



Projet AP3C
Adaptation des Pratiques Culturelles
au Changement Climatique.

Cartographie en adaptation aux
configurations de relief multi-échelles

SACRe-M

Février 2024



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**AGENCE
NATIONALE
DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**
Commissariat du Massif central



La Région 
Auvergne-Rhône-Alpes



et du Préfet de la Région Auvergne-Rhône-Alpes / DRAAF

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

1.	Analyse en Composantes Principales (ACP)	p 1
1.1.	Préparation des données	p 1
1.1.1	Récupération d'un fichier d'altitudes	p 2
1.1.2	Extraction de la zone d'intérêt	p 3
1.1.3	Complétude et estompement des reliefs	p 4
1.1.4	Création des paysages d'altitudes	p 5
1.2.	Analyse proprement dite	p 7
1.2.1.	Détermination et choix des CPs	p 7
1.2.2.	Calcul et export des coordonnées sur les CPs	p 7
2.	Spatialisation	p 8
2.1.	Régressions	p 8
2.1.1	Températures	p 9
2.1.2	Précipitations	p 10
2.1.3	ETP	p 13
2.1.4	Bilans hydriques potentiels	p 15
2.2.	Traitement des résidus	p 16
2.2.1	Environnement de travail et étapes préliminaires	p 17
2.2.2	« Effacement » des résidus extrêmes	p 17
2.2.3	Spatialisation des résidus	p 18
2.2.4	Estimation des résidus finaux	p 19
3.	Applications cartographiques	p 21
4.	Méta-données	p 21

CONCLUSION

ANNEXES

INTRODUCTION

le projet AP3C, tel qu'il a été conçu originellement, consistait en la production de projections climatiques et agroclimatiques ponctuelles, sur des réseaux de mesure météorologique du Massif central. A partir de l'automne 2019, il est devenu envisageable de formaliser, et de déployer sous forme cartographique, une méthodologie de spatialisation de ces données ponctuelles en adaptation aux configurations de reliefs (régression sur les coordonnées des reliefs élémentaires). La méthode a reçu ultérieurement l'acronyme de SACRe-M pour Spatialisation en Adaptation aux Configurations de Reliefs Multi-échelles.

Cette méthode avait été testée en 2014 à la fin du projet précurseur de AP3C, centré sur la Creuse. A l'époque, les reliefs élémentaires étaient calculés sur un seul « diamètre » de paysage et un seul exemple de cartographie avait été effectivement produit (les températures moyennes annuelles observées entre 1980 et 2010), de manière entièrement manuelle.

L'enjeu, pour le projet AP3C, était de formaliser, généraliser et automatiser, autant que faire se peut, cette méthodologie.

Elle est abordée pas à pas dans le rapport qui suit, de manière à ce que le cheminement soit suffisamment détaillé pour pouvoir être repris sur un autre domaine que le Massif central.

On présentera tout d'abord ce qui relève de la détermination des reliefs élémentaires sous la forme d'une analyse en composantes principales (ACP) des paysages de différents diamètres. Les coordonnées sur ces reliefs élémentaires seront calculées pour tous les points du domaine et pour toutes les stations des réseaux de mesure.

Le chapitre suivant s'intéressera à la spatialisation. On commencera par la mise en relation (régressions) entre ces coordonnées et différents paramètres climatiques et agro-climatiques produits ponctuellement par AP3C. On abordera ensuite la diffusion spatiale des résidus de régression et la détermination de l'incertitude finale de spatialisation.

Enfin, on terminera par quelques indications sur les possibilités de cartographies, via le logiciel QGis et sur la documentation de qualification.

Toutes les procédures informatiques utilisées sont mises à disposition en annexe

1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Cette analyse a pour but de repérer, parmi les paysages qui composent le Massif central, les paysages élémentaires (les « composantes principales ») qui en expliquent le plus de variance. Le but étant de condenser une grande partie de l'information relative au paysage dans un nombre réduit de coordonnées.

Le domaine initial d'un paysage ou « petit domaine » comprend 9*9 pixels jointifs de 500m de coté, entourant un pixel central auquel seront affectées les coordonnées du paysage. Les centres des pixels composent donc un carré de 4 km de coté. Avant l'ACP, le « paysage » est composé de 81 valeurs d'altitudes, libellées de Z11 à Z99, avec Z11 au SW, Z19 au SE, Z91 au NW et Z99 au NE. Si on préfère, on dispose de 81 altitudes libellées Zij avec i et j \in {1,9}, i étant le numéro de ligne du tableau des Z et j le numéro des colonnes, en partant du bas à droite.

La dimension des pixels et leur nombre ont été déterminés par essais-erreurs lors du projet précurseur de AP3C sur la Creuse.

Si on se limite à ce genre de domaine, on aura, par construction, l'influence des reliefs de grande proximité sur les champs climatiques et agro-climatiques. Ceci peut avoir une certaine pertinence sur les températures, sensibles aux effets de vallées très localisés par exemple mais beaucoup moins sur les précipitations connues pour être altérées par des reliefs distants. Evidemment, on pourrait tenter de choisir un domaine spécifique associé à chaque paramètre, mais étant donné qu'il y a (à ce jour) une soixantaine d'indicateurs climatiques ou agro-climatiques cartographiables dans AP3C, ça deviendrait totalement fastidieux.

La solution intermédiaire qui a été trouvée est de constituer un panel de 4 tailles de domaine sur lesquels on pourra faire s'exprimer les dépendances des différents paramètres sur une gamme d'échelles croissantes. Par simplicité, tous les domaines seront constitués de 9*9 pixels de 500m de coté, pas forcément jointifs. La première taille correspond au « petit domaine » déjà décrit. La deuxième taille correspond à un « moyen domaine » où les pixels seront distants de 2 500m, la troisième à un « grand domaine » où les pixels seront distants de 12 500m, et le dernier à un « très grand domaine » où les pixels seront distants de 62 500m. Si on préfère, les centres des pixels composent des carrés de 4, 20, 100 et 500 km. Le plus grand domaine permet de tenir compte de l'influence des Pyrénées et des Alpes sur les paramètres climatiques du Massif central, ce qui est une évidence météorologique dans un certain nombre de situations. Dernier point, au plus on considère des domaines de grande taille, au plus on se doit d'estomper le relief en remplaçant les valeurs d'altitude ponctuelles (valables pour le petit domaine), par des moyennes sur des carrés de 5*5, 25*25 et 125*125 pixels. Ainsi, c'est bien le Massif du Mont Blanc « en bloc » qui peut avoir une influence sur le climat du Massif Central et non pas un pixel tombant « par hasard » sur la face nord des Grandes Jorasses.

Avant l'application de cette analyse, un certain nombre d'étapes préalables sont nécessaires.

1.1. Préparation des données

Pour effectuer une analyse sur des paysages composés d'altitudes, il faut récupérer des valeurs d'altitude sur le domaine qui nous intéresse, mais pas que. En effet, un certain nombre d'étapes s'apparentent à du calcul matriciel. Donc il faut d'abord bien repérer les bornes extrêmes des coordonnées de notre domaine et considérer le rectangle qui l'englobe strictement, mais c'est insuffisant. Pour des raisons de représentation, il faut considérer une marge autour du rectangle strict. Et pour éviter de favoriser une orientation dans l'analyse elle-même, il convient également que le domaine ne soit pas trop étiré, donc ajuster les marges externes pour se rapprocher d'un carré. Il convient également de ne pas oublier les contraintes liées à la taille des paysages et à

l'estompement des reliefs. Avec le système que nous avons décrit précédemment, cela revient à prendre une marge supplémentaire correspondant au diamètre du plus grand domaine soit 500Km ! Le système de coordonnées que nous avons choisi est le Lambert93, système le plus répandu actuellement en Europe.

Notre domaine est l'entité administrative Massif central dont les coordonnées sont en accès libre. Avec la précision de 500m qui nous convient, les bornes en latitude-longitude sont :

X93 min= 515 597, Ouest de la Haute-Vienne.	On retient 515 500
X93 max= 846 211, Est de l'Ardèche.	On retient 846 500
Y93 min= 6 243 098, Sud de la Montagne Noire.	On retient 6 243 000
Y93 max= 6 722 534, Nord du Morvan.	On retient 6 723 000

Une marge latérale minimale de 20km a été choisie, agrandie à 50km en Est-Ouest pour que le rectangle de représentation soit moins étiré. On ajoute les 500km du très grand domaine et on arrive aux coordonnées d'extraction :

X93 € {-34 500, 1 396 500} et Y93 € {5 723 000, 7 243 000}

soit un territoire de 2 175 000 km² qui englobe largement le territoire national et qui comprend 8 706 383 pixels de 500m de côté.

