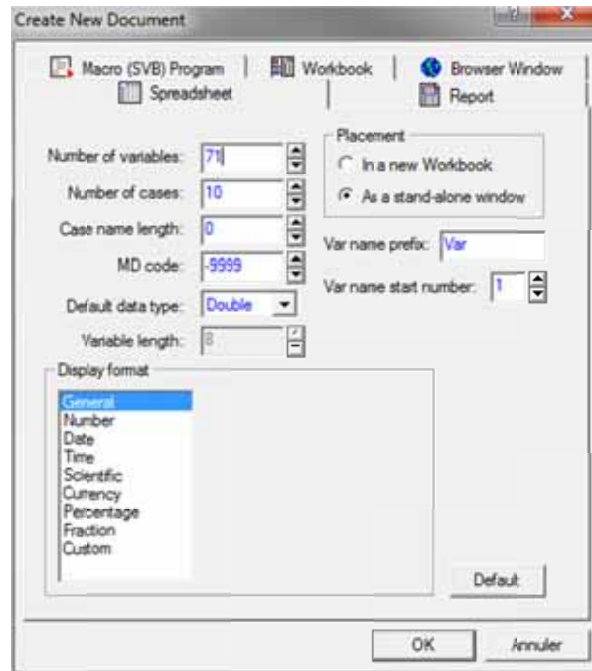
Préparation du fichier d'entrée

Avant de commencer les opérations statistiques d'élaboration des modèles de prédiction, il est nécessaire de rassembler tous les paramètres que nous venons de calculer dans un même fichier, avec les données de rendements de la culture étudiée. Ces données doivent être présentées telles que montrées dans le fichier Excel nommé "*Fichier Summary Coton*", à savoir **une année d'observation par ligne, une variable explicative par colonne, et les données de rendements constituant la première variable**. C'est ce fichier qui va être utilisé dans la dernière étape de la méthode : La recherche des modèles de prévision à l'aide de Statistica.

- Observez bien le contenu de fichier. D'où provient chacun de ces paramètres ?
- Assurez-vous de comprendre l'origine de chacune des valeurs reprises dans ce fichier.

	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11
	Rendement SWI	P	TWR	INDXHarvest	INDXNormal	INDXLatest	WEXI	WEXv	WEXf	WEXl	WEXr
1	1191,00	80,00	14,00	618,67	98,67	100,00	98,67	6,33	0,00	135,33	
2	906,00	11,00	14,00	648,00	98,67	100,00	98,67	0,00	17,00	183,33	
3	948,00	4,00	14,00	654,00	93,67	100,00	93,67	0,00	0,00	14,00	
4	877,00	16,00	14,00	672,67	87,00	100,00	87,00	0,00	0,00	3,33	
5	1082,00	32,67	14,00	605,00	97,00	100,00	97,00	0,00	28,33	260,33	
6	954,00	66,33	14,00	636,00	99,33	100,00	99,33	0,00	25,33	30,00	
7	1050,00	3,67	14,00	672,00	91,33	100,00	91,33	0,00	0,00	33,33	
8	1149,00	37,33	14,00	663,33	99,00	100,00	99,00	0,00	12,33	128,67	
9	1202,00	39,67	14,00	654,67	92,67	100,00	92,67	0,00	1,33	210,33	
10	1392,00	2,00	14,00	643,00	100,00	100,00	100,00	0,00	1,00	230,50	

- Ouvrez le logiciel Statistica.
- Dans le menu **File**, sélectionnez **New**. La boîte de dialogue ci-dessous s'affiche alors.



- Dans l'onglet **Spreadsheet**, entrez le nombre de variables (nombres de colonnes) et d'observations (nombres de lignes et donc d'années). Dans cet exercice, nous avons 71 variables et 10 observations. Le code des valeurs manquantes est -999. Cliquez sur **ok**.

Le tableau vide apparaît à l'écran.

- Copiez-collez le tableau du fichier Excel dans la nouvelle fenêtre Statistica. Ne sélectionnez que les données, pas le nom des variables. Vous obtenez ainsi le résultat suivant ;

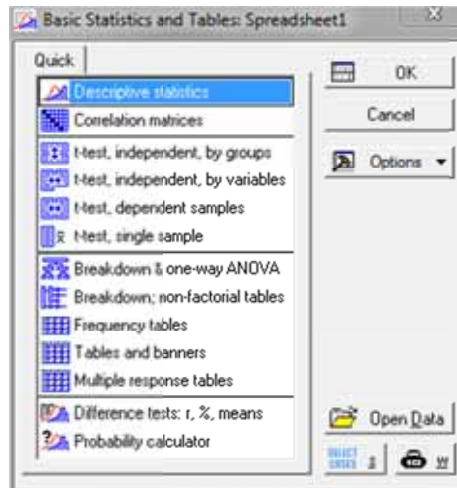
	1 Var1	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 Var6	7 Var7	8 Var8	9 Var9	10 Var10	11 Var11	12 Var12	13 Var13	14 Var14
1	1191	80	14	618,5667	98,66667	100	98,66667	6,333333	0	195,3333	53,33333	195	0	-2,33333
2	906	11	14	648	98,66667	100	98,66667	0	17	183,3333	26,33333	226,6667	-7,66667	0
3	948	4	14	654	93,66667	100	93,66667	0	0	14	15	29	-1,33333	-32,3333
4	877	16	14	672,5667	87	100	87	0	0	3,333333	0	3,333333	-8	-46,3333
5	1082	32,66667	14	605	97	100	97	0	28,33333	260,3333	9	297,6667	0	0
6	954	66,33333	14	636	99,33333	100	99,33333	0	25,33333	30	0	55,33333	0	0
7	1050	3,666667	14	672	91,33333	100	91,33333	0	0	33,33333	0	33,33333	-3,66667	-15,3333
8	1149	37,33333	14	663,3333	99	100	99	0	12,33333	128,6667	68,66667	209,6667	0	0
9	1202	39,66667	14	654,5667	92,66667	100	92,66667	0	1,333333	210,3333	1,666667	213,3333	-4	-13,3333
10	1392	2	14	643	100	100	100	0	1	230,5	44	275,5	0	-1

- Sauvez ce fichier Statistica. Vous pouvez maintenant commencer à travailler sur les données.

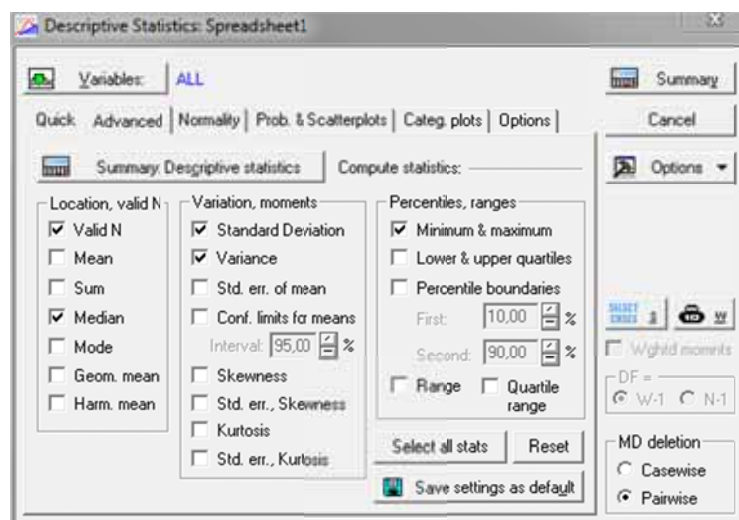
5.4.2 Suppression des variables non corrélées

Une fois toutes les variables explicatives à disposition, la première étape consiste à enlever celles dont la variance est nulle, c'est-à-dire celles qui ne varient pas d'une année à l'autre. Elles n'ont en effet aucune capacité de prédiction.

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Basic Statistics**.



- Cliquez sur **Descriptive statistics**, puis sur **ok**.



- Dans la boîte s'ouvrant alors, cliquez sur l'onglet **Variables** et sélectionnez toutes les variables et cliquez sur **ok**. Cochez ensuite les options **Standard Deviation** et **Variance** sous l'onglet **Advanced**.
- Cliquez sur l'onglet **Summary**.

Un tableau apparaît alors, avec une colonne (Variance) reprenant les valeurs de variance pour chacune des variables.

Variable	Valid N	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std. Dev.
Var1	10	1066	877	1392	2.608432E+04	161.5
Var2	10	24	2	80	7.421679E+02	27.2
Var3	10	14	14	14	0.000000E+01	0.0
Var4	10	651	605	673	4.847111E+02	22.0
Var5	10	98	87	100	1.888395E+01	4.3
Var6	10	100	100	100	0.000000E+01	0.0
Var7	10	98	87	100	1.888395E+01	4.3
Var8	10	0	0	6	4.011111E+00	2.0
Var9	10	1	0	28	1.289185E+02	11.4
Var10	10	132	3	260	9.417588E+03	97.0

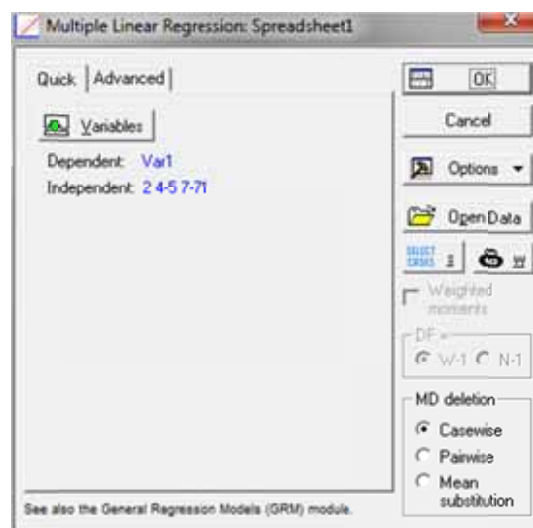
- Notez les variables dont la variance est nulle. Elles seront exclues des étapes suivantes, puisqu'inutiles.

5.4.3 Choix des variables explicatives

Cette deuxième étape a pour but, comme son nom l'indique, de sélectionner les variables qui sont corrélées au rendement, qui peuvent l'expliquer. Il s'agit du calcul de régression linéaire multiple proprement dit. Le programme va donc chercher à identifier les variables explicatives les plus performantes.

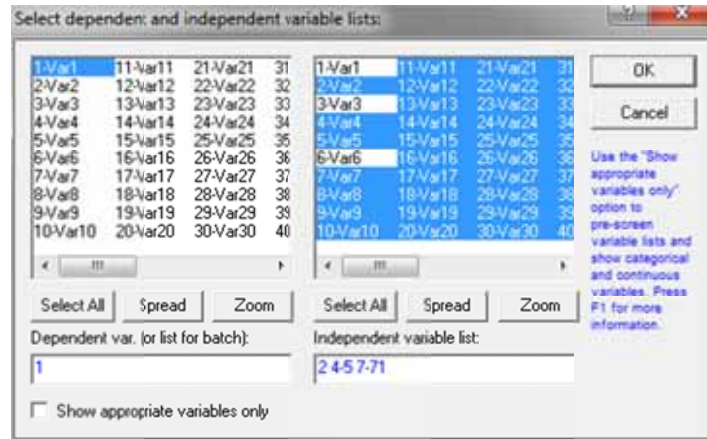
Dans ce contexte, c'est la méthode Pas-à-pas ascendante qui sera utilisée. Cette méthode consiste à introduire les variables explicatives dans le modèle les unes après les autres. A chaque étape, le programme analyse quelle variable est significativement acceptable dans le modèle, et quelle variable déjà dans le modèle doit éventuellement en être exclue. Selon les critères spécifiés au programme (seuil de significativité), le programme fait entrer au final plus ou moins de variables dans le modèle.

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Multiple Regression**.

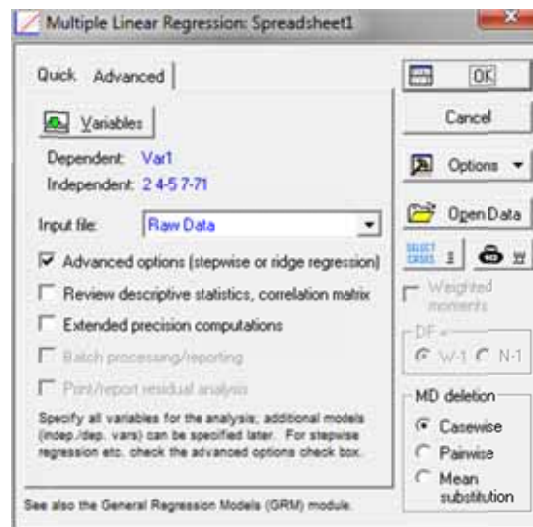


- Cliquez sur l'icône **Variables** afin d'ouvrir la fenêtre de sélection des variables. Deux colonnes sont présentes. Sélectionnez dans la colonne de gauche la variable dépendante, c'est-à-dire le rendement. Dans la colonne de droite, sélectionnez les variables indépendantes, à savoir les variables explicatives.