Il faut donc partir d'une base de données d'altitudes qui englobe la totalité de l'Europe de l'Ouest.

1.1.1 Récupération d'un fichier d'altitudes

Le site du programme européen Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>) propose un très vaste catalogue de données dont une série de modèles numériques de terrain-MNT (ou Digital Elevation Model-DEM en anglais).

En particulier, nous avons utilisé la version 1.1 de avril 2016 à la résolution originelle de 25m (<https://www.copernicus.eu/en/access-data/copernicus-services-catalogue/eu-dem-raster-version-11-apr-2016>).

Sans entrer dans les détails qui correspondent à un travail de base d'un géomaticien (utilisateur de logiciel de cartographie), il faut importer les quelque 30Go de fichiers géo-référencés, assembler les « dalles » dans un seul « projet », créer une grille de récupération en Lambert 93 à la maille de 500m et effectuer la récupération en choisissant la valeur du pixel le plus proche dans la grille à la résolution de 25m du système de coordonnées originelles.

Prévoir un certain nombre d'heures, y compris sur des configurations informatiques puissantes. Bonne nouvelle pour ceux qui se limiteraient à une analyse sur le territoire hexagonal et qui utiliseraient la même résolution de 500m : nous avons déjà réalisé l'extraction et le résultat sous forme de fichier texte (4 valeurs « Numéro du point », « Z », « X93 », « Y93 » séparées par des virgules, taille 660Mo) est disponible sur demande auprès du SIDAM (<https://www.sidam-massifcentral.fr>). Il s'étend jusqu'à environ 600km au-delà des valeurs extrêmes de latitude-longitude du territoire métropolitain. Vous pouvez en voir une représentation juste après.



Figure 1 : Domaine maximal contenant les altitudes au pixel de 500m (rectangle)

1.1.2 Extraction de la zone d'intérêt

Elle s'effectue dans un court programme en langage R, dénommé Fic_Massif_NS.R, présenté ci-après et aussi disponible en annexe.

```
# Procédure d'extraction des points du domaine d'intérêt "Grand Massif"
#####

Chemin <- "D:/Rfiles/Carto/" (choix d'un répertoire de travail)

# Importation du fichier global Europe

nomfichier<-paste(Chemin,"Europe_500x500.csv",sep="")
DEurope <-
  read.table(nomfichier,
    header=TRUE, sep=";", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE)

names(DEurope)[c(1)] <- c("Numero")
names(DEurope)[c(2)] <- c("Z")
names(DEurope)[c(3)] <- c("X93")
names(DEurope)[c(4)] <- c("Y93")

# Sélection des lignes intégrées dans la zone cartographiable

DMassif1 <- subset(DEurope,X93>=(-34500)) (à mettre à jour manuellement)
```

```

DMassif2 <- subset(DMassif1,X93<=1396500)
DMassif3 <- subset(DMassif2,Y93>=5723000)
DMassif <- subset(DMassif3,Y93<=7243000)

# Remplacement des altitudes NA (mer en principe) par zéro
Dmassif[is.na(DMassif)]<-0 (commande compacte, sinon c'est TRES long!)

# On ne conserve que les valeurs entières
DMassif <- round(DMassif,0)

# Réorganisation des colonnes

DInter<-rbind(DMassif[,3],DMassif[,4],DMassif[,2])
DSortie<-t(DInter)
colnames(DSortie)<- c("X93","Y93","Z")

# Export du fichier résultat (a priori complet en ce cas)
nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_NS_500Rect.txt",sep="") (choisir le nom du fichier de sortie)

write.table(DSortie,
  nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

```

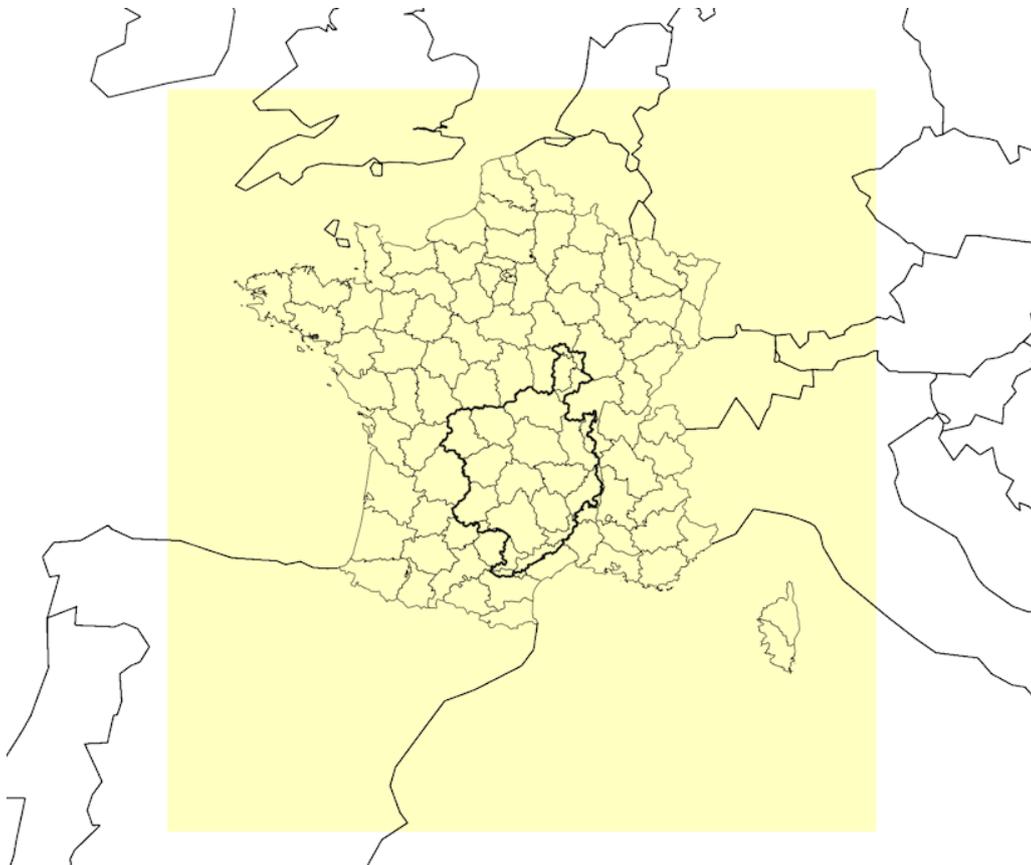


Figure 2 : Zone d'intérêt pour la cartographie du domaine Massif central

1.1.3 Complétude et estompement des reliefs

Elle est effectuée via la procédure CompFicMassif_NS.R, disponible en annexe.

Si la récupération du fichier d'altitudes et l'extraction de la zone d'intérêt a été effectuée conformément à ce qui est indiqué précédemment alors le fichier d'entrée comprend tous les points et une valeur de Z est affectée à chaque point.

Pour traiter le cas où le fichier des points de la zone d'intérêt a été obtenu autrement et où il pourrait y avoir des manques, on crée deux tableaux indicés par les coordonnées X93 et Y93. Le premier est le tableau des altitudes, rempli progressivement à partir du fichier d'entrée et le second est un tableau logique de présence des données initialisé à « FALSE » et modifié à chaque inscription dans le premier tableau. Le second tableau est très utile pour calculer le nombre de valeur manquantes à la fin du remplissage. On imprime ce nombre de vides pour que l'opérateur puisse avoir le choix de sauter l'étape de comblement des vides par interpolation de proximité. Ce processus est itératif, avec un nombre maximal d'itérations à fixer par expérience. Il peut être particulièrement fastidieux. Si on peut l'éviter tant mieux, mais il ne faut pas oublier d'écrire et d'enregistrer le fichier résultat pour un nommage compatible avec les fichiers « estompés ».

L'estompement a été écrit explicitement avec les 3 carrés de taille 5, 25 et 125 pixels de côté. Ils peuvent être effectués de manière indépendante, mais uniquement après le processus de comblement des vides. Leur durée est proportionnelle au nombre de pixels du carré d'estompement donc en progression quadratique. Pour information l'estompement sur carré de 125 pixels de côté a été effectué en 55 heures de calcul sur une station de travail récente, donc ce n'est pas instantané et ça pourrait même devenir pénalisant pour de très grands domaines de représentation (France Entière par exemple). L'opération qui est répétée sur la totalité du domaine est le remplacement de la valeur de Z au point par la moyenne de Z sur le carré d'estompement. Ce carré peut être tronqué sur les bords du domaine. Le traitement de la troncature est intégré.

Le fichier résultat est nommé en fonction du nombre de pixels de côté du carré d'estompement.

1.1.4 Création des paysages d'altitudes

Le domaine sur lequel seront déterminés les reliefs élémentaires correspond au rectangle englobant strictement le Massif central plus une marge de 20Km en Nord-Sud et 50Km et Est-Ouest. C'est sur chaque point de ce domaine, qu'on va aligner en plus de la valeur de Z strictement locale, les valeurs d'altitude correspondant aux 81 points qui l'entourent (pour mémoire $Z_{55}=Z$ pour le paysage non-estompé).

Ceci est réalisé via la procédure Z99M_NS.R, dont on présente des extraits ci-après et qui est aussi disponible en annexe. C'est une procédure mono-domaine à relancer 3 fois avec modifications manuelles pour traiter les 4 tailles de domaine (4km, 20km, 100km et 500km).

```
# Procédure de mise sur une même ligne des altitudes des points proches d'un point central
# points compris dans un carré 9*9. Version avec stockage intermédiaire en matrices.
#####

# Initialisations des bornes des données d'entrées (coordonnées Lambert93 du grand domaine)
# Bornes et mailles de lecture initiale
Xmin <- (-34500)
Xmax <- 1396500
Xstep <- 500
Ymin <- 5723000
Ymax <- 7243000
Ystep <- 500

# Initialisations de la plage des points calculés et des sorties (domaine cartographiable)
# Bornes et mailles de regroupement
XminCalc <- 465500
XmaxCalc <- 896500
```

```

XstepCalc <- 500 (modification manuelle de la maille du domaine)
YminCalc <- 6223000
YmaxCalc <- 6743000
YstepCalc <- 500 (modification manuelle de la maille du domaine)
NbLignFic <- (trunc((XmaxCalc-XminCalc)/Xstep)+1)*(trunc((YmaxCalc-YminCalc)/Ystep)+1)

# Répertoire des fichiers
Chemin<-"D:/Rfiles/Carto/"

# Importation fichier de base, avec 3 colonnes (X93,Y93,Z)
nomfichier <- paste(Chemin,"L93MC_Estomp1pix.txt",sep="") (nom du fichier d'entrée à modifier)
DMassif <- as.matrix (
  read.table(nomfichier,
    header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE))
...

# Ecriture du fichier de sortie, exploitable par une ACP par exemple
nomfichier <- paste(Chemin,"DMassifC_99_4K.txt",sep="") (nom du fichier de sortie à modifier)
write.table(DMassif99,
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

```

On récupère donc 4 fichiers de sortie « DMassifC_99... .txt » identifiés « 4K », « 20K », « 100K » et « 500K » sur lesquels on va pouvoir lancer indépendamment 4 opérations d'ACP.

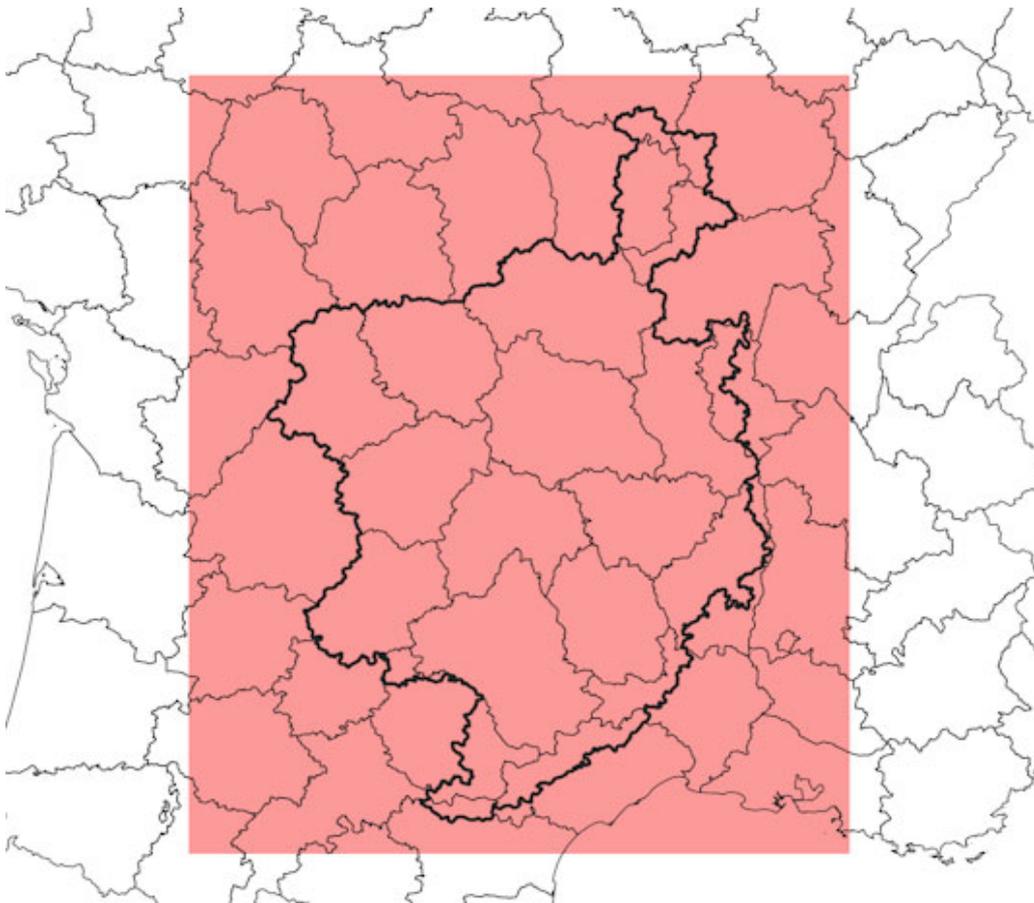


Figure 3 : zone cartographiable pour le domaine Massif central

1.2. Analyse proprement dite

Les opérations qui vont suivre ont été réalisées à l'aide du logiciel commercial SYSTAT. Cependant, elles peuvent être reproduites avec le logiciel MYSTAT, téléchargeable librement (<https://systatsoftware.com/mystat/download-mystat-software/>) et gratuit pour un usage non-commercial.

1.2.1 Détermination et choix des CPs

Le « choix » des CPs représentatives des reliefs se fait, par défaut et par construction de l'ACP, dans l'ordre décroissant de la quantité de variance expliquée, sur une base orthonormée (au sens mathématique du terme). Etre conduit à choisir un autre ordre manuellement *a posteriori* serait le résultat d'une analyse extérieure montrant que certains reliefs élémentaires n'ont pas, et ne peuvent avoir, d'influence significative sur la répartition géographique des paramètres climatiques ou agro-climatiques que nous souhaitons cartographier. Nous n'avons pas trouvé de tels éléments.

Donc, le choix se résume à celui du nombre de CPs qui doit être suffisant pour représenter une très grande partie de la variabilité des reliefs et de l'intensité de leurs relations avec les valeurs des paramètres climatiques et agro-climatiques, mais suffisamment réduit pour que la condensation de l'information des reliefs sur les CPs ait un sens.

Des essais ont été faits, sur une base totale des CPs, soit 81 « vecteurs ». Ils ont montré qu'il est très rare que l'ordre des CPs en lien statistiquement significatif avec les champs climatiques dépasse 15. De plus, les 15 premières CPs expliquent une très grande part de la variance des reliefs :

Domaine 4Km	: 99,47 % de variance expliquée
Domaine 20Km	: 98,63 % de variance expliquée
Domaine 100Km	: 95,65 % de variance expliquée
Domaine 500Km	: 93,37 % de variance expliquée

1.2.2 Calcul et export des coordonnées sur les CPs

Nous avons tout d'abord effectué une importation des fichiers texte des paysages d'altitude « DMassif » sous SYSTAT avec un renommage (facultatif) en « Z99MC_iK.syd » avec i=4, 20, 100 ou 500.

Le calcul de l'ACP est une procédure intégrée de SYSTAT. On ouvre l'onglet « Statistics » puis les rubriques « Data Reduction » et « Factor Analysis ». On choisit les variables à condenser (de Z11 à Z99). On fixe le nombre de CPs (« Number of factors »=15). Et on choisit de sauvegarder les coordonnées sur les CPs, alias « Factor scores ». Attention, on ne sauvegarde pas les données avec (« save data with scores ») car nous effectuerons une analyse de régression simultanément multi-taille de domaines. Il est préférable en ce cas de fabriquer manuellement le regroupement entre les données et les coordonnées sur la « pseudo-base » constituée des 4 paquets de 15 CPs .