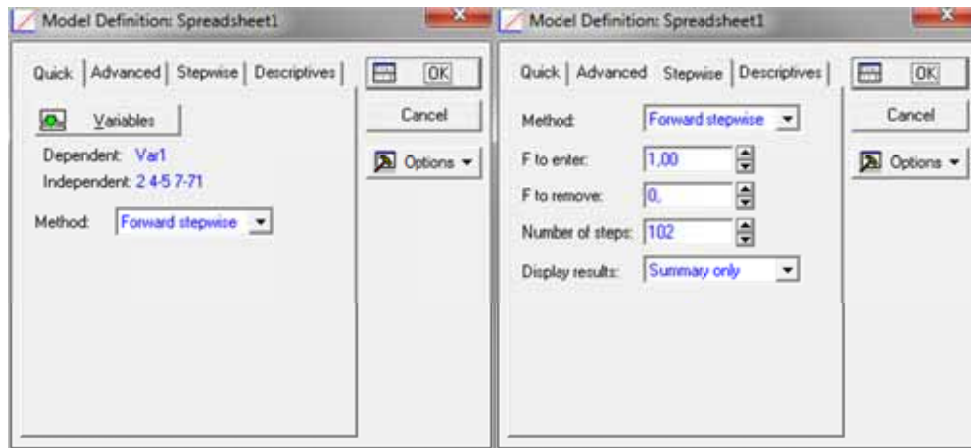
Attention ! N'oubliez pas d'ignorer les variables à variances nulles ! Cliquez ensuite sur **ok**.



- De retour dans la première boîte de dialogue, passez sous l'onglet **Advanced**. Cochez **Advanced options**. Laissez les autres options par défaut, et cliquez sur **ok**.

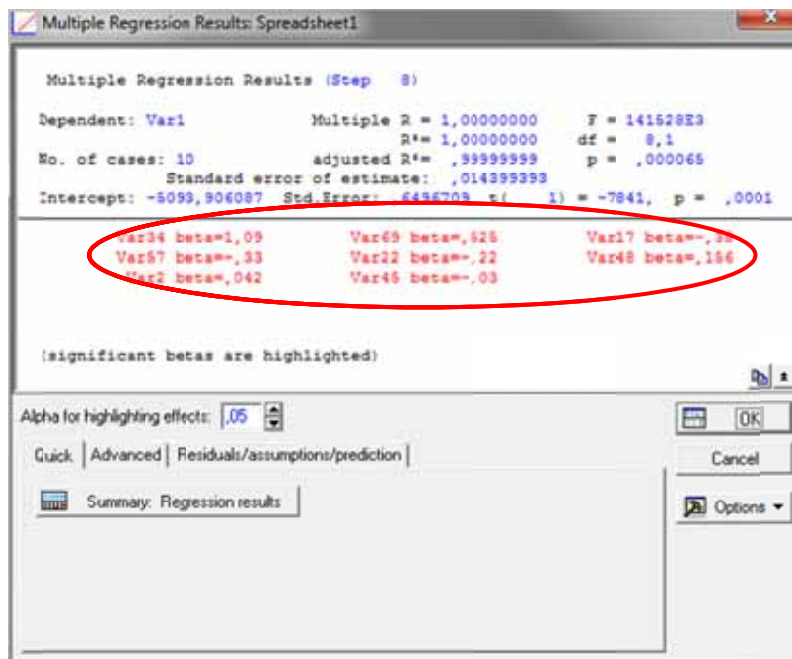


- Dans la fenêtre suivante, sous l'onglet **Quick**, sélectionnez la méthode **Forward stepwise**.
- Sous l'onglet **Stepwise**, sélectionnez **Summary only** pour l'affichage des résultats. L'affichage étape par étape n'est en effet pas nécessaire.



- Une fois chose faite, cliquez sur **ok**.

Une fenêtre apparaît enfin pour afficher les résultats de la régression multiple par la méthode pas-à-pas ascendante.



- Prenez note des variables explicatives sélectionnées suite à la régression. C'est en effet à partir de celles-ci que seront construits les modèles de prévisions.

5.4.4 Choix des variables pertinentes

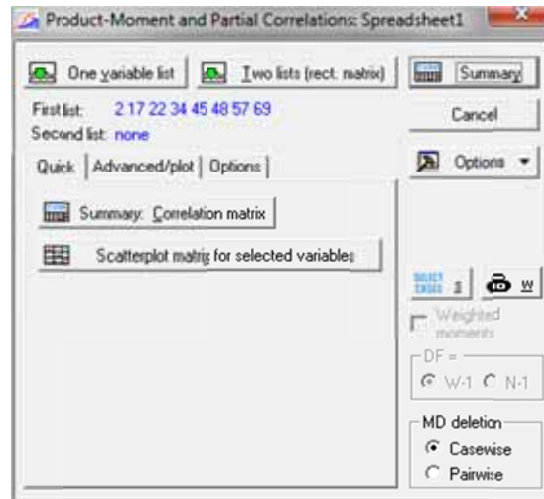
Sur base des variables qui viennent d'être sélectionnées, nous allons chercher les différents modèles de prévisions possibles en réalisant une recherche exhaustive. Les meilleurs seront alors passés au banc des tests de validation.

Cependant, il n'est pas sans intérêt d'étudier préalablement les corrélations éventuelles entre les variables explicatives sélectionnées à l'étape précédente. En effet, il conviendra d'éviter les

modèles basés sur des variables corrélées entre elles, ceux-ci présentant des risques quant à leurs robustesses.

1° Réalisation d'une table de corrélation

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Basic Statistics**.
- Dans la fenêtre apparaissant à l'écran, sélectionnez **Correlation matrices**, et cliquez sur **ok**.



- Cliquez sur l'onglet **One variable list** afin de sélectionner les variables explicatives obtenues à l'étape précédente.
- Sous l'onglet **Quick**, cliquez sur l'onglet **Summary : Correlation matrix**.

S'affiche alors la table des corrélations entre les facteurs explicatifs sélectionnés. Les valeurs en rouge indiquent une corrélation significative entre les variables correspondantes.

STATISTICA - [Workbook1* - Correlations (Spreadsheet1)]

Correlations (Spreadsheet1)
Marked correlations are significant at $p < .05000$
N=10 (Casewise deletion of missing data)

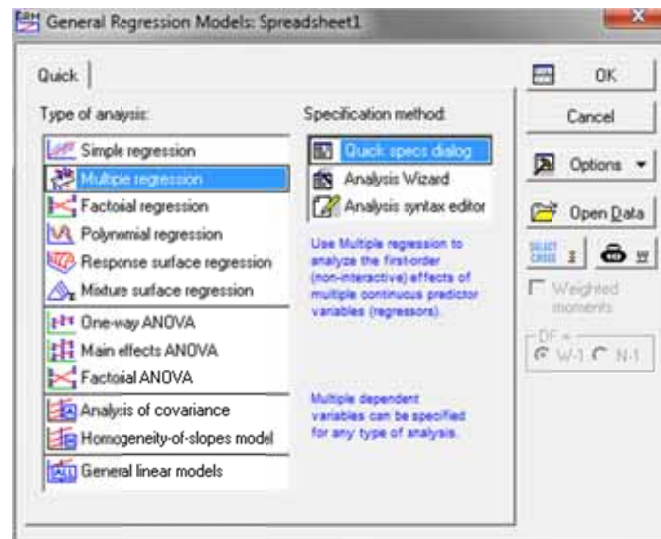
Variable	Var2	Var17	Var22	Var34	Var45	Var48	Var57	Var69
Var2	1.00	0.39	-0.00	0.23	0.23	-0.27	0.08	0.07
Var17	0.39	1.00	0.65	0.40	0.81	0.09	-0.54	0.71
Var22	-0.00	0.65	1.00	0.42	0.62	0.42	-0.26	0.47
Var34	0.23	0.40	0.42	1.00	0.39	-0.29	0.17	0.23
Var45	0.23	0.81	0.62	0.39	1.00	-0.27	-0.76	0.77
Var48	-0.27	0.09	0.42	-0.29	-0.27	1.00	0.16	-0.06
Var57	0.08	-0.54	-0.26	0.17	-0.76	0.16	1.00	-0.72
Var69	0.07	0.71	0.47	0.23	0.77	-0.06	-0.72	1.00

Ready C1.V1 1 Set OFF Weight OFF MAJ NUM ENR

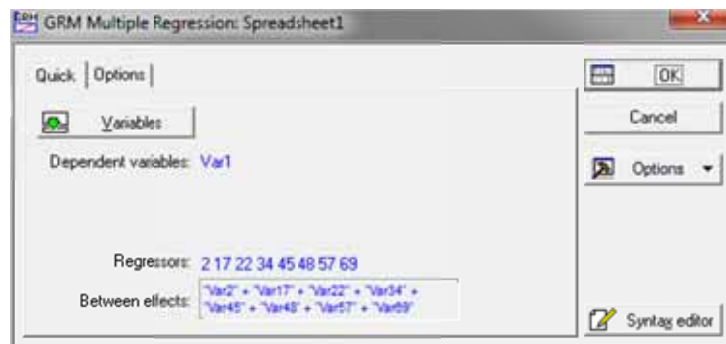
- Copier-coller cette table de corrélation avec les couleurs, ou noter les corrélations existantes entre les variables. Ces informations seront nécessaires pour la sélection des meilleurs modèles de prévision.

2° Recherche exhaustive des modèles

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Advanced Linear/Nonlinear Models** and **General Regression models**.



- Sélectionnez **Multiple regression**, et cliquez ensuite sur **ok**.
- Dans la boîte de dialogue s'ouvrant alors, cliquez sur l'onglet **Variables** pour les sélectionner. Dans la case de gauche, entrez la variable 1 (le rendement) et de l'autre côté, entrez uniquement les variables sélectionnées par la régression multiple de l'étape précédente.



- Sous l'onglet **Options**, cochez l'option **Best subsets**. Cliquez ensuite sur **ok**.

Une nouvelle fenêtre à onglets apparaît alors.

- Cliquez sur l'onglet **Summary of best subset regression**, au centre de la boîte. Les résultats s'affichent alors, tels que présentés ci-dessous.

Summary of best subsets; variable(s): Var1 (Spreadsheet1)
R square and standardized regression coefficients for each submodel

Subset No	R square	No. of Effects	Var2	Var17	Var22	Var34	Var45	Var48	Var57	Var69
1	1.000000	8	0.041964	-0.383750	-0.223746	1.092432	-0.025313	0.156459	-0.334212	0.525225
2	0.999989	7	0.040503	-0.389762	-0.236627	1.091739		0.166964	-0.323021	0.525163
3	0.999376	7		-0.345486	-0.247194	1.064510	0.023283	0.146995	-0.274075	0.523683
4	0.999366	6		-0.338248	-0.235302	1.064235		0.136317	-0.283043	0.523691
5	0.998325	7	0.035149	-0.288247	-0.067994	1.053774	-0.277067		-0.398021	0.530165
6	0.997883	6		-0.260767	-0.095798	1.032133	-0.223078		-0.343887	0.528608
7	0.997287	7	0.061092	-0.305617		1.071569	-0.375033	-0.019985	-0.467558	0.528417
8	0.947168	8	0.073053	-0.330046		1.085904	-0.170096		-0.484798	0.526802

Les différents modèles trouvés par Statistica sont classés par ordre décroissant de R^2 , c'est-à-dire du plus descriptif au moins descriptif. Les premiers modèles utilisent donc le maximum de variables disponibles, et possèdent un excellent pouvoir descriptif. Moins les modèles utilisent de variables, plus leur R^2 diminue.

Question : A priori, quel modèle sera le plus adéquat dans le cadre de cette étude ?

- Sélectionnez le tableau de résultat dans Statistica, cliquez-droit et sélectionnez **Copy with headers**. Copiez-le dans un fichier vierge Excel, et enregistrez-le.

Comme expliqué en début de chapitre, les modèles doivent, une fois créés, subir une validation afin de déterminer leurs capacités de prédiction. Il serait bien sûr fastidieux et surtout inutile de chercher à valider l'entière des modèles trouvés. Il faut d'abord sélectionner les modèles les plus prometteurs.

Pour être sélectionné, un modèle doit respecter certains critères ;

- Le modèle doit bien sûr présenter une adéquation aussi bonne que possible avec les valeurs de rendement observées. Cette adéquation peut être caractérisée par le coefficient de détermination R^2 , qui doit donc être le plus élevé possible.
- Les modèles sélectionnés doivent également être basés sur un nombre restreint de variables (2 à 4 maximum). Un modèle basé sur un trop grand nombre de variables serait peu robuste, et montrerait des performances médiocres avec des données nouvelles malgré des performances élevées avec les données de l'échantillon. Les valeurs des paramètres perdraient en outre toute signification en raison de leur grande variance.
- Il convient également d'éviter la colinéarité entre les variables explicatives d'un même modèle. En effet, un modèle faisant appel à des variables corrélées entre elles a des chances de présenter une faible robustesse.
- Le modèle devra enfin concerner des variables qui ont un sens au point de vue agronomique. Celles-ci ont en effet plus de chance d'accroître le pouvoir prédictif du modèle.

Un bon compromis est donc de prendre les 2 meilleurs modèles dans chacune des catégories à 2, 3 et 4 variables, et de les valider à l'aide de la cross-validation. Ces modèles sélectionnés doivent bien entendu respecter les 4 critères ci-dessus.

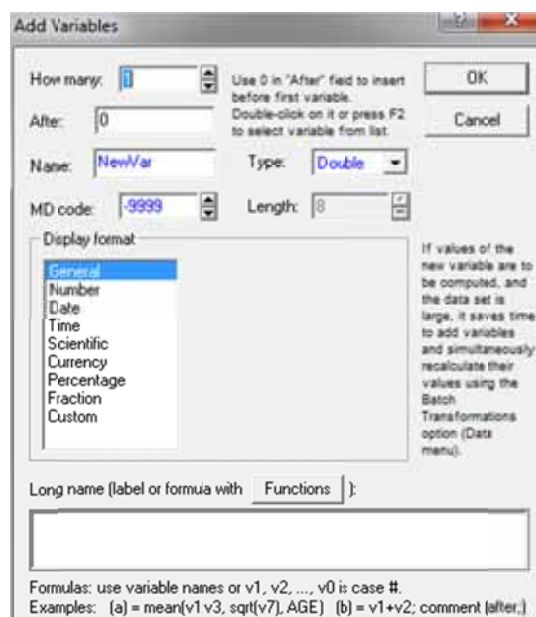
Question : Dans le fichier Excel nouvellement créé, quels modèles sélectionneriez-vous sur base des critères ci-dessus ?

5.4.5 Validation des modèles

Dans le cadre de cette méthode de prévision, la technique choisie pour tester la précision prédictive des modèles sélectionnés est la validation croisée (Leave-one-out Cross Validation). Le principe de cette méthode consiste à retirer une observation de l'échantillon, de calibrer le modèle sur les n-1 observations restantes, et de le valider ensuite avec l'observation mise de côté. La même opération est ensuite répétée en mettant à chaque fois de côté une autre observation pour effectuer la validation, jusqu'à ce que toutes les observations de l'échantillon y soient passées. Le coefficient de détermination entre les observations historiques et les valeurs prédites lors de chaque étape de validation (RC) peut ensuite être calculé et permettra d'évaluer l'efficacité de prévision du modèle.

Commencez par la validation du premier modèle sélectionné. Vous aurez besoin, pour cette manipulation, du fichier Statistica reprenant toutes les données, et de savoir quelles variables sont utilisées par le modèle à valider.

- Ouvrez le fichier Statistica contenant les données de bases.
- Cliquez-droit sur les titres des colonnes et sélectionnez **Add Variables**. Une nouvelle variable (une nouvelle colonne) doit effectivement être créée. Elle va servir à distinguer quelles années vont servir à la calibration et quelle année va servir à la validation.



- Dans la boîte de dialogue qui s'ouvre alors, sélectionnez **1** dans la case **How Many**. Placez un **0** dans la case juste en dessous afin de placer la nouvelle colonne en première place.

- Laissez les autres valeurs par défaut et cliquez sur **ok**.
- Dans cette nouvelle colonne appelée **NewVar**, rentrez **0** à la première ligne et **1** dans toutes les autres. Ce codage permet de signifier au programme que c'est la première ligne qui doit être utilisée pour la validation.

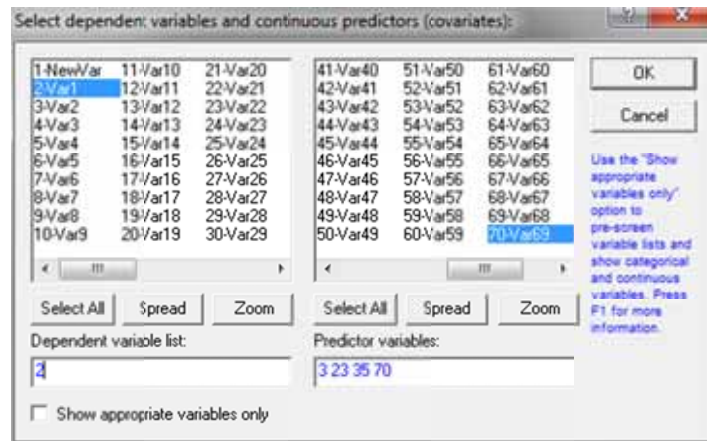
	1 NewVar	2 Var1	3 Var2	4 Var3	5 Var4	6 Var5	7 Var6	8 Var7	9 Var8	10 Var9	11 Var10	12 Var11	13 Var12	14 Var13
1	0	1191	80	14	618,6667	98,6667	100	98,6667	6,333333	0	135,3333	53,3333	195	0
2	1	906	11	14	648	98,6667	100	98,6667	0	17	183,3333	26,3333	226,6667	-7,6667
3	1	948	4	14	654	93,6667	100	93,6667	0	0	14	15	29	-1,3333
4	1	877	16	14	672,6667	87	100	87	0	0	3,333333	0	3,333333	-8
5	1	1082	32,6667	14	605	97	100	97	0	28,3333	260,3333	9	297,6667	0
6	1	954	66,3333	14	636	99,3333	100	99,3333	0	25,3333	30	0	55,3333	0
7	1	1050	3,66667	14	672	91,3333	100	91,3333	0	0	33,3333	0	33,3333	-3,6667
8	1	1149	37,3333	14	663,3333	99	100	99	0	12,3333	128,6667	68,6667	209,6667	0
9	1	1202	39,6667	14	654,6667	92,6667	100	92,6667	0	1,333333	210,3333	1,66667	213,3333	-4
10	1	1392	2	14	643	100	100	100	0	1	230,5	44	275,5	0

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Advanced Linear/Nonlinear Models** et **General Regression Models**.
- Sélectionnez **Multiple Regression** et cliquez sur **ok**.

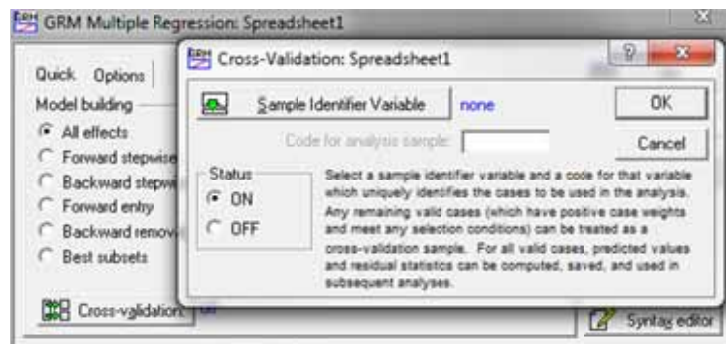


- Cliquez sur l'onglet **Variables**. Sélectionnez le rendement dans la colonne de gauche (variables dépendantes) et les 2,3 ou 4 variables utilisées par le modèle étudié dans la colonne de droite (variables prédictives). Cliquez sur **ok**.

Attention ! Il existe maintenant une nouvelle colonne **NewVar** qui figure dans la liste au numéro 1. Les autres colonnes sont donc "décalées". Prenez garde à sélectionner les bonnes variables en vous fiant au numéro de la variable et non au numéro de la liste !



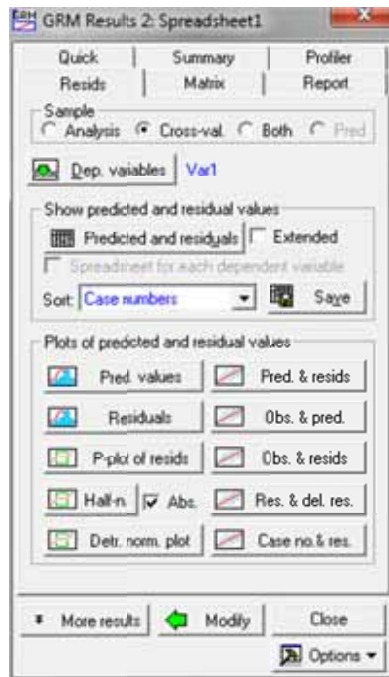
- De retour dans la première boîte de dialogue (GRM – Régression multiple), sous l'onglet **Options** sélectionnez l'onglet **Cross-Validation**.



- Cliquez sur l'onglet **Sample Identifier Variable**. C'est par l'intermédiaire de cette option que nous allons pouvoir signifier au programme d'utiliser la première colonne comme guide d'utilisation des variables. Sélectionnez donc la colonne nouvellement créée (**NewVar**) et cliquez sur **ok**.
- Placez **1** dans la case **Code for analysis sample**. Cochez l'état **Status ON**, et cliquez sur **ok**.
- Cliquez également sur **ok** dans la première boîte de dialogue.

Une autre boîte apparaît.

- Sous l'onglet **Resids**, cochez l'option **Cross-vam..** Cliquez ensuite sur l'onglet **Predicted and residuals**.

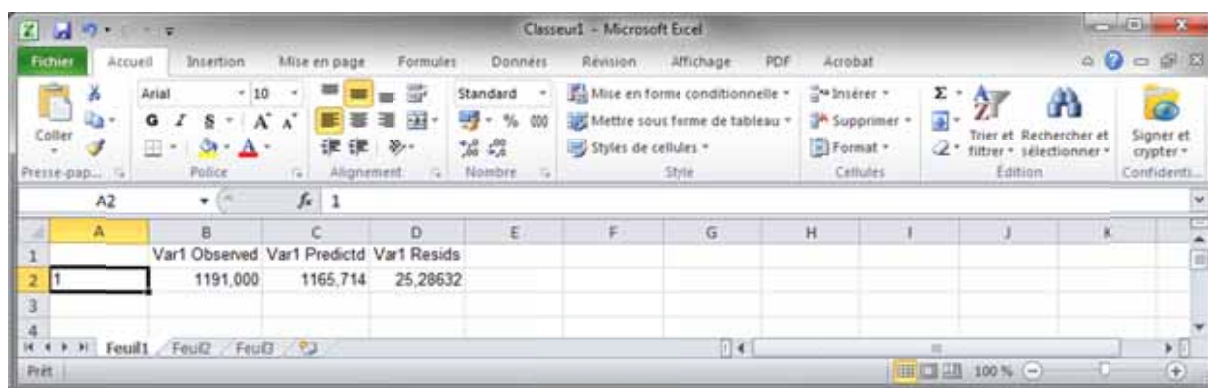


Les résultats apparaissent alors à l'écran. Il s'agit de la comparaison de la valeur observée du rendement et la valeur prévue par le modèle pour la première année, lorsque celui-ci est calibré à l'aide de toutes les autres années.

Case number	Var1 Observed	Var1 Predictd	Var1 Resids	Sample Code
1	1191.000	1165.714	25.28632	0

- Copiez-collez (copiez avec Copy with headers) ces résultats dans une feuille Excel.

Il s'agit de la première étape de la validation du premier modèle. Il faut maintenant recommencer la manipulation en utilisant la seconde année d'observation pour la validation.



- Fermez la page de résultats et l'analyse en cours, et retournez sur le fichier de données de base Statistica.
- Dans la première colonne **NewVar**, faites descendre le **0** à la seconde ligne afin que la seconde observation serve à la validation, et remplacez **1** à la première ligne pour que la première observation serve à la calibration.
- Recommencez les manipulations avec cette nouvelle configuration afin d'obtenir la comparaison de la valeur observée du rendement et la valeur prévue par le modèle pour la seconde année d'observation, lorsque celui-ci est calibré à l'aide de toutes les autres années.
- Copiez ces résultats à la suite des premiers dans la feuille Excel de résultats.
- Recommencez les manipulations avec la 3^{ème} année comme observation de validation, puis avec la 4^{ème}, puis la 5^{ème}, et ainsi de suite. Copiez à chaque fois les résultats à la suite dans le fichier Excel de résultats.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Rdmt Obs	Rdmt Prév²	Rès	Rès²						
2	1999	1191	1165,714	25,286	639,381796						
3	2000	906	895,1353	10,8647	118,041706						
4	2001	948	986,9374	-38,9374	1516,12112						
5	2002	877	784,803	92,197	8500,28681						
6	2003	1082	1166,669	-84,669	7168,83956						
7	2004	954	997,7641	-43,7641	1915,29645						
8	2005	1050	1098,67	-48,67	2368,7689						
9	2006	1149	1123,9	25,1	630,01						
10	2007	1202	1189,264	12,736	162,205696						
11	2008	1392	1342,935	49,065	2407,37423						
12											
13				MSE	2542,63263						
14				RMSE	50,4245241						
15											
16				R	0,94584093						
17				R²	0,89461506						

Une fois toutes les manipulations terminées, vous devez vous retrouver avec un fichier du type ci-dessus, présentant un tableau des rendements observés, des rendements prévus, et des résidus.