Les fichiers de coordonnées sur les CPs ont été nommés CP_iK.syd avec i=4, 20, 100 ou 500. Les regroupements (fonction « merge » de SYSTAT) avec les coordonnées X93,Y93,Z des fichiers Z99MC_iK.syd ont été nommés XYZ_PCP.syd (_MCP,_GCP et _TCP resp.) pour Petit, Moyen, Grand et Très grand. Attention, la variable Z qui n'a pas la même valeur selon la taille a été renommée manuellement Z4K, Z20K, Z100K ou Z500K respectivement.

L'export sur les fichiers relatifs aux stations est plus délicat.

Il faut tout d'abord constituer, en grande partie manuellement, le fichier des stations du réseau complet. On a appelé ce fichier FicStatRR.syd car toutes les stations du réseau ont au moins la mesure des précipitations (RR).

Les autres opérations ont été automatisées dans la procédure FuseStatCPs.syc disponible en annexe.

Il faut créer des variables de fusion ayant la même définition et les mêmes noms, ça sera X500 et Y500 pour les coordonnées arrondies à 500m près, directement disponibles dans les fichiers contenant les CPs. Attention le processus de fusion sous SYSTAT nécessite un tri préalable (« sort ») des variables de fusion. En suite on fusionne (« merge ») par paquet de 15 CPs et on extrait du résultat les lignes où il y a présence d'une station.

Le résultat final est à nouveau trié par numéro INSEE croissant. On aboutit au fichier FicStatRRCP.syd (236 lignes), dont on peut extraire les fichiers FicStatTnxCP.syd (174 lignes) pour le réseau disposant des températures en plus de la pluie et FicStatETPCP.syd (170 lignes) pour le réseau disposant de tous les paramètres climatiques.

2. Spatialisations

Maintenant qu'on dispose des coordonnées des reliefs élémentaires sur chacun des points-stations, on peut mettre en relation ces coordonnées avec différents champs climatiques ou agroclimatiques. On va le faire par l'intermédiaire de régressions multiples (linéaires) avec sélection des prédicteurs statistiquement significatifs. On utilise les fichiers « stations avec CPs » (FicStatRRCP.syd ou équivalent selon l'indicateur), fichiers sur lesquels on ajoutera des colonnes de réception des paramètres à spatialiser. Nous avons choisi de créer manuellement 6 colonnes, nommées D1_00, D5_00, D9_00, D1_50, D5_50 et D9_50 dans lesquelles on inscrira les déciles n°1, n°5 et n°9 des échéances 2000 et 2050 des paramètres à spatialiser. Bien entendu, d'autres quantiles et d'autres échéances sont possibles.

Pour faciliter la lecture des résultats, on ajoute aussi Z1000 qui est l'altitude en kilomètres, ainsi que X100K et Y100K qui sont les coordonnées Lambert93 en centaines de kilomètres.

2.1. Régressions

La première étape est la récupération et le transfert sous Systat des fichiers de statistiques relatifs au réseau sur lequel l'indicateur a été calculé.

Le processus d'extraction des éléments à cartographier se fait via une procédure Systat (Extrac_IAC_RéseauT(ETP ou RR)_2000(ou 2050).syc). Cette procédure est à fabriquer de toutes pièces station par station la première fois et à adapter à chaque changement d'indicateur. Attention, dans notre cas, nous avons dû produire 2 versions de ces procédures dont une avec le suffixe «_Old », adapté aux statistiques d'indicateurs sans indication « ANNEE » en colonne 1. En effet, dans ce cas, il y a un décalage d'une colonne entre les noms des variables en ligne 1 et les valeurs en lignes suivantes. Donc, vérifiez SVP un exemple de fichier de statistiques avant de lancer la procédure adaptée.

L'extraction se fait par échéance de projection et le remplissage du fichier des régressions (Stats_nomIC_CP.syd) est manuel en copier-coller.

On présentera ci-après le cheminement détaillé associé aux 4 paramètres climatiques de base que sont la température moyenne, le cumul de précipitations, l'ETP et le Bilan Hydrique Potentiel (pluie-ETP) au pas de temps annuel.

Systématiquement les régressions sont effectuées pour les 3 déciles combinés aux 3 champs relatifs à l'échéance 2000, à l'échéance 2050 et à l'évolution 2000-2050, d'où 9 régressions. Le fichier de procédure SYSTAT est dénommé RegnomICCP.syc. Les fichiers correspondant aux 4 exemples décrits ci-après sont disponibles en annexe.

2.1.1 Températures

La température moyenne annuelle est l'indicateur dénommé Tm01 dans le projet AP3C. Le fichier des régressions est donc Stats_Tm01_CP.syd. Le seuil de sélection (et de dé-sélection) des prédicteurs a été mis de base à la confiance statistique standard (en Europe) de 0,95 soit 1-0,05.

On va prendre l'exemple de la médiane (décile n°5) en échéance 2000.

Nous effectuons d'abord un calcul de statistiques basiques (mini, maxi, moyenne et écart-type) sur les 174 stations du réseau (voir tableau ci-dessous). Ensuite, on effectue une régression de contrôle avec le seul prédicteur altitude (Z1000) : la régression sur les reliefs élémentaires est censée être nettement meilleure que la simple prise en compte de l'hypsométrie. On poursuit par la régression multiple sur les reliefs élémentaires (auxquels on a adjoint X100K, Y100K et Z1000 comme prédicteurs potentiels pour l'inclusion de corrélations géographiques basiques). On aboutit à 7 prédicteurs significatifs (Y100K, PCP01, PCP05, GCP02, GCP03, TCP01, TCP11). On peut déjà conclure que l'inclusion de l'influence distante des reliefs jusqu'à 500km avait un sens de même que celle des effets de très grande échelle (Y100K correspond directement à la latitude).

On produit les estimations (par la formule de régression) sur tous les points du domaine et on effectue le même calcul de statistiques basiques que précédemment qu'on reporte également dans le tableau ci-dessous. On peut remarquer que la plage de valeurs est plus grande mais ce n'est pas une aberration. En effet l'altitude maximale du réseau de stations est de 1418m au Bleymard (Lozère) tandis que le relief du Massif central s'étend jusque 1886m (Puy de Sancy). En sens inverse, le domaine s'étend en zone méditerranéenne d'altitude nulle tandis que le réseau de stations reste à proximité du Massif. Enfin le domaine de spatialisation comprend 898 383 points ce qui fait un échantillon beaucoup plus important que les 174 stations, qui explorent donc statistiquement beaucoup plus de configurations possibles, que ce soit vers le frais ou vers le chaud. De plus, comme le domaine s'écarte plus du Massif que le réseau, il est normal que la moyenne du domaine soit plus élevée (11,76°C) que la moyenne du réseau (11,00°C).

On peut donc retenir cette régression multiple linéaire « directe » comme procédé pertinent de spatialisation du paramètre climatique. On détermine les écarts d'estimation (ou « erreurs d'estimation ») aux points stations (observation-estimation) et on calcule à nouveau les statistiques basiques de ces écarts, reportées dans le tableau ci-après. On ajoute une ligne correspondant à l'erreur d'estimation théorique de la régression sur Z1000. On peut vérifier que le modèle est centré (moyenne des écarts d'estimation nulle) et que la variance d'erreur (carré des écart-types) a été réduite d'environ 70 % par rapport à la régression sur Z1000 uniquement. On pourrait trouver que les erreurs d'estimation maximales sur le réseau (de -1,08 et +1,17°C en échéance 2000) sont importantes ou/et pénalisantes. Ça serait oublier que le procédé comprend également une correction (par diffusion géométrique directe) des erreurs d'estimation, implicitement pour tout ce qui ne

relève pas de la dépendance aux configurations de relief (voir paragraphe 2.2.). Cette diffusion se fait néanmoins sur un résidu d'estimation beaucoup moins variant que le paramètre initial.

Observations réseau	Echéance 2000	Echéance 2050	Evolution 2000-2050
Mini	6,03°C	7,59°C	1,56°C
Maxi	14,91°C	16,86°C	2,06°C
Moyenne	11,00°C	12,85°C	1,86°C
Ecart-type	1,70°C	1,73°C	0,10°C
Estimation domaine			
Mini	3,61°C	5,27°C	1,62°C
Maxi	15,60°C	17,69°C	2,23°C
Moyenne	11,76°C	13,65°C	1,89°C
Ecart-type	1,75°C	1,80°C	0,10°C
Ecart d'estimation			
Mini	-1,08°C	-1,02°C	-0,18°C
Maxi	1,17°C	1,24°C	0,16°C
Moyenne	0,00°C	-0,00°C	-0,00°C
Ecart-type	0,41°C	0,44°C	0,07°C
Régression Z			
Ecart-type	0,78°C	0,79°C	0,10°C

Tableau 1 : Statistiques relatives aux estimations de la médiane de la température moyenne annuelle (Tm01) en °C.

Plusieurs fichiers au format SYSTAT sont produits au cours de cette opération. Ceux qui servent à l'opération ultérieure de correction de l'erreur d'estimation sont également transformés en fichier .txt. Il s'agit de XY_Tm01_D5_2000.txt pour les estimations directes sur tous les points du domaine et de Stations_Resid_Tm01_D5_2000.txt pour les « résidus » (erreurs) d'estimation aux points stations. Il est suggéré de stocker spécifiquement ces 2 fichiers dans un répertoire de travail ad-hoc.

2.1.2 Précipitations

Le cumul annuel des précipitations est l'indicateur dénommé RR01 dans le projet AP3C. Le fichier des régressions est donc Stats_RR01_CP.syd. Le seuil de sélection (et de dé-sélection) des prédicteurs a été mis de base à la confiance statistique standard de 0,95 mais a dû être augmenté à 0,99 à l'usage.

On va prendre l'exemple de la médiane (décile n°5) en échéance 2000.

Nous effectuons d'abord le calcul de statistiques basiques sur les 236 stations du réseau. Ensuite on effectue une régression de contrôle avec le seul prédicteur altitude (Z1000). La corrélation au carré (variance expliquée) est bien plus faible qu'avec les températures moyennes

annuelles (0,17 face à 0,79). L'intérêt de faire mieux avec les reliefs élémentaires est beaucoup plus sensible.

On aboutit à 18 prédicteurs statistiquement significatifs. Ce n'est pas raisonnable et c'est une conséquence probable d'une certaine colinéarité dans les prédicteurs. Un moyen de limiter un peu ce problème est d'augmenter le seuil de confiance pour la sélection des prédicteurs (0,99 au lieu de 0,95).

Lorsqu'on produit les estimations sur tous les points du domaine et qu'on en effectue les statistiques basiques, on constate que les estimations les plus basses sont négatives, ce qui n'a évidemment aucun sens. Contrairement aux températures, nous sommes confrontés ici aux limitations d'une régression linéaire qui produit un effet strictement proportionnel à la valeur numérique d'un relief alors qu'une analyse physique (météorologique) nous porterait vers une atténuation des conséquences supplémentaires dans des configurations extrêmes.

Admettons qu'un des reliefs élémentaires soit une exposition au flux dominant (disons de Sud-Ouest), Il est cohérent qu'une coordonnée positive croissante soit associée à un effet de renforcement croissant des précipitations. Mais lorsqu'on se rapproche d'une paroi verticale (coordonnée positive « infinie »), l'effet d'augmentation des précipitations arrive à saturation pour des raisons physiques. La méthode la plus raffinée serait de scruter les résidus d'estimation en fonction de chaque coordonnée pour ajuster la forme de la relation, mais ça serait extrêmement chronophage et hors de portée pour une production massive de plusieurs centaines (ou milliers) de spatialisations. Nous avons donc mis au point une méthode de complexité intermédiaire par essais et erreurs sur des seuils de saturation de l'influence linéaire de chaque prédicteur (prédicteurs déterminés par une régression multiple linéaire « ordinaire »).

La saturation de l'influence linéaire des prédicteurs :

Le principe est que, dans un domaine plus ou moins proche de sa valeur médiane (sur le domaine), on considère effectivement l'influence linéaire de la coordonnée sur le relief élémentaire prédicteur du paramètre climatique. Par contre, en dessous d'un seuil bas et au-dessus d'un seuil haut, l'influence est bornée à celle obtenue au seuil. Pour limiter un peu le nombre d'explorations, ces seuils correspondent à des quantiles de même niveau (quintile, décile...) appliqués de concert à tous les prédicteurs significatifs. Après un certain nombre d'essais, les couples de quantiles suivants ont été choisis : « Milliles » extrêmes (les 0,1 % des valeurs les plus basses et les 0,1 % des valeurs les plus hautes), percentiles extrêmes (1%), déciles extrêmes (10%) et quintiles extrêmes (20%). La démarche habituelle, quand on se rend compte que la régression non-bornée pose problème serait de commencer par un bornage faible (0,1 ou 1%) et de progresser jusqu'à ce que ça devienne non-incohérent.

Pour faciliter ce genre de travail, on effectue en préalable un calcul général et global des quantiles considérés de tous les prédicteurs. Pour cela, on a d'abord regroupé toutes les coordonnées des composantes principales dans le fichier XYZ_Cps.syd. Puis on a créé une procédure simpliste (Histo_Cps.syc) qui, composante par composante, trace un histogramme puis sélectionne et imprime les valeurs correspondant aux quantiles d'intérêt. Toutes ces valeurs ont ensuite été regroupées dans une feuille de tableur (Bornes Cps.ods) pour pouvoir être copiées facilement dans les procédures de régression.

La petite subtilité supplémentaire c'est qu'il n'était pas question de borner l'influence des coordonnées géographiques directes X, Y et Z. Or, il est apparu que la première composante principale de chaque décomposition a une distribution analogue à l'altitude donc il a été décidé de ne pas borner l'influence de PCP01, MCP01, GCP01 et TCP01.

On a donc repris l'application de l'estimation avec bornages de l'influence des prédicteurs. Pour mémoire, la plage de valeurs observées sur le réseau de stations est de 522 à 1827mm. Avec la régression non-bornée, l'étendue est de -156 (!!) à 1947mm. Avec le bornage au milliles, on obtient

de -138 à 1947mm, ce qui est cosmétique. Avec les percentiles, on atteint de 3 à 1862mm. Avec les déciles, on arrive de 180 à 1801mm. Là, c'est une expertise météorologique basique qui est nécessaire pour affirmer que moins de 200mm de précipitations annuelles en France métropolitaine, ça n'a pas beaucoup de sens. Donc, on en termine avec les quintiles qui nous amènent de 255 à 1750mm. C'est la moins mauvaise solution, on a raboté 50mm sur les forts cumuls de précipitations mais on en a gagné 75 sur les faibles cumuls. Le reste du travail sera fait à l'étape ultérieure de diffusion de la correction des estimations.

Observations réseau	Echéance 2000	Echéance 2050	Evolution 2000-2050
Mini	522mm	518mm	-107mm
Maxi	1827mm	1867mm	53mm
Moyenne	1013mm	995mm	-18mm
Ecart-type	247mm	244mm	39mm
Estimation domaine	Bornée quintiles	Bornée quintiles	Non bornée
Mini	255mm	325mm	-105mm
Maxi	1750mm	1879mm	65mm
Moyenne	900mm	907mm	-11mm
Ecart-type	194mm	167mm	42mm
Ecart d'estimation			
Mini	-465mm	-438mm	-35mm
Maxi	905mm	781mm	56mm
Moyenne	-7mm	4mm	0mm
Ecart-type	179mm	159mm	14mm
Régression Z			
Ecart-type	226mm	222mm	39mm

Tableau 2 : Statistiques relatives aux estimations de la médiane du cumul annuel des précipitations (RR01) en mm.

Sur le tableau récapitulatif ci-dessus, on peut faire plusieurs remarques. L'extension de la plage des valeurs des écarts d'estimation atteint 1370mm soit légèrement plus que l'extension de la plage des valeurs d'observation directe (1305mm). Cependant nous n'avons pas aggravé la situation car l'écart-type des écarts d'estimation est de 179mm contre 247mm pour les observations directes. Le constat est également positif vis à vis de la régression limitée à l'influence de l'altitude : la variance d'erreur a été réduite de 37 %.

On pourrait être un peu déçu du résultat vu la quantité de travail nécessaire. Cependant, regardons les 2 autres colonnes du tableau, valables pour l'échéance 2050 et pour l'évolution 2000-2050.

Pour l'échéance 2050, la plage de valeurs est réduite de 1349mm à 1219mm et l'écart-type de 244mm à 159mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 49 %

Pour l'évolution 2000-2050, la régression sur les reliefs élémentaires n'a pas eu besoin d'être bornée, la plage de valeurs est réduite de 160mm à 91mm et l'écart-type de 39mm à 14mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 87 %, soit meilleur que ce qui a été obtenu sur les températures, toutes échéances confondues.

D'une manière générale, les résultats sont donc très satisfaisants : pour les échéances fixes de manière moins spectaculaire que sur les températures, mais plus pour les évolutions.

2.1.3 ETP

Le cumul annuel de l'ETP est l'indicateur dénommé ETPe01 dans le projet AP3C. Le fichier des régressions est donc Stats_ETPe01_CP.syd. Le seuil de sélection (et de dé-sélection) des prédicteurs a été mis de base à la confiance statistique standard de 0,95 mais a du être augmenté à 0,99 à l'usage, comme pour les précipitations.