Il est maintenant nécessaire de calculer le **coefficient de détermination après Cross Validation (R^2_{cv})** qui va caractériser le pouvoir de prédiction entre les données observées et les données prévues par le modèle, ainsi que l'erreur moyenne entre les valeurs réelles et les valeurs prévues par le modèle testé (**RMSE ou Root Mean Square Error**).

- Etablissez une colonne résidu au carré (différence entre valeur observée et prévue, élevée au carré).
- En calculant la racine carrée de la moyenne de ces résidus élevés au carré, vous obtiendrez l'écart moyen entre les valeurs réelles et prévues (**RMSE**). Plus celle-ci est petite, plus le pouvoir de prédiction du modèle est bon.
- Calculer le coefficient de corrélation entre les colonnes des rendements observés et des rendements prévus. Pour cela, faites appel à la fonction **COEFFICIENT.CORRELATION** d'Excel. En élevant ce résultat au carré, vous obtiendrez le **R^2_{cv}** (coefficient de détermination après validation croisée). Plus cette valeur est élevée, plus le pouvoir de prédiction est bon.

C'est sur base de ces deux valeurs (**R^2_{cv} et RMSE**) que vous allez pouvoir sélectionner le modèle présentant le meilleur pouvoir de prévision. Le meilleur modèle possède le plus grand R^2_{cv} et la plus petite RMSE.

5.4.6 Détermination des termes du meilleur modèle

- Dans le menu **Statistics**, sélectionnez **Advanced Linear/Nonlinear models** et **General Regression Models**. Cliquez sur **Multiple regression**.
- Cliquez sur l'onglet **Variables**, et sélectionnez le rendement à gauche et les 2, 3, ou 4 variables utilisées par le modèle à droite. Cliquez ensuite sur **ok**.
- Dans la nouvelle fenêtre apparaissant, Cliquez sur l'onglet "**Coefficients**".



Les coefficients des 2, 3, ou 4 variables du modèle sont alors donnés dans un tableau de résultat.

Effect	Var1 Param	Var1 Std Err	Var1 t	Var1 p	-95.0% Cnf Lmt	+95.0% Cnf Lmt	Var1 Beta (β)	Var1 St Err β	-95.0% Cnf Lmt
Intercept	-5379.59	507.9523	-10.0001	0.000171	-6762.44	-3996.74			
"Var2"	-0.79	0.4100	-1.9321	0.111195	-1.85	0.26	-0.133618	0.069158	-0.311394
"Var22"	-1.85	0.5897	-3.1351	0.025809	-3.36	-0.33	-0.256750	0.081898	-0.467284
"Var34"	33.47	2.9104	11.4993	0.000087	25.99	40.95	0.874811	0.076075	0.679254
"Var69"	6.06	0.8519	7.1137	0.000851	3.87	8.25	0.540059	0.075918	0.344905

Dans l'exemple du tableau ci-dessus, le modèle de prévision serait donc :

$$\text{Rendement} = -0.79 \cdot \text{Var2} - 1.85 \cdot \text{Var22} + 33.47 \cdot \text{Var34} + 6.06 \cdot \text{Var69} + 5379.59$$

Il suffit dès lors de retourner dans le fichier Excel récapitulatif des variables afin de voir à quelles variables réelles correspondent ces notations. Les variables 2, 22, 34 et 69 correspondent en fait respectivement aux variables **SWi** (indice de satisfaction en eau), **ETAt** (évapotranspiration durant la phase de maturation), **NDVI mat.** (cumul de l'indice NDVI durant la phase de maturation) et **Sval** (valeur de NDVI en début de saison).

Question : Que peut-on dire au vu de ces résultats ? Ces variables vous semblent-elles fiables ?

Le modèle fait donc appel à des variables issues des trois sources principales de facteurs explicatifs : **SWi** et **ETAt** sont des sorties d'AgrometShell, **Sval** est une sortie de Vast, et **NDVI mat** est une valeur de cumul de l'indice NDVI. Ce modèle semble donc bien équilibré. Ceci est rassurant, et nous porte à croire que les données météo et NDVI sont fiables, et que tous les outils utilisés tout au long de cette méthode sont justifiés.

Ceci tend également à montrer que la phase de maturation semble être importante dans le cycle de la plante, et que des changements météo durant cette phase ont des impacts non négligeables sur les rendements.

6. Application sur une culture vivrière :maïs

La méthode de prévision des rendements peut bien évidemment être appliquée sur d'autres cultures que le coton. Vous trouverez ici les données nécessaires pour l'appliquer sur le cas d'une culture vivrière, le maïs, pour cette même région du Houet au Burkina Faso. Toute la manipulation ne sera pas à nouveau détaillée dans ce second exemple étant donné que la marche à suivre est identique et que, la zone d'étude étant la même, certaines données pourront être réutilisées telles quelles. Nous ferons cependant appel à des données météo d'une autre origine, celles fournies par le Joint Research Center (JRC) de la commission européenne.

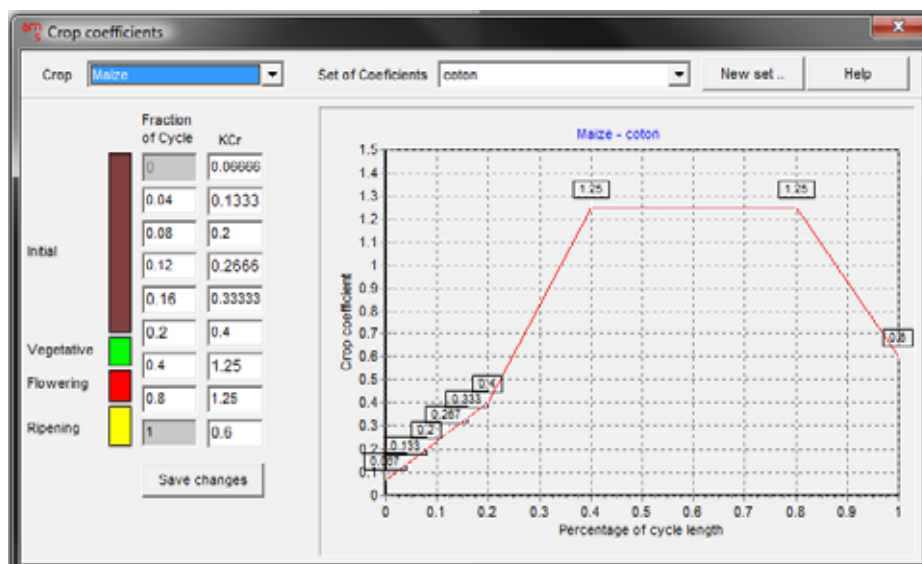
6.1 Utilisation des données NDVI

La zone d'étude étant à nouveau la province du Houet, l'analyse des images NDVI est identique à celle réalisée pour l'exemple du coton. Les sorties de Vast provenant de cette analyse peuvent donc être réutilisées telles quelles dans le cas du maïs.

6.2 Utilisation des données météorologiques et agronomiques

1° Données agronomiques

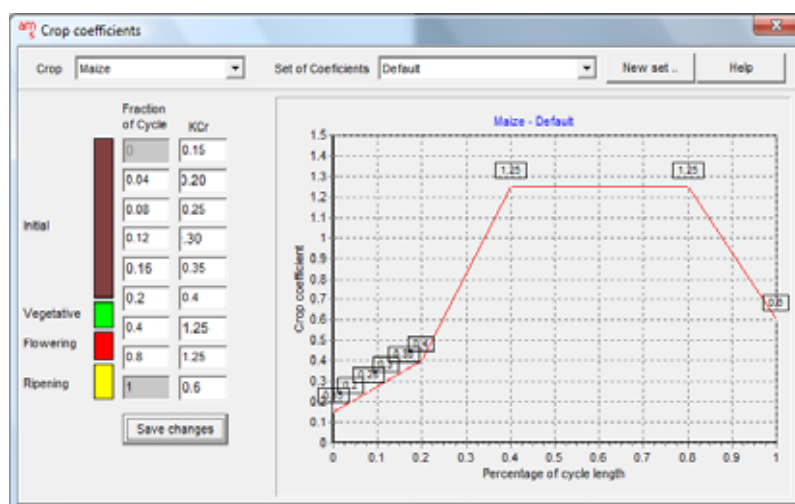
- Commencez par vérifier si le maïs fait partie des cultures pré-encodées dans la base de données d'AMS. Pour rappel, ces informations sont disponibles sous le menu **Database** ➔ **Configure** ➔ **Crop coefficient**.



Le maïs étant présent, il n'est pas nécessaire de le réintroduire. Vérifiez cependant si les données préenregistrées correspondent aux données ci-dessous (données spécifiques à la zone étudiée). Modifiez-les si nécessaire.

	Phase d'initiation	Phase végétative	Phase reproductive	Phase de maturation	Total
Durée	18 jours	18 jours	36 jours	18 jours	90 jours
Kc	0.15 → 0.40	0.40 → 1.25	1.25	1.25 → 0.6	

Vous devriez obtenir au final un graphique tel que celui ci-dessous.



2° Données météorologiques

En règle générale, il est conseillé de travailler autant que possible avec des données réelles, et ce à tout niveau de cette méthode de prévision des rendements. Celles-ci ne sont malheureusement pas toujours disponibles, ou sont parfois lacunaires.

Dans ces situations, des données météo issues de modèles météorologiques avancés sont disponibles pour le monde entier via le site du Joint Research Center de la commission européenne. Ces données historiques décennales sont téléchargeables gratuitement, sur simple demande, à partir de l'année 1978 ou 1989 selon la définition des données demandées, à l'adresse suivante ; <http://139.191.1.74/datadownload/index.php>.

Sur la page de téléchargement, il vous faut spécifier la zone d'intérêt, le produit demandé (c'est-à-dire la définition des données), la première décennie d'intérêt, et le nombre de décennies voulues (36 max.). Il n'est donc possible de demander qu'une année de données à la fois.

Usage:

Please fill-in all the fields.

Once your request has been submitted, it will be processed by our servers and a notification message containing the download details will be sent to the provided email address.

All requests are processed in the shortest time possible.

Should you not receive the notification message within 24h, please report to: [Felix Rembold](#)

We recommend the use of [7ZIP](#) freeware or equivalent to unzip the files you will download.

Email Privacy:

Your email address is only used with your permission for the above mentioned purpose. Your informations will be kept confidential and not redistributed.

Download data for country or region:

Burkina Faso

Data Product:

☒ ERA INTERIM at 0.25 degree resolution (from 1989)

☐ ERA 40 at 1 degree resolution (from 1978)

Time frame start:

Decade: 1 Month/year: 1 Year: 1999

Time frame length in decades (max. 36): 36

Email address for download notice:

exemple@example.com

Submit

Une adresse e-mail est également demandée. C'est via celle-ci que sera communiqué dans les heures qui suivront le lien de téléchargement pour les données demandées.

Préparation à l'importation des fichiers JRC

Le fichier disponible au téléchargement se présente sous la forme d'un fichier zip contenant lui-même 5 fichiers. Vous en trouverez un exemple dans le dossier "*Données météo*" → "*Téléchargements JRC*".