On va prendre l'exemple de la médiane (décile n°5) en échéance 2000.

Nous effectuons d'abord le calcul de statistiques basiques sur les 170 stations du réseau. Ensuite on effectue une régression de contrôle avec le seul prédicteur altitude (Z1000). La corrélation au carré (variance expliquée) est bien plus faible qu'avec les températures moyennes annuelles (0,18 face à 0,79). L'intérêt de faire mieux avec les reliefs élémentaires est donc également très sensible.

Une fois le seuil de confiance de sélection des prédicteurs augmenté à 0,99, on aboutit à 11 prédicteurs statistiquement significatifs (Z1000, X100K, Y100K, PCP04, GCP05, GCP13, GCP15, TCP04, TCP06, TCP08, TCP14).

On produit les estimations sur tous les points du domaine, estimations qu'on reporte dans le tableau habituel (Tableau n°3 ci-dessous). Comme pour les températures, on remarque que la plage de valeurs est plus grande que celle des observations mais c'est cohérent avec l'étagement supplémentaire en altitude. Le léger excédent de la moyenne des estimations (860mm face à 823mm) est également cohérent pour les mêmes raisons que celles des températures.

On retient donc la régression multiple linéaire directe, sans bornage de l'influence des prédicteurs.

Observations réseau	Echéance 2000	Echéance 2050	Evolution 2000-2050
Mini	641mm	714mm	50mm
Maxi	1201mm	1368mm	197mm
Moyenne	823mm	950mm	127mm
Ecart-type	106mm	128mm	30mm
Estimation domaine	Non bornée	Non bornée	Non bornée
Mini	442mm	471mm	41mm
Maxi	1282mm	1416mm	205mm
Moyenne	860mm	998mm	140mm
Ecart-type	137mm	159mm	26mm
Ecart d'estimation			
Mini	-41mm	-65mm	-44mm
Maxi	50mm	58mm	53mm
Moyenne	-0mm	0mm	-0mm
Ecart-type	18mm	26mm	16mm
Régression Z			
Ecart-type	96mm	112mm	25mm

Tableau 3 : Statistiques relatives aux estimations de la médiane du cumul annuel de l'évapotranspiration potentielle (ETPe01) en mm.

Sur le tableau récapitulatif ci-dessus, on peut faire plusieurs remarques. L'extension de la plage des valeurs s'est violemment restreint de 560mm à 91mm en passant des données observées aux écarts d'estimation, de même que l'écart-type est passé de 106mm à 18mm. La variance d'erreur, par rapport à celle de la régression simple sur l'altitude, s'est réduite de 96,5 % (!), ce qui est considérable.

Ce type de résultats est confirmé pour les 2 autres colonnes du tableau, valables pour l'échéance 2050 et pour l'évolution 2000-2050.

Pour l'échéance 2050, la plage de valeurs est réduite de 654mm à 123mm et l'écart-type de 128mm à 26mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 95 %

Pour l'évolution 2000-2050, la plage de valeurs est réduite de 147mm à 97mm et l'écart-type de 30mm à 16mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 59 %.

En ce qui concerne l'ETP, les résultats sont très satisfaisants d'une manière générale. L'orientation est inverse de celle des précipitations, c'est-à-dire que l'excellence se trouve sur les échéances fixes et pas sur l'évolution.

Il reste à savoir quel sera le comportement du bilan hydrique potentiel qui combine ces deux paramètres.

2.1.4 Bilans hydriques potentiels

Le cumul annuel du bilan hydrique potentiel (BHP) est l'indicateur dénommé BHPe01 dans le projet AP3C. Le fichier des régressions est donc Stats_BHPe01_CP.syd. Le seuil de sélection (et de dé-sélection) des prédicteurs a été mis de base à la confiance statistique standard de 0,95 mais a du être augmenté à 0,99 à l'usage, comme pour les précipitations et l'ETP.

On va prendre l'exemple de la médiane (décile n°5) en échéance 2000.

Nous effectuons d'abord le calcul de statistiques basiques sur les 170 stations du réseau. Ensuite on effectue une régression de contrôle avec le seul prédicteur altitude (Z1000). La corrélation au carré (variance expliquée) est plus faible qu'avec les températures moyennes annuelles mais plus importante qu'avec les précipitations ou l'ETP (0,28 face à 0,17 ou 0,18).

Une fois le seuil de confiance de sélection des prédicteurs augmenté à 0,99, on aboutit à 11 prédicteurs statistiquement significatifs (Z1000, PCP03, MCP01, GCP01, GCP08, GCP13, TCP01, TCP07, TCP11, TCP14, TCP15).

On produit les estimations sur tous les points du domaine. Comme pour les précipitations, la plage des estimations est bien trop vaste par rapport à celle des observations, de -1220 à 1291mm contre de -603 à 863mm.

On a donc repris l'application de la régression avec bornage de l'influence des prédicteurs. La meilleure solution s'obtient pour un bornage aux déciles qui nous donne une plage de valeurs estimées de -830 à 1194mm.

Sur le tableau récapitulatif ci-dessous, on peut faire plusieurs remarques. L'extension de la plage des valeurs s'est restreinte de 1466mm à 1110mm en passant des données observées aux écarts d'estimation, de même que l'écart-type est passé de 292mm à 155mm. La variance d'erreur, par rapport à celle de la régression simple sur l'altitude, s'est réduite de 61 %.

Ce type de résultats est confirmé pour les 2 autres colonnes du tableau, valables pour l'échéance 2050 et pour l'évolution 2000-2050.

Pour l'échéance 2050, la plage de valeurs est réduite de 1560mm à 1050mm et l'écart-type de 311mm à 150mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 66 %

Pour l'évolution 2000-2050, la plage de valeurs est réduite de 230mm à 110mm et l'écart-type de 50mm à 19mm. La variance d'erreur, par rapport à la régression simple sur l'altitude est diminuée de 83 %.

Observations réseau	Echéance 2000	Echéance 2050	Evolution 2000-2050
Mini	-603mm	-781mm	-279mm
Maxi	863mm	779mm	-49mm
Moyenne	149mm	6mm	-144mm
Ecart-type	292mm	311mm	50mm
Estimation domaine	Bornée déciles	Bornée déciles	Non bornée
Mini	-830mm	-1107mm	-279mm
Maxi	1194mm	1104mm	-41mm
Moyenne	48mm	-107mm	-154mm
Ecart-type	250mm	274mm	51mm
Ecart d'estimation			
Mini	-487mm	-407mm	-63mm
Maxi	623mm	643mm	47mm
Moyenne	-3mm	-0mm	-0mm
Ecart-type	155mm	150mm	19mm
Régression Z			
Ecart-type	249mm	259mm	46mm

Tableau 4 : Statistiques relatives aux estimations de la médiane du bilan hydrique potentiel annuel (BHPE01) en mm.

En ce qui concerne le BHP, les résultats sont très satisfaisants d'une manière générale. Sans surprise, l'orientation est intermédiaire entre celle des précipitations et celle de l'ETP. C'est également une indication pour les indicateurs agro-climatiques (IACs) non détaillés ici qui combinent des paramètres climatiques basiques.

On peut passer maintenant au traitement des résidus de régression (écarts observé-estimé).

2.2. Traitement des résidus

Cette étape est la dernière avant la fabrication des cartes des indicateurs climatiques et agro-climatiques. Elle consiste en la spatialisation des résidus d'estimation aux points stations obtenus à l'étape précédente. Dans la mesure où la régression contient déjà explicitement la prise en compte des influences de reliefs, cette étape doit utiliser un procédé ne tenant pas compte du relief.

Nous aurions pu procéder à un développement spécifique de ce genre de procédure. Mais il se trouve que le logiciel libre de cartographie QGIS dispose des outils qui permettent de l'appliquer

en pointer-cliquer. On trouvera donc ci-après essentiellement des explications relatives à l'utilisation de ce logiciel.

A noter que pour des raisons de continuité « historique » dans le déroulement du projet AP3C, nous avons choisi de travailler avec 2 répertoires de travail sous QGIS (« Spatialisation résidus » et « Couches SIG »)

2.2.1 Environnement de travail et étapes préliminaires

Le premier point est un transfert dans le répertoire « Spatialisation résidus » des 2 fichiers d'estimation sur le domaine et de résidus d'estimation aux point stations (en format texte), soit *XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).txt* et *Stations_Resid_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).txt*.