Décompressez le fichier zip. Il contient 5 fichiers, dont le plus gros est un fichier **dbf**. Ouvrez celui-ci avec le logiciel Excel. Le fichier se présente alors sous la forme d'un tableau reprenant les données de divers paramètres météo (rangés dans les colonnes F à S) pour une série de points dans l'espace. Ces points, caractérisés par les coordonnées de latitude et de longitude, quadrillent la zone d'intérêt de manière régulière au rythme de 1 point par carré de 0.25 degrés de côté. Pour chacun des points, vous pouvez observer 36 lignes de données, correspondantes aux 36 décennies de l'année concernée.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	LATITUDE	LONGITUDE	YEAR	MONTH	DECADE	TAV	TMAX	TMIN	RRR	ESO	ESO	ETO	RAD	SOAV	CWS	PP	VAP									
1	9.500000000	-5.500000000	2001	1	1	26.010000000	34.230000000	18.250000000	0.180000000	62.930000000	56.490000000	54.800000000	212885.000000000	0.000000000	-54.840000000	11										
2	9.500000000	-5.500000000	2001	1	2	26.970000000	35.440000000	18.440000000	0.000000000	71.280000000	64.390000000	61.210000000	222796.000000000	0.000000000	-61.210000000	8										
3	9.500000000	-5.500000000	2001	1	3	26.720000000	34.860000000	18.920000000	0.000000000	75.880000000	58.790000000	55.050000000	229954.000000000	0.000000000	-55.050000000	6										
4	9.500000000	-5.500000000	2001	2	1	28.820000000	36.950000000	21.130000000	0.000000000	82.700000000	73.380000000	71.200000000	235238.000000000	0.000000000	-71.200000000	6										
5	9.500000000	-5.500000000	2001	2	2	27.390000000	35.770000000	20.580000000	0.000000000	83.520000000	76.000000000	72.610000000	242834.000000000	0.000000000	-72.610000000	6										
6	9.500000000	-5.500000000	2001	2	3	30.500000000	38.880000000	22.420000000	0.000000000	89.220000000	82.890000000	78.170000000	257183.000000000	0.000000000	-78.170000000	8										
7	9.500000000	-5.500000000	2001	3	1	31.220000000	39.400000000	23.770000000	0.000000000	93.980000000	85.600000000	79.600000000	267124.000000000	0.000000000	-79.600000000	11										
8	9.500000000	-5.500000000	2001	3	2	29.310000000	37.650000000	21.360000000	0.000000000	90.100000000	83.630000000	76.090000000	259795.000000000	0.000000000	-76.090000000	23										
9	9.500000000	-5.500000000	2001	3	3	28.400000000	36.130000000	21.680000000	0.000000000	86.960000000	80.880000000	74.620000000	246152.000000000	0.000000000	-74.620000000	23										
10	9.500000000	-5.500000000	2001	4	1	30.110000000	37.860000000	24.060000000	0.000000000	92.790000000	83.280000000	76.940000000	259638.000000000	0.000000000	-76.940000000	23										
11	9.500000000	-5.500000000	2001	4	2	28.980000000	34.560000000	21.700000000	0.000000000	93.620000000	82.200000000	75.790000000	258058.000000000	0.000000000	-75.790000000	26										
12	9.500000000	-5.500000000	2001	4	3	28.470000000	35.260000000	21.340000000	0.000000000	93.380000000	81.990000000	75.980000000	258422.000000000	0.000000000	-75.980000000	26										
13	9.500000000	-5.500000000	2001	5	1	28.010000000	34.500000000	22.980000000	0.000000000	97.280000000	90.400000000	81.660000000	279997.000000000	0.000000000	-81.660000000	27										
14	9.500000000	-5.500000000	2001	5	2	27.840000000	33.790000000	23.340000000	0.000000000	92.020000000	84.830000000	77.790000000	259352.000000000	0.000000000	-77.790000000	28										
15	9.500000000	-5.500000000	2001	5	3	27.010000000	33.180000000	23.190000000	0.000000000	94.180000000	85.140000000	78.970000000	268184.000000000	0.000000000	-78.970000000	28										
16	9.500000000	-5.500000000	2001	6	1	26.140000000	32.150000000	21.780000000	0.000000000	91.640000000	83.700000000	77.282000000	257282.000000000	0.000000000	-77.282000000	28										
17	9.500000000	-5.500000000	2001	6	2	26.280000000	31.870000000	21.670000000	0.000000000	90.010000000	81.820000000	76.940000000	252178.000000000	0.000000000	-76.940000000	28										
18	9.500000000	-5.500000000	2001	6	3	25.290000000	29.830000000	21.340000000	0.000000000	80.240000000	73.180000000	68.680000000	247295.000000000	0.000000000	-68.680000000	27										
19	9.500000000	-5.500000000	2001	7	1	25.550000000	30.480000000	21.440000000	0.000000000	87.810000000	77.810000000	73.400000000	259459.000000000	0.000000000	-73.400000000	28										
20	9.500000000	-5.500000000	2001	7	2	24.710000000	28.620000000	21.130000000	0.000000000	82.170000000	73.890000000	69.890000000	249019.000000000	0.000000000	-69.890000000	27										
21	9.500000000	-5.500000000	2001	7	3	24.190000000	28.130000000	20.770000000	0.000000000	83.810000000	70.410000000	66.490000000	243146.000000000	0.000000000	-66.490000000	28										
22	9.500000000	-5.500000000	2001	8	1	24.230000000	28.550000000	20.590000000	0.000000000	84.280000000	70.640000000	66.400000000	245882.000000000	0.000000000	-66.400000000	28										
23	9.500000000	-5.500000000	2001	8	2	24.430000000	28.800000000	20.900000000	0.000000000	79.230000000	68.320000000	64.420000000	240442.000000000	0.000000000	-64.420000000	27										
24	9.500000000	-5.500000000	2001	8	3	24.890000000	28.590000000	21.070000000	0.000000000	78.930000000	68.930000000	64.880000000	239189.000000000	0.000000000	-64.880000000	27										
25	9.500000000	-5.500000000	2001	9	1	24.250000000	28.710000000	20.520000000	0.000000000	84.880000000	70.620000000	66.400000000	245156.000000000	0.000000000	-66.400000000	27										
26	9.500000000	-5.500000000	2001	9	2	24.050000000	28.860000000	20.350000000	0.000000000	87.000000000	71.500000000	67.500000000	242000.000000000	0.000000000	-67.500000000	26										
27	9.500000000	-5.500000000	2001	9	3	24.580000000	29.470000000	20.440000000	0.000000000	84.830000000	70.410000000	66.490000000	243146.000000000	0.000000000	-66.490000000	28										
28	9.500000000	-5.500000000	2001	10	1	25.580000000	30.460000000	21.340000000	0.000000000	83.790000000	73.890000000	69.890000000	249019.000000000	0.000000000	-69.890000000	28										
29	9.500000000	-5.500000000	2001	10	2	25.740000000	31.150000000	21.070000000	0.000000000	85.930000000	76.480000000	70.420000000	259952.000000000	0.000000000	-70.420000000	27										
30	9.500000000	-5.500000000	2001	10	3	26.980000000	31.990000000	21.230000000	0.000000000	88.140000000	82.000000000	76.177000000	261773.000000000	0.000000000	-76.177000000	26										
31	9.500000000	-5.500000000	2001	11	1	26.360000000	33.360000000	23.730000000	0.000000000	96.250000000	88.340000000	82.620000000	288448.000000000	0.000000000	-82.620000000	23										

Dans le cas d'exemple, la zone d'intérêt spécifiée lors de la demande de téléchargement est le Burkina Faso. Le fichier reprend donc des données pour un ensemble de points séparés de 0.25° et couvrant toute la surface du Burkina Faso. Le fichier contenant 27324 lignes, cela représente $27324 / 36 = 759$ "station fictives".

Ce fichier est trop lourd pour être importé directement dans AMS, cela prendrait trop de temps. Il est préférable d'importer uniquement les données d'intérêt en supprimant les lignes et colonnes superflues. De plus, rappelons qu'AMS ne travaille qu'avec des données ponctuelles faisant référence à des stations déterminées. Il est donc nécessaire de spécifier des noms de stations pour les différents points pour lesquels des données sont disponibles.

- Commencez par Supprimer les colonnes comprenant les paramètres non nécessaires et ne conservez que les 6 paramètres d'intérêt **Tav**, **Tmax**, **Tmin**, **RRR**, **ETO** et **RAD** (Température moyenne, maximale et minimale, la pluviométrie, l'évapotranspiration, et les radiations solaires).
- Supprimez toutes les lignes correspondantes à des points situés hors de la zone étudiée. Il faut pour cela se baser sur les coordonnées géographiques de ces points. La province du Houet étant comprise entre 10.5 et 12.25 de latitude et entre -5 et -3.5 de longitude, les lignes concernant des points non compris dans cette zone peuvent être supprimées. Effectuez d'abord le tri sur base de la latitude, en supprimant toutes les lignes dont la latitude est strictement inférieure à 10.5 et strictement supérieure à 12.25. Pour effectuer le tri sur base de la longitude, faites d'abord appel à l'option **Trier et Filtrer** ➔ **Tri personnalisé...** dans l'onglet **Accueil** de Excel afin de reclasser les lignes sur base de la longitude. La suppression des lignes dont la longitude est strictement inférieure à -5 et strictement supérieure à -3.5 sera alors plus aisée. Il devrait vous rester après tri 2017 lignes.

- Excel étant un logiciel d'origine anglo-saxonne, le caractère séparateur des décimales est le point. Pour éviter des problèmes de reconnaissance, remplacez les virgules (,) par des points (.) grâce à l'option **Rechercher et sélectionner → Remplacer...** sous l'onglet Accueil de Excel.

Ce problème peut également être résolu en changeant les paramètres régionaux dans le panneau de configuration Windows, et en définissant le point comme séparateur décimal. Excel affichera alors lui-même à la prochaine ouverture du document des points comme séparateur décimal.

- Enfin, ajoutez une colonne en première position pour spécifier le nom des stations fictives (par exemple *Station1, Station2, Station3,...*).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Station	LATITUDE	LONGITUDE	YEAR	MONTH	DEKAD	TAV	TMAX	TMIN	RRR	ETD	RAD					
2	Station1	10.5	-5	1999	1	1	25.54	33.91	18.13		0.62.09		210030				
3	Station1	10.5	-5	1999	1	2	27.26	34.91	20.41	5.94	57.71		199624				
4	Station1	10.5	-5	1999	1	3	26.52	34.67	18.89		0.69.07		220727				
5	Station1	10.5	-5	1999	2	1	26.21	34.38	18.32		0.67.9		227025				
6	Station1	10.5	-5	1999	2	2	28.71	36.37	21.29	3.43	66.84		219131				
7	Station1	10.5	-5	1999	2	3	29.46	37.83		21	0	60	193663				
8	Station1	10.5	-5	1999	3	1	31.34	39.6	23.66	0.49	68.58		243077				
9	Station1	10.5	-5	1999	3	2	31.26	39.17	24.22	1.88	74.33		245104				
10	Station1	10.5	-5	1999	3	3	31.34	38.71	24.73	13.55	69.22		237345				
11	Station1	10.5	-5	1999	4	1	30.42	37.84	23.57	11.58	66.34		238442				
12	Station1	10.5	-5	1999	4	2	30.57	37.32	24.7	32.63	64.1		233625				
13	Station1	10.5	-5	1999	4	3		29.54.8	23.66	40.35	57.36		237121				
14	Station1	10.5	-5	1999	5	1	28.78	35.1	23.78	35.58	57.12		232581				
15	Station1	10.5	-5	1999	5	2	28.08	34.86	23.02	31.44	57.54		236742				
16	Station1	10.5	-5	1999	5	3	28.66	35.19	23.47	27.17	57.24		232961				
17	Station1	10.5	-5	1999	6	1	27.96	34.58	22.75	27.22	56.01		230434				
18	Station1	10.5	-5	1999	6	2	27.45	34.57	22.48	21.64	57.16		234718				
19	Station1	10.5	-5	1999	6	3	26.96	33.05	22.32	32.67	50.02		211809				
20	Station1	10.5	-5	1999	7	1	26.07	31.74	21.65	39.9	47.03		206796				
21	Station1	10.5	-5	1999	7	2	25.52	30.48	21.54	48.9	41.3		182784				
22	Station1	10.5	-5	1999	7	3	24.74	29.05	21.13	68.29	35.23		160077				
23	Station1	10.5	-5	1999	8	1	23.98	27.91	20.76	95.41	28.34		129068				
24	Station1	10.5	-5	1999	8	2	24.21	28.42	20.85	102.63	30.51		139717				
25	Station1	10.5	-5	1999	8	3	24.55	28.86	20.73	71.3	33.15		150554				
26	Station1	10.5	-5	1999	9	1	23.55	28.38	20.35	82.46	32.73		137739				
27	Station1	10.5	-5	1999	9	2		25.29.71	20.73	68.89	36.68		174377				
28	Station1	10.5	-5	1999	9	3	24.8		20.81	53.71	36.57		173032				
29	Station1	10.5	-5	1999	10	1	24.91	30.08	20.72	69.74	37.2		175623				
30	Station1	10.5	-5	1999	10	2	25.36	30.77	20.63	68.53	39.03		185837				
31	Station1	10.5	-5	1999	10	3	26.71	32.85	21.01	18.66	46.2		215416				
32	Station1	10.5	-5	1999	11	1	26.67	33.38	19.83	2.59	48.75		224379				

- Enregistrez le fichier sous le format **Texte (séparateur : tabulation)** qui est assimilable par AMS. Ce fichier nouvellement enregistré est maintenant prêt à être importé dans AgrometShell.

Vous trouverez dans le dossier "*Données météo → Données JRC*" les données météo du JRC pour les années 1999 à 2009. Elles sont disponibles en format **".dbf"** telles qu'elles sont à l'origine après leur décompression, et en format **".txt"** prêts à être importés dans AMS.

- Importez les fichiers txt des années 99 à 09 via l'option **import → from ASCII files** détaillée plus haut.

Attention ! Dans ce cas, on importe des fichiers de données **réelles décennales**, concernant **plusieurs stations**. Tenez-en compte lors des différentes étapes de l'importation !

Remarque :

Pour importer ces données dans AMS, nous allons également introduire des nouvelles stations "fictives" (station1, Station2, etc...). Les calculs des bilans sur base de ces données seront donc à calculer sur ces stations fictives.

3° Calcul des bilans

Le calcul des bilans aura cette fois lieu pour les 56 stations fictives correspondantes au 56 points de la province du Houet pour lesquelles nous disposons des données météo, et ce pour les années de 1999 à 2008.

Les informations agronomiques à fournir pour le calcul de bilan sont les suivantes :

Date de semis : **19^{ième} décade**

Percentage effective rainfall : **90**

Durée du cycle : **9 décades**

Kcr de pré saison : **0.15**

Water holding capacity : **120**

Irrigation : **0**

Irrigation bund height : **0**

Etant donné qu'il ne faut posséder au final qu'une seule valeur pour chacun des paramètres de sortie d'AMS, il sera nécessaire de calculer une moyenne des 56 valeurs obtenues pour chacun des paramètres.

6.3 Autres facteurs explicatifs

1° Cumuls des données météorologiques

Les cumuls des données météorologiques doivent être réalisés dans ce cas à partir des données JRC. Ceci peut être fait à partir des fichiers txt préparés pour l'importation. Cependant, il est d'abord nécessaire de préparer ces données, car celles-ci concernent 56 stations, et qu'il ne faut qu'une seule valeur de cumul par année et par phase. Il est donc nécessaire d'agglomérer ces 56 stations en un seul jeu de données, et de calculer les cumuls sur celui-ci.

- Ouvrez MS Excel, et ouvrez le fichier **1999.txt** dans le dossier "*Données météo*" → "*Téléchargement JRC*".
- Placez-vous dans la case O2, et introduisez une formule de calcul de moyenne des valeurs de **Tav** de la 1^{ière} décade du 1^{er} mois pour les 56 stations. Cette formule est un peu fastidieuse à réaliser, mais elle ne doit être écrite qu'une seule fois.

Attention! Si vous possédez toujours les paramètres régionaux français (la virgule comme séparateur décimal), prenez soin de remplacer à nouveau les points en virgules afin que les chiffres soient reconnus comme tels pour le calcul de la moyenne !

1999 - Microsoft Excel

Ouvrir une version originale d'Office | Accueil | Insertion | Mise en page | Formules | Données | Révisions | Affichage

Celler | Police | Alignement | Numérisation | Mise en forme conditionnelle | Mettre sous forme de tableau | Mettre sous forme de cellules | Insérer | Supprimer | Trier et Rechercher et sélectionner | Cette copie d'Office n'est pas originale

Presse-papiers | Police | Alignement | Numérisation | Mise en forme conditionnelle | Mettre sous forme de tableau | Mettre sous forme de cellules | Insérer | Supprimer | Trier et Rechercher et sélectionner | Cette copie d'Office n'est pas originale

Formule: =MOYENNE(G2:G38;G74:G110;G146:G182;G318;G254;G290;G326;G362;G398;G434;G470;G506;G542;G578;G614;G650;G686;G722;G758;G794;G830;G866;G902;G938;G974;G1010;G1046;G1082;G1118;G1154;G1190;G1226;G1262;G1298;G1334;G1370;G1406;G1442;G1478;G1514;G1550;G1586;G1622;G1658;G1694;G1730;G1766;G1802;G1838;G1874;G1910;G1946;G1982;G2018)

1	LONGITUDE	YEAR	MONTH	DEKAD	TAV	TMAX	TMIN	RRR	ET0	RAD
2	-5	1999	1	1	25,54	33,91	18,13	0	62,09	210030
3	-5	1999	1	2	27,26	34,91	20,41	5,94	57,71	199624
4	-5	1999	1	3	26,52	34,67	18,89	0	69,07	220727
5	-5	1999	2	1	26,21	34,38	18,32	0	67,9	227025
6	-5	1999	2	2	28,71	36,37	21,29	3,43	66,84	219131
7	-5	1999	2	3	29,46	37,83	21	0	60	193663
8	-5	1999	3	1	31,34	39,6	23,66	0,49	68,58	243077
9	-5	1999	3	2	31,26	39,17	24,22	1,88	74,33	245104
10	-5	1999	3	3	31,34	38,71	24,73	13,55	85,22	237345
11	-5	1999	4	1	30,42	37,84	23,57	11,58	66,24	238442
12	-5	1999	4	2	30,57	37,32	24,7	32,63	64,1	233625
13	-5	1999	4	3	29	35,48	23,66	40,35	57,38	227121
14	-5	1999	5	1	28,78	35,1	23,78	35,58	57,12	232581
15	-5	1999	5	2	28,08	34,86	23,02	31,44	57,54	236742
16	-5	1999	5	3	28,66	35,19	23,47	27,17	57,24	232961
17	-5	1999	6	1	27,96	34,58	22,75	27,22	56,01	230434
18	-5	1999	6	2	27,45	34,57	22,48	21,64	57,16	234718
19	-5	1999	6	3	26,96	33,05	22,32	32,67	50,02	211809
20	-5	1999	7	1	26,07	31,74	21,65	39,9	47,03	206796
21	-5	1999	7	2	25,52	30,48	21,54	48,9	41,3	182784
22	-5	1999	7	3	24,74	29,05	21,13	68,29	35,23	160077
23	-5	1999	8	1	23,98	27,91	20,76	95,41	28,34	129068
24	-5	1999	8	2	24,21	28,42	20,85	102,63	30,51	139717
25	-5	1999	8	3	24,55	28,86	20,73	71,3	33,15	150554
26	-5	1999	9	1	23,55	28,38	20,35	82,48	32,73	157799
27	-5	1999	9	2	25	29,71	20,75	68,89	36,68	174577

- Etendez ensuite la formule sur 36 lignes et sur 6 colonnes (jusqu'à la case T37). Vous obtenez ainsi l'équivalent d'une année de donnée pour une station fictive représentative de la province du Houet.

1999 - Microsoft Excel

Ouvrir une version originale d'Office | Accueil | Insertion | Mise en page | Formules | Données | Révisions | Affichage

Celler | Police | Alignement | Numérisation | Mise en forme conditionnelle | Mettre sous forme de tableau | Mettre sous forme de cellules | Insérer | Supprimer | Trier et Rechercher et sélectionner | Cette copie d'Office n'est pas originale

Presse-papiers | Police | Alignement | Numérisation | Mise en forme conditionnelle | Mettre sous forme de tableau | Mettre sous forme de cellules | Insérer | Supprimer | Trier et Rechercher et sélectionner | Cette copie d'Office n'est pas originale

Formule: =MOYENNE(G2:G38;G74:G110;G146:G182;G318;G254;G290;G326;G362;G398;G434;G470;G506;G542;G578;G614;G650;G686;G722;G758;G794;G830;G866;G902;G938;G974;G1010;G1046;G1082;G1118;G1154;G1190;G1226;G1262;G1298;G1334;G1370;G1406;G1442;G1478;G1514;G1550;G1586;G1622;G1658;G1694;G1730;G1766;G1802;G1838;G1874;G1910;G1946;G1982;G2018)

1	LONGITUDE	YEAR	MONTH	DEKAD	TAV	TMAX	TMIN	RRR	ET0	RAD
2	-5	1999	1	1	25,54	33,91	18,13	0	62,09	210030
3	-5	1999	1	2	27,26	34,91	20,41	5,94	57,71	199624
4	-5	1999	1	3	26,52	34,67	18,89	0	69,07	220727
5	-5	1999	2	1	26,21	34,38	18,32	0	67,9	227025
6	-5	1999	2	2	28,71	36,37	21,29	3,43	66,84	219131
7	-5	1999	2	3	29,46	37,83	21	0	60	193663
8	-5	1999	3	1	31,34	39,6	23,66	0,49	68,58	243077
9	-5	1999	3	2	31,26	39,17	24,22	1,88	74,33	245104
10	-5	1999	3	3	31,34	38,71	24,73	13,55	85,22	237345
11	-5	1999	4	1	30,42	37,84	23,57	11,58	66,24	238442
12	-5	1999	4	2	30,57	37,32	24,7	32,63	64,1	233625
13	-5	1999	4	3	29	35,48	23,66	40,35	57,38	227121
14	-5	1999	5	1	28,78	35,1	23,78	35,58	57,12	232581
15	-5	1999	5	2	28,08	34,86	23,02	31,44	57,54	236742
16	-5	1999	5	3	28,66	35,19	23,47	27,17	57,24	232961
17	-5	1999	6	1	27,96	34,58	22,75	27,22	56,01	230434
18	-5	1999	6	2	27,45	34,57	22,48	21,64	57,16	234718
19	-5	1999	6	3	26,96	33,05	22,32	32,67	50,02	211809
20	-5	1999	7	1	26,07	31,74	21,65	39,9	47,03	206796
21	-5	1999	7	2	25,52	30,48	21,54	48,9	41,3	182784
22	-5	1999	7	3	24,74	29,05	21,13	68,29	35,23	160077
23	-5	1999	8	1	23,98	27,91	20,76	95,41	28,34	129068
24	-5	1999	8	2	24,21	28,42	20,85	102,63	30,51	139717
25	-5	1999	8	3	24,55	28,86	20,73	71,3	33,15	150554
26	-5	1999	9	1	23,55	28,38	20,35	82,48	32,73	157799
27	-5	1999	9	2	25	29,71	20,75	68,89	36,68	174577
28	-5	1999	9	3	25,54	33,91	18,13	0	62,09	210030
29	-5	1999	10	1	24,74	29,05	21,13	68,29	35,23	160077
30	-5	1999	10	2	24,21	28,42	20,85	102,63	30,51	139717
31	-5	1999	10	3	24,55	28,86	20,73	71,3	33,15	150554
32	-5	1999	11	1	23,55	28,38	20,35	82,48	32,73	157799
33	-5	1999	11	2	25	29,71	20,75	68,89	36,68	174577
34	-5	1999	11	3	25,54	33,91	18,13	0	62,09	210030
35	-5	1999	12	1	24,74	29,05	21,13	68,29	35,23	160077
36	-5	1999	12	2	24,21	28,42	20,85	102,63	30,51	139717
37	-5	1999	12	3	24,55	28,86	20,73	71,3	33,15	150554

- Remplacez les noms des paramètres au-dessus des colonnes, copiez ce nouveau tableau et collez-le dans un fichier Excel vierge (**collage spécial – Valeur**, option **Transposé**).
- Faites de même avec les fichiers txt des autres années (2000 à 2008), et réorganisez les lignes afin de regrouper les paramètres ensemble, comme montré ci-dessous :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 TAV																	
2 1999	25,40	27,24	25,72	25,28	28,10	28,90	32,03	31,40	32,27	31,96	31,81	30,96	30,18	29,45	29,84	29,51	29,22
3 2000	24,72	27,41	28,22	23,72	25,30	28,78	29,41	29,82	30,86	32,14	32,00	31,19	30,83	31,27	28,13	28,03	27,57
4 2001	25,22	25,82	24,96	27,05	25,53	29,18	30,16	31,38	32,19	32,25	32,05	32,68	31,18	30,94	29,93	28,12	28,09
5 2002	26,18	24,64	26,40	26,04	28,45	29,08	31,18	32,48	33,22	33,99	31,86	32,76	30,71	32,32	31,73	29,45	28,57
6 2003	25,91	27,54	26,30	29,87	30,31	31,36	33,33	31,21	30,73	32,62	31,42	32,66	32,27	30,93	29,85	27,80	28,19
7 2004	25,54	26,76	26,89	26,48	30,04	30,80	27,36	30,84	33,29	32,18	31,27	30,40	31,17	30,08	28,87	28,40	28,39
8 2005	24,10	24,35	27,95	28,89	31,01	32,18	32,14	32,42	32,97	33,48	31,57	31,68	29,72	31,51	30,33	28,62	28,54
9 2006	26,09	26,00	27,34	28,61	28,12	29,90	31,87	31,88	32,76	32,80	33,00	30,07	31,80	30,14	28,21	28,96	28,63
10 2007	23,10	23,90	27,27	29,14	27,83	27,51	29,33	31,18	33,19	33,05	32,09	29,81	30,90	30,90	31,24	30,16	29,92
11 2008	21,12	24,43	21,98	26,54	26,91	28,62	29,49	29,34	29,84	30,22	31,71	31,04	31,51	29,19	29,85	29,97	29,04
12 2009	25,90	24,13	23,48	28,72	28,79	30,42	30,58	30,39	32,12	31,40	31,77	32,15	30,82	29,96	31,83	31,08	28,03
13																	
14 Tmax																	
15 1999	33,63	33,03	33,91	33,43	36,01	37,40	39,49	39,35	39,87	39,28	39,12	37,49	36,82	36,49	36,58	36,84	36,47
16 2000	32,33	35,35	36,20	31,49	33,74	37,50	37,99	38,04	38,86	39,22	39,65	38,12	37,63	38,22	34,89	34,18	34,45
17 2001	33,90	34,74	33,57	35,68	38,17	39,22	39,03	39,81	40,31	39,58	40,00	38,34	37,82	38,94	33,00	34,80	
18 2002	33,80	32,55	34,71	34,59	37,11	38,38	39,02	40,28	40,85	38,76	39,23	40,62	37,43	39,92	38,89	36,68	35,36
19 2003	34,01	35,52	34,20	38,52	37,87	39,08	39,61	39,90	38,86	40,24	38,90	40,18	39,46	38,19	37,04	33,82	34,69
20 2004	33,93	35,12	34,81	34,73	38,65	38,39	35,13	39,83	41,15	39,83	37,81	37,74	37,93	36,80	35,89	35,41	35,20
21 2005	31,93	32,65	33,78	36,98	38,90	39,81	39,58	40,15	40,54	40,58	38,57	38,95	36,60	38,48	37,35	34,85	35,13
22 2006	34,60	34,38	36,11	37,23	36,99	38,45	40,02	40,43	40,78	40,75	40,46	39,63	38,98	37,22	34,71	36,44	35,73
23 2007	30,86	31,85	36,10	37,81	36,54	35,86	37,91	39,48	40,93	40,66	39,11	36,52	38,06	37,78	36,54	37,14	37,00
24 2008	29,35	32,59	29,94	35,71	35,58	36,93	37,55	37,27	37,26	37,96	37,78	36,85	37,41	34,82	33,69	35,89	34,48
25 2009	33,73	31,29	32,13	36,91	36,40	38,13	38,82	36,28	38,65	37,52	36,83	38,34	38,21	34,88	37,21	36,01	33,07
26																	
27 Tmin																	
28 1999	18,01	20,36	18,09	17,39	20,60	20,39	23,13	24,29	25,17	23,97	23,31	24,91	24,79	24,18	24,49	23,95	23,93
29 2000	18,07	18,72	20,91	16,54	16,77	20,14	21,18	20,40	22,76	26,52	25,99	25,89	25,64	25,76	23,52	23,27	22,87
30 2001	18,89	16,97	18,49	18,82	17,13	20,68	21,29	23,34	24,91	24,95	25,75	26,13	25,57	25,50	24,37	23,99	23,14
31 2002	19,28	17,54	18,89	18,24	18,36	21,23	23,14	24,48	25,70	26,51	26,40	25,88	25,79	26,54	25,96	24,60	23,55
32 2003	16,78	20,51	18,00	20,71	22,98	23,63	22,88	22,60	23,84	25,66	25,71	26,75	26,49	25,21	24,77	23,52	23,03