Pour une importation plus facile sous QGIS, des modifications de format doivent être faites via un traitement de texte. Pour le fichier des stations il faut enlever les guillemets et remplacer 2 espaces par un seul de manière répétée (car QGIS n'a pas d'option de traitement de répétition des séparateurs). Pour le fichier du domaine, c'est seulement la seconde opération qui est à mener. Attention, le fichier est lourd et il faut parfois attendre plusieurs secondes avant que l'exécution du remplacement soit menée à bien. Ces fichiers modifiés seraient à stocker dans le répertoire « Couches SIG ».

Normalement, on aurait pu se limiter à cela mais des essais de cartographie ont permis de se rendre compte qu'un certain nombre de points-stations ont des résidus d'estimation très élevés qui sortent d'une distribution aléatoire vraisemblable de l'ensemble des résidus. Nous avons donc considéré que ces résidus résultent de valeurs à cartographier qui sont en défaut, à cause d'une sensibilité importante de la méthode d'extraction des données, par exemple face à des ruptures d'homogénéité de niveau supérieur à 1 (espérance) ou 2 (variance) qui sont les seules traitées par AP3C. Nous avons donc enlevé ces valeurs problématiques du traitement des résidus.

On effectue donc une opération préalable à la transformation de format et au transfert sous « Couche SIG » des fichiers pour spatialisation des résidus.

2.2.2 « Effacement » des résidus extrêmes

Après divers essais, nous avons choisi d'effacer 2,5 % des résidus (1,25 % en valeurs hautes et 1,25 % en valeurs basses) ce qui représente 2+2 valeurs sur les réseaux de températures et d'ETP et 3+3 valeurs sur le réseau des précipitations. Nous avons combiné cette opération avec celle de l'estimation de l'incertitude de spatialisation finale après ajout des résidus spatialisés, au sens où nous avons utilisé le même fichier réceptacle.

Pour chaque IC ou IAC, on confectionne donc, dans le répertoire « Couches SIG », un fichier de synthèse sous tableur, dénommé « *NomI(A)C Résidus otés.ods* ». Il comprend trois onglets, un par échéance (2000, 2050, 2000-2050). Chaque onglet comprend 3 tableaux (un par quantile) de 4+4 (resp. 6+6) lignes, plus une ligne de titres. La ligne de titres est reprise du fichier des résidus aux points-stations. Les autres lignes également, par l'intermédiaire d'un tri de l'ensemble des colonnes via une importation sous Calc de ce fichier, avec la clé de tri qui est la valeur du résidu. Les 2 premières et 2 dernières lignes (resp. 3) sont supprimées après transfert dans le fichier de synthèse (par couper-coller). Les 2 lignes suivantes et les 2 avant-dernières (resp. 3) sont simplement copiées.

Concernant le fichier des résidus échantillés des extrêmes, on refait un tri général selon le numéro INSEE et on enregistre le fichier résultant sous le nom « Stations_Resid_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Ecret.txt » sous le répertoire « Spatialisation résidus ». C'est ce fichier qu'on utilisera pour la spatialisation des résidus.

2.2.3 Spatialisation des résidus

Les fichiers « Stations_Resid_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Ecret.txt » et XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).txt sont donc à importer sous QGis, via le changement de répertoire (« Couches SIG ») et la modification de format (ut supra).

A la première utilisation de QGis, pensez à vérifier la géométrie en Lambert93. Pour l'importation, aller dans le gestionnaire de source de données, prendre le format « texte délimité », cocher le séparateur « espace », enlever le séparateur décimal « virgule » (par défaut c'est en format nord-américain donc « point »). Dans la géométrie, la définir en « point ». Vérifiez que le logiciel a bien repéré X (X93 ou X500) et Y (Y93 ou Y500) puis cliquer sur ajouter.

Le premier traitement est l'interpolation des résidus. Après de nombreux essais, c'est l'interpolation en « inverse distance » qui a été choisie avec un coefficient 3. Concrètement sous QGis, ouvrir l'onglet « Traitement » puis la « boîte à outils ». Elle doit s'afficher en colonne de droite. Aller dans « interpolation » puis dans la sous-catégorie « interpolation IDW ». Une fenêtre spécifique s'ouvre. Mettre la variable à interpoler (qui doit venir du fichier des résidus échantillés aux points stations) dans « Attribut d'interpolation » et cliquer sur le bouton « + ». Inscrive le coefficient de distance à 3. On doit inscrire l'emprise sous forme Xmin,Xmax,Ymin,Ymax. Attention, pour des raisons d'intergrille dans le traitement, cette emprise doit être agrandie d'un demi-pixel ! Donc on inscrit (avec au moins un caractère tapé manuellement ! Ce n'est pas une blague...) « 465250, 896750, 6222750, 6743250 ». On inscrit aussi la taille de pixel avec X=500 et on doit vérifier que Y=500, Lignes =1042, Colonnes =864. Ensuite on peut cliquer sur « Exécuter ». Au bout de quelques secondes, la couche « Interpolé » apparaît dans la liste des couches (colonne de gauche dans QGis). C'est une couche raster, qu'il faut vectoriser.

Pour la vectorisation, retourner dans la boîte à outils et aller dans le chapitre « GRASS ». S'il n'existe pas, il faudra installer au préalable cet accessoire dans QGis. Descendre dans la catégorie « raster » puis dans la fonction « r.to.vect ». Une fenêtre spécifique s'ouvre. Mettre le type d'entités à « point » au lieu de « area » par défaut. L'emprise est la bonne par défaut et le type de « v.out.ogr » doit être à « auto ». Lancer la procédure qui prend une dizaine de minutes sous une station de travail récente. Cette couche vectorisée ne comprend pas explicitement les coordonnées X et Y. Il faut les ajouter manuellement une par une grâce à la « calculatrice de champ » (bouton boulier). Dans la fenêtre spécifique qui s'ouvre, créer un nouveau champ « XL93 » (type nombre entier par défaut). Il faut ensuite trouver la fonction « \$x » dans « géométrie ». Double-cliquer puis OK. Recommencer avec YL93 et « \$y ».

QGis ne permet pas *a priori* l'addition directe de deux tableaux de valeurs lorsqu'ils doivent être ordonnés selon deux variables (X et Y). Avec une seule, ça aurait pu fonctionner et ainsi éviter de devoir effectuer cette opération sous tableur. Donc, il faut exporter cette couche par un clic-droit sur « Vectorisé » puis on choisit « Exporter » et « Sauver les entités sous ». Le format doit être « CSV ». On choisit le répertoire de travail « Couches SIG » et on nomme le fichier de sortie « Res_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).csv » (.csv est le défaut). Ceci prend environ une minute.

Sous Calc, on importe les deux fichiers « Res_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).csv » et « XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s).txt ». Dans le filtre d'importation on ne conserve que les colonnes « value,XL93,YL93 » et « X93,Y93,param » respectivement, impérativement en format « Anglais US ». Dans le tableau des résidus, trier les trois colonnes avec les clés XL93 et YL93 dans cet ordre. Ce même tri est déjà fait dans l'autre fichier donc cela « synchronise » les deux fichiers. Copier la colonne « value » sur l'autre tableau et nommer la colonne suivante sous la forme « quantile_année(s) » compacte plus « Res » (« D1_00Res » par exemple). On effectue la somme du paramètre (directement issu de la régression) et du résidu spatialisé sur la même grille sur cette dernière colonne : c'est une simple addition des 2 colonnes précédentes via une formule basique. Une fois effectuée, il faut remplacer les formules par les valeurs via un collage spécial de cette colonne sur elle-même. C'est indispensable car on doit ensuite supprimer les colonnes C et D qui ont servi dans l'addition. Il reste à enregistrer ce fichier dans le répertoire de travail « Couches SIG ». On choisit « Enregistrer sous » puis format « texte csv » en forçant l'extension du nom de fichier en « .txt » d'où le nom « XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Res.txt ». On choisira d'éditer les paramètres du filtre ce qui permet de vérifier que le séparateur est « espace ».

Ce n'est pas tout à fait terminé. On copie ce dernier fichier vers le répertoire d'origine des fichiers d'estimation en grille et d'écart aux stations (Répertoire « Spatialisation Résidus »).

Evidemment, on ne cachera pas que tout ceci est (très !) fastidieux, particulièrement si on doit le recommencer des dizaines ou des centaines de fois (comme cela a été fait avec AP3C). Il est vraisemblable que ces opérations pourraient être en grande partie automatisées via un développement spécifique de quelques mois. On en profiterait pour inclure une méthode de spatialisation des résidus plus sophistiquée, comme le krigeage. Le présent procédé qui fait appel à de nombreuses opérations manuelles se justifiait par le niveau des enjeux qui imposait une mise en service sans délai des résultats opérationnels.

2.2.4 Estimation des résidus finaux

Pour effectuer le calcul de l'incertitude finale, on reprend le fichier « NomI(A)C Résidus otés.ods » sous le répertoire « Couches SIG ».