Il ne vous reste donc plus qu'à faire la même manipulation que dans l'exemple du coton en insérant des colonnes vides aux bons endroits afin de calculer les cumuls des six différents paramètres.

2° Cumuls des données de NDVI

Les données NDVI n'ayant pas changé et la zone d'étude restant inchangée par rapport à l'exercice sur le coton, les cumuls NDVI calculés pour celui-ci peuvent être réutilisés tels quels dans cet exercice.

6.4 Elaboration des modèles de prévisions

La méthode statistique à appliquer est identique à celle qui a été suivie lors de l'exemple sur le coton. Vous pouvez donc vous reporter à la section 8 pour un rappel de la marche à suivre.

7. Pour aller plus loin

7.1 Les macros sous Windisp

Au cours de la méthode détaillée dans ce manuel, nous nous sommes retrouvés face à des étapes nécessitant des manipulations "répétitives", c'est-à-dire des manipulations qui doivent être répétées pour toute une série de fichiers, parfois plusieurs centaines. Windisp offre la possibilité d'automatiser ces manipulations. Ceci passe par la création de fichiers de commandes, aussi appelées "macros". La création de tels fichiers peut rendre certaines tâches moins lourdes.

Elle n'est cependant pas indispensable au bon déroulement de la méthode, et est donc envisagée dans un chapitre séparé.

Vous trouverez donc dans ce chapitre des exemples de méthodologie pour la création de macros pour le logiciel Windisp. Il s'agit d'exemple de Macro relativement basique, ne faisant pas appel à des fonctions trop avancées. Ceci va permettre une prise en main plus rapide, et dispense d'une étude approfondie sur l'utilisation des macros.

Notons que la plupart des programmes permettent l'utilisation de tels outils. Ainsi, AgrometShell et Statistica proposent également cette possibilité. Celles-ci ne seront pas envisagées ici car trop complexes ou ne présentant pas un intérêt suffisamment grand dans le cadre de cette méthode.

Les macros sous Windisp peuvent être utilisées pour différentes manipulations. En effet, Windisp est utilisé dans cette méthode pour le traitement et l'affichage des données décadaires de NDVI et des données météo décadaires du JRC. Le pas de temps décadaire implique la nécessité de considérer 36 images par an, et le traitement est souvent à effectuer pour 10 à 20 ans, ce qui peut représenter des centaines d'images à traiter.

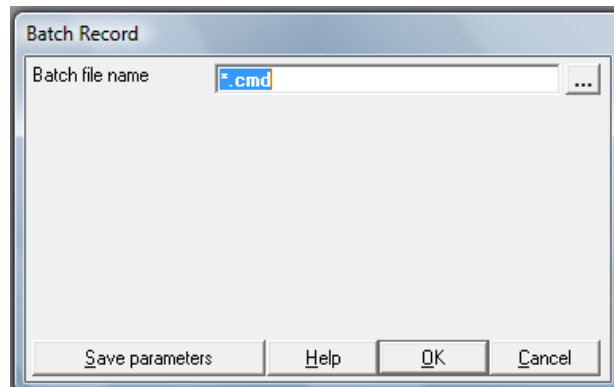
La méthode la plus simple pour réaliser une macro sous Windisp consiste à "enregistrer" la commande d'une opération, et de la dupliquer. Il suffira ensuite de lancer ce fichier de commande sous Windisp pour que l'opération soit réalisée autant de fois que spécifié. C'est cette méthode qui sera principalement utilisée ici, car simple à comprendre et à mettre en œuvre.

Une autre façon de procéder consiste à écrire la macro directement dans le langage informatique approprié. Cette façon de faire demande des pré-requis en programmation pour être facilement réalisable et ne sera donc pas détaillée ici. Elle permet cependant, lorsque bien maîtrisée, de gagner du temps et d'écrire des macros nettement plus succinctes pour le même résultat final. Vous trouverez des exemples de ce genre de macros ci-dessous, afin de permettre la comparaison.

La première étape pouvant justifier la création d'une macro sous Windisp est le traitement de lissage du signal NDVI. Rappelons que cette opération n'est pas forcément nécessaire. Cela dépend de l'origine des images NDVI disponibles pour l'analyse, qui peuvent déjà avoir fait l'objet d'un traitement de lissage. Cette opération de lissage s'effectuant en 3 étapes, il est donc nécessaire de réaliser 3 types de macros.

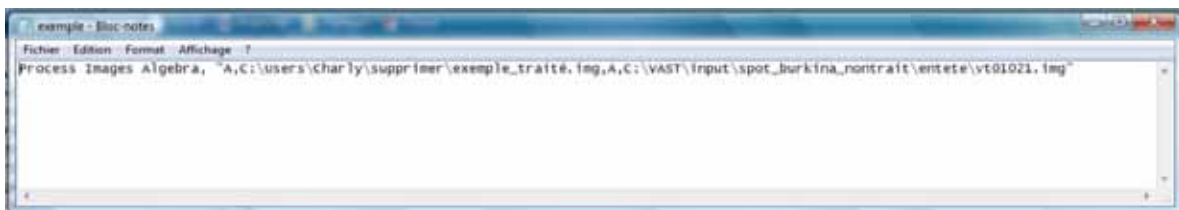
1° Suppression des bads values

- Pour lancer l'enregistrement de la macro, dans le menu **Batch**, sélectionnez **Record**.
- Via la boîte de dialogue apparaissant à l'écran, spécifiez un nom et un répertoire à la macro que vous allez créer. Attention ! Il est primordial de maintenir l'extension **".cmd"**
- Cliquez sur **ok**.



L'enregistrement de la macro est lancé. Chacune des opérations que vous allez réaliser ensuite seront enregistrées dans la macro, jusqu'à que vous mettiez fin à l'enregistrement.

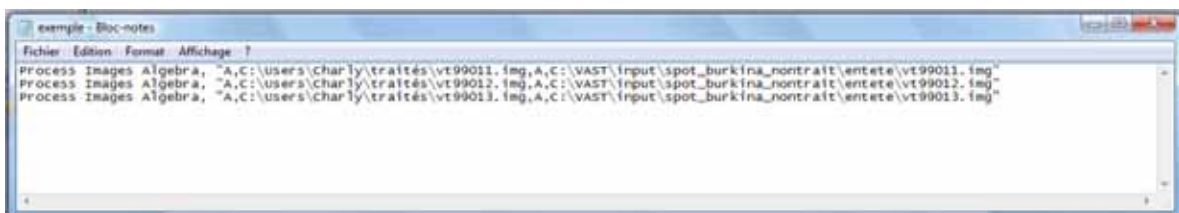
- Réalisez maintenant la première opération de lissage sur la première image de la série (voir chapitre 5.2, p20). Une fois cette opération terminée, mettez fin à l'enregistrement de la macro en allant dans le menu **Batch → Stop**.
- Via l'explorateur Windows, recherchez le fichier macro que vous venez d'enregistrer. Il se présente sous forme d'un fichier système. Pour afficher son contenu, cliquez-droit dessus, et sélectionnez **Modifier**. Un fichier semblable à celui ci-dessous devrait alors s'ouvrir via le bloc-notes Windows.



Celui-ci contient une ligne de commande, correspondante à l'opération réalisée sur la première image. Elle reprend donc l'opération réalisée, le chemin d'accès du fichier traité et le chemin d'accès du fichier source.

Cette opération devant être réalisée sur toutes les autres images de la série, il est nécessaire de dupliquer cette ligne de commande et d'adapter les duplicats à toutes les images qu'ils vont devoir traiter.

- Copiez-collez 2 fois la ligne de commande, et adaptez les 2 nouvelles lignes pour les 2 images suivantes, à savoir celles correspondant aux 2^{ème} et 3^{ème} décades du même mois.



- Dupliquez onze fois le groupe des 3 lignes. Vous obtenez ainsi 36 lignes, correspondant aux 36 images décadaires d'une année. Il ne reste dès lors qu'à changer l'information

concernant le mois dans les 33 nouvelles lignes, afin que toutes les images d'une année soient représentées dans ce fichier.

Ligne	Format	Arrangement
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99011.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99012.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99023.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99021.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99022.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99033.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99031.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99032.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99043.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99041.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99042.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99053.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99051.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99052.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99063.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99061.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99062.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99073.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99071.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99072.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99083.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99081.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99082.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99093.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99091.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99092.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99103.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99101.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	
Images Algebra,	"A,C:\Users\Charly\traités\vt99102.img,A,C:\VAST\input\spot_burkina_nontrait\entet	

- Dans le menu **Fichier**, cliquez sur **Enregistrer**.

La macro pour le premier traitement de lissage pour toutes les images de l'année 1999 est terminée.

La réalisation des macros pour les autres années est beaucoup plus simple et plus rapide ;

- Fermez le bloc-notes Windows. Cliquez-droit sur la macro nouvellement créée, et copiez-la. Collez-la ensuite autant de fois qu'il y a d'autres années à traiter (11 années au total dans ce cas), et renommez-les en conséquence, une par année.
- Dans chacune des nouvelles macros, remplacez l'année 99 par l'année adéquate via l'option **Remplacer...** dans le menu **Edition**. Le reste des informations reste inchangé.

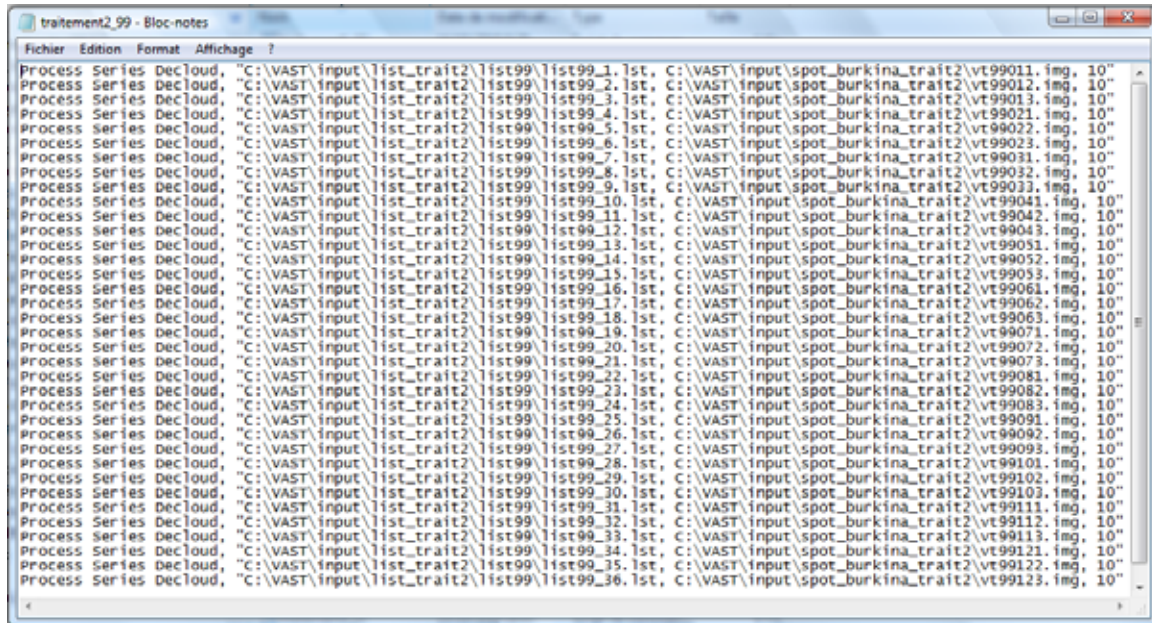
Les 11 macros sont maintenant prêtes à être lues dans Windisp.

- Dans le menu **Batch** de Windisp, sélectionnez **Play**. Dans la boîte de dialogue s'ouvrant alors, spécifiez le chemin d'accès de la première macro que vous avez réalisée (concernant l'année 1999). Cliquez sur **ok**.
Windisp réalise alors toutes les lignes de commande contenues dans la macro, à savoir la première opération de lissage sur toutes les images de 1999.
- Faites de même avec les 10 autres macros concernant les 10 autres années.

2° Suppression du parasitage dû aux nuages

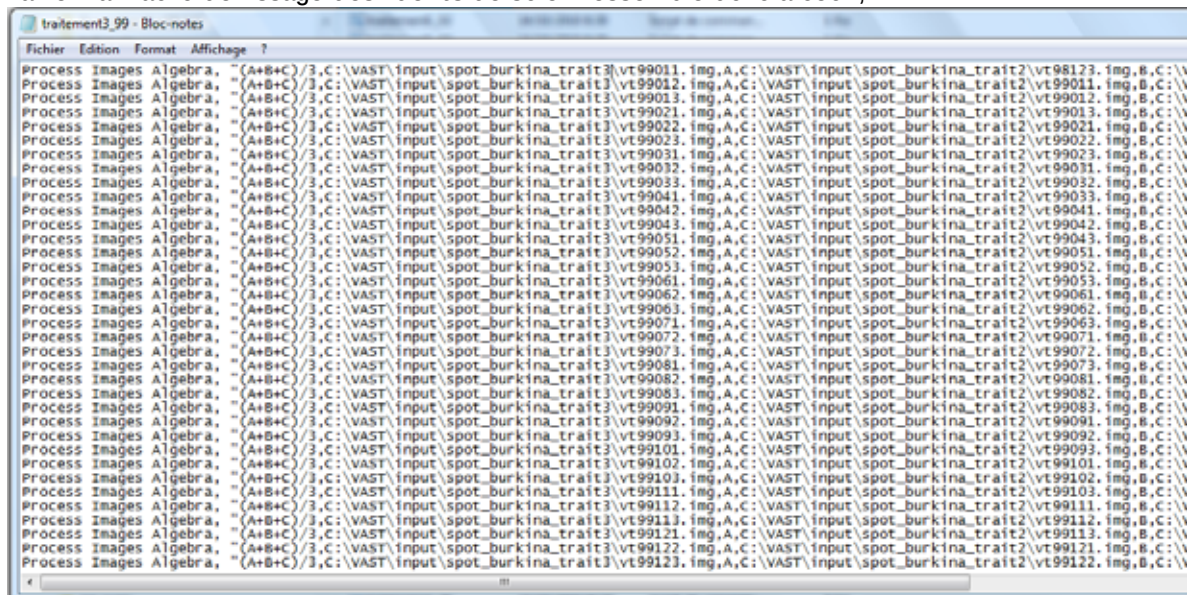
La structure de la macro à réaliser ici est la même que celle pour les "bad values". Il s'agit donc de la même méthodologie que pour cette dernière, avec comme seule différence l'opération réalisée sur l'image.

La macro ainsi créée devrait donc ressembler à ceci ;



3° Lissage des "Dents de scie"

A nouveau, la méthode de réalisation est identique. Seule l'opération réalisée sur les images varie. La macro de lissage des "dents de scie" ressemble donc à ceci ;

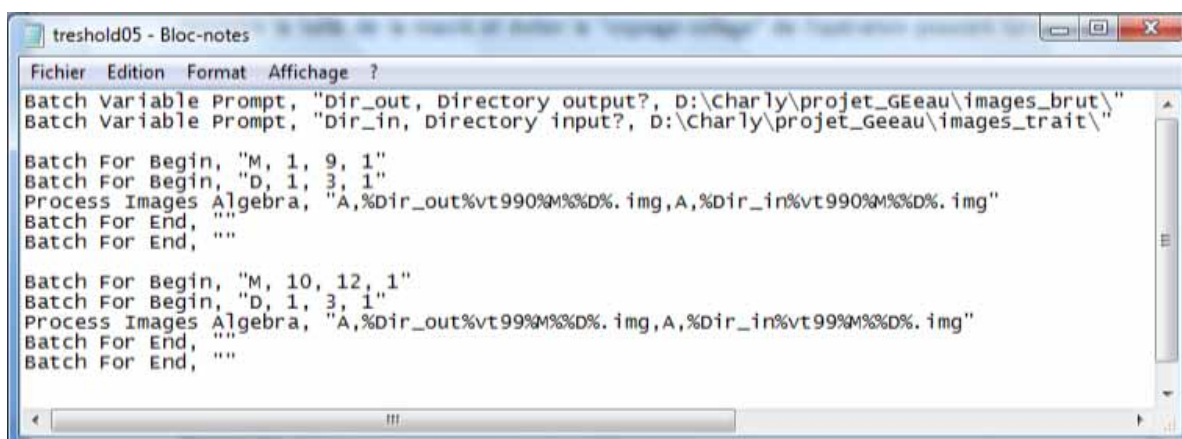


A côté de ce type de macro basée sur l'enregistrement et la duplication, d'autres macros peuvent faire appel à d'autres types de fonctions particulières, par exemple de type "boucle",

pour permettre l'application d'une opération sans devoir mentionner chaque image à traiter. Ceci peut être particulièrement intéressant lorsqu'il existe réellement un grand nombre d'images à traiter, afin de minimiser la taille de la macro et éviter le "copiage-collage" de l'opération pouvant lui-même être fastidieux.

Les exemples de ce type donnés ci-dessous sont les correspondances de celles réalisées ci-dessus. Elles donnent donc les mêmes résultats, mais utilisent des fonctions permettant d'être plus succinctes. Vous pourrez les déchiffrer et les comprendre en vous aidant du paragraphe traitant des macros dans le manuel d'utilisation du logiciel Windisp.

Exemple de macro pour la suppression des "bad values".



```

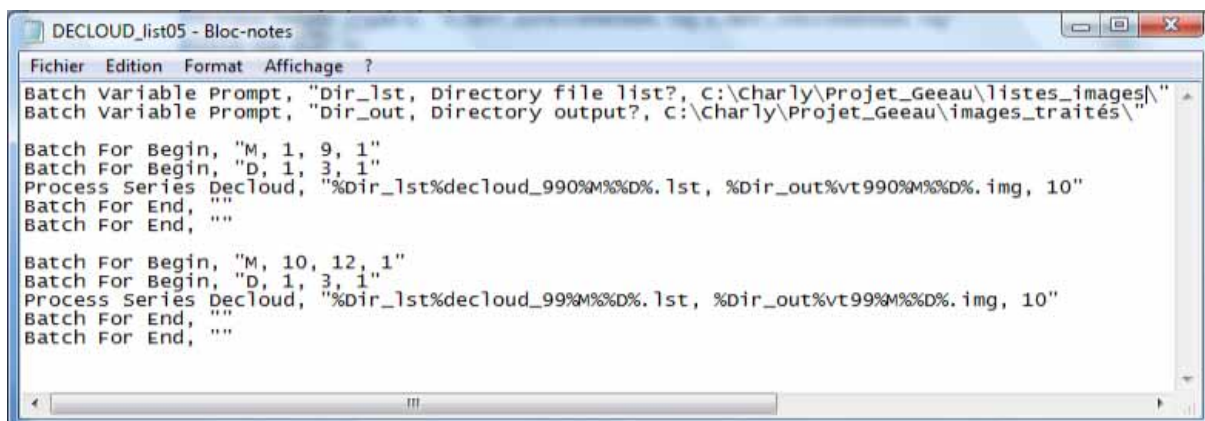
treshold05 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
Batch Variable Prompt, "Dir_out, Directory output?, D:\Charly\projet_Geeau\images_brut\"
Batch Variable Prompt, "Dir_in, Directory input?, D:\Charly\projet_Geeau\images_trait\"

Batch For Begin, "M, 1, 9, 1"
Batch For Begin, "D, 1, 3, 1"
Process Images Algebra, "A,%Dir_out%vt990%M%D%.img,A,%Dir_in%vt990%M%D%.img"
Batch For End, ""
Batch For End, ""

Batch For Begin, "M, 10, 12, 1"
Batch For Begin, "D, 1, 3, 1"
Process Images Algebra, "A,%Dir_out%vt99%M%D%.img,A,%Dir_in%vt99%M%D%.img"
Batch For End, ""
Batch For End, ""

```

Exemple de macro pour la suppression du parasitage dû aux nuages.



```

DECLOUD_list05 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
Batch Variable Prompt, "Dir_lst, Directory file list?, C:\Charly\Projet_Geeau\listes_images\"
Batch Variable Prompt, "Dir_out, Directory output?, C:\Charly\Projet_Geeau\images_traitees\"

Batch For Begin, "M, 1, 9, 1"
Batch For Begin, "D, 1, 3, 1"
Process Series Decloud, "%Dir_lst%decloud_990%M%D%.lst, %Dir_out%vt990%M%D%.img, 10"
Batch For End, ""
Batch For End, ""

Batch For Begin, "M, 10, 12, 1"
Batch For Begin, "D, 1, 3, 1"
Process Series Decloud, "%Dir_lst%decloud_99%M%D%.lst, %Dir_out%vt99%M%D%.img, 10"
Batch For End, ""
Batch For End, ""

```

7.2 Détermination des dates de semis

Le logiciel AgrometShell présente, outre le calcul des bilans hydriques, d'autres fonctions qui peuvent être utiles dans le cadre de la méthode de prévision des rendements.

Dans les cas où les dates de semis réelles ne sont pas disponibles, une estimation de celles-ci peut être fournie par AMS. En effet, AMS peut, sur base des données pluviométriques, estimer les dates de semis les plus appropriées. Il suffit pour cela de lui fournir un seuil pluviométrique à partir duquel le semis peut avoir lieu.

Evidemment, les dates calculées par le logiciel seront les dates de semis "idéales", calculées a posteriori, et ne correspondent donc pas exactement aux dates de semis réelles. On peut néanmoins imaginer que ces dates estimées s'en rapprochent.

- Dans AgrometShell, sous le menu **Water balance**, sélectionnez **Monitoring Run → Calculate planting dekads → based on rainfall threshold**.

- Spécifiez le Monitoring run, le seuil pluviométrique à dépasser, et l'intervalle de temps de recherche. Cliquez sur **ok**.

Station Name	Planting Dekad	Cycle Length (dekads)	Water Holding Capacity (mm)	Percentage Effective Rainfall (0-100)	Pre-season KCR	Irrigation Application (mm)
BAKEL	19	9	90	100	0.1	0
BAMBEY METEO	21	9	90	100	0.1	0
DIOURSEL	9	9	90	100	0.1	0
FATICK	18	9	90	100	0.1	0
FOURDROUGNE	9	9	90	100	0.1	0
GOSAS	9	9	90	100	0.1	0
KAFFRINE	19	9	90	100	0.1	0
KALACK	9	9	90	100	0.1	0
KEBEMER	9	9	70	100	0.1	0
KOLDA	17	9	120	100	0.1	0
LOUGA	9	9	70	100	0.1	0
M BACKE	9	9	90	100	0.1	0
M BOKR	21	9	90	100	0.1	0
MORO DU RIP	19	9	90	100	0.1	0
BEDHOU	20	9	150	100	0.1	0
TAMBACOURDA	18	9	110	100	0.1	0
THIES	9	9	90	100	0.1	0
TRINOUHNE	21	9	90	100	0.1	0
VELINGARA	17	9	120	100	0.1	0

Les dates calculées sur base du seuil fourni sont alors présentées dans la colonne adéquate. Les cases restées vides sont les cases pour lesquelles la date calculée à partir du seuil n'était pas dans l'intervalle de temps sélectionné.

- Il suffit dès lors de cliquer sur **'Save and Run'** pour lancer le calcul de bilan sur base de ces données.