On remarquera facilement que l'échantillon de points sur lequel on regarde les erreurs d'estimation ne peut conduire à une estimation directe non-biaisée. Il aurait fallu, pour cela, choisir plus de points exclus de la spatialisation des résidus, les choisir au hasard et, dans l'idéal, recommencer cette opération à plusieurs reprises. Les procédés de production en partie manuels que nous utilisons ne permettent pas un tel luxe. Nous allons donc tenter de nous approcher de ce genre de détermination, de deux manières complémentaires.

La **première manière** n'utilise que la colonne des résidus initiaux. On considère la moyenne des résidus initiaux des 2 (resp. 3) stations non-écrêtées comme la quantité vraisemblable de ce qu'on ôte de la moyenne des résidus initiaux des 2 (resp. 3) stations écrêtées. L'opération est répétée sur les valeurs de résidus initiaux hauts et bas et on fait la moyenne des deux, en valeur absolue. C'est la première estimation de la moyenne des résidus finaux sur le domaine. D'un côté on minimise en soustrayant brutalement un résidu élevé obtenu sur les dernières stations non-écrêtées. D'un autre côté on maximise en supposant implicitement que le type d'erreurs de régression (résidus) obtenues sur les stations les plus exposées est représentatif de l'ensemble du domaine. Le principe de compensation est assez cohérent, mais il faut au moins un moyen de

contrôle, vis-à-vis des quelques stations qui ont été échantillonnées et dont on peut effectivement calculer les résidus finaux, après spatialisation des résidus initiaux.

Pour cette **seconde manière** on a besoin de 3 colonnes supplémentaires, à inscrire manuellement : « Obs » pour les valeurs observées aux points stations (qu'on peut récupérer sous le fichier `Stats_NomI(AC)_CP.syd` via Systat), « Est+RésSpa » la valeur estimée tenant compte de la spatialisation des résidus et la différence entre les deux « RésPostSpa » qui est la vraie erreur d'estimation finale aux points-stations considérés. Cette erreur doit être nulle (aux arrondis des calculs près) pour les stations non échantillonnées. C'est d'ailleurs un moyen de contrôle non négligeable que le processus de spatialisation des résidus s'est opéré sans erreur manuelle.

Pour récupérer cette valeur « Est+RésSpa », on peut l'effectuer basiquement sous tableur (avec le fichier « `XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Res.txt` ») mais ceci impose une recherche manuelle station par station de la ligne adéquate parmi les quelque 898 383 lignes !

Pour aller plus vite, on passe par le logiciel de cartographie QGIS. Par souci d'efficacité, autant donc créer et utiliser l'environnement qui sera repris pour la cartographie proprement dite. Nous avons utilisé un répertoire « Cartes QGIS » dans lequel on crée un projet spécifique à chaque indicateur. Le minimum est l'intégration du réseau de stations total (pour le type de paramètre) et le fichier « `XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Res.txt` ». A l'usage, il est cependant plus pratique de reprendre un projet QGIS existant pour un indicateur fonctionnant sous le même réseau et comprenant toutes les couches de localisation adéquates (départements, cours d'eau, communes...). La récupération des valeurs d'estimation finale se fait par l'outil « d'identification des entités » (Ctrl+Maj+I) et un copier-coller vers « `NomI(A)C Résidus otés.ods` ».

L'estimation de la moyenne des résidus finaux sur le domaine complet ne peut se résumer à une moyenne directe non-pondérée sur l'échantillon des 8 (resp. 12) valeurs présentées. En effet, on ne regarde qu'un échantillon des points du domaine et pas n'importe lequel : une moitié doit avoir des erreurs d'estimation presque nulles vu qu'elles sont censées être corrigées spécifiquement en ces points et une autre moitié présente des erreurs a priori très maximisantes mais qui peuvent aussi avoir une certaine représentativité de conditions de mesure qui s'éloigneraient des normes OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie), normes qui doivent être normalement respectées aux points-stations, qui ont été exclusivement pris dans les réseaux de Météo-France. Il convient d'appliquer une pondération qui diminue l'influence des valeurs obtenues sur les stations échantillonnées.

Après plusieurs essais, on a finalement adopté une pondération variable en fonction du réseau (c'est-à-dire des variables climatiques utilisées), vraisemblablement en lien avec leur distribution. On a fixé à 1 la pondération pour les stations échantillonnées, 2 pour les stations non-échantillonnées sur le réseau des précipitations et 5 sur les autres réseaux.

A l'expérience, ces deux estimations sont relativement proches l'une de l'autre quel que soit l'indicateur, dans une large majorité des cas. On a aussi remarqué que lorsqu'il se produit une « déviance » (écart sensible par rapport à ce qu'on peut estimer d'indicateurs proches), alors elle n'est présente que sur une seule des deux estimations, de manière vraisemblablement stochastique (au hasard).

On a donc choisi comme estimation la plus robuste possible (étant donné les limites de nos calculs) la moyenne arithmétique des deux sortes d'estimation précédemment présentées.

On peut passer à la réalisation de la cartographie.

3. Applications cartographiques

La réalisation d'une carte en elle-même est une « simple » utilisation des fonctionnalités du logiciel de cartographie, QGis en l'occurrence.

Les couches nécessaires au projet comprennent le réseau des stations utilisées qu'on peut obtenir via le fichier « Stations_Resid_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Ecret.txt », les valeurs aux points du domaine avec spatialisations des résidus (fichier « XY_NomI(A)C_Quantile_Echéance(s)_Res.txt ») plus toutes les couches de localisation. Après plusieurs essais, nous avons choisi de représenter sur les cartes Grand Domaine, outre la limite du Massif, les limites départementales, communales ainsi que les cours d'eau principaux.

Les stations sont pointées via un symbole fixe, bicolore pour être certain de les distinguer du champ cartographié. Concernant le champ en lui-même, la représentation s'est faite en classifications de Jenks. Pour les évolutions 2000-2050, il s'agit de la classification directe en 7 niveaux. Pour les échéances fixes, nous avons opté pour un étagement en 8 niveaux, commun à 2000 et 2050, par fusion de 2 classifications de Jenks à 7 niveaux sur 2000 et 2050. Etant donnée la nature des éléments à représenter, des valeurs sur des points, et la représentation que nous souhaitons sous forme de cartographies continues, nous avons opté pour un affichage de symbole carrés, de taille minimale mais jointive, avec une bordure transparente.

Pour l'export des cartes vers une version imprimable, il n'a pas été possible d'utiliser les fonctionnalités directes du logiciel. En effet, la couche principale à imprimer est une collection de 898 383 objets, ce qui occasionne un temps de réponse de plusieurs dizaines de minutes sur une configuration informatique puissante. Nous avons donc dû nous replier sur une copie d'écran, à partir d'un moniteur de haute résolution. Cela n'aurait pas de sens de fournir les paramètres exacts de fabrication, car ils dépendent de la configuration d'affichage.

4. Méta-données

En plus des cartes proprement dites, il convient de produire de la documentation de qualification. Nous l'avons répartie dans 3 fichiers.

Le premier, dénommé « Sigma-rho » est un regroupement des incertitudes finales (à un sigma), du coefficient de corrélation de la régression de l'indicateur à spatialiser avec les reliefs élémentaires significatifs, et des stations écartées.

Le deuxième, dénommé « Stations écartées » propose des statistiques descriptives sur les stations écartées, pouvant amener à une modulation de la représentativité de ces stations au sein du réseau.

Le troisième, dénommé « Grille qualité » présente un indicateur combiné de fiabilité selon les 2 axes :

- incertitude finale face au changement de classe de valeurs affichée (couleurs de la carte). C'est un axe quantifié, a priori indépendant d'une expertise humaine.
- Niveau de bruit ou de moiré apparent. Cet axe est dépendant de l'expertise humaine, météo/climatique en particulier.

On représente ci après la grille de détermination de cet indicateur combiné :

Ecart-type de spatialisation VS écart inter-couleur Moiré, bruit apparent	<= 0,5 couleur	~ 1 couleur	>= 1,5 couleurs
	Bon	Moyen	Médiocre
Indéetectable, non-significatif	Qualité 1	Qualité 2	Qualité 3
Modéré	Qualité 2	Qualité 3	Qualité 4
Fort	Qualité 3	Qualité 4	Qualité 4

Pour information, voici les statistiques de cet indicateur de qualité combiné, obtenues sur les 513 cartes climatiques et agro-climatiques produites par le projet AP3C entre juillet et décembre 2023.

Qualité 1 : 205 occurrences soit 40,0 %

Qualité 2 : 169 occurrences soit 32,9 %

Qualité 3 : 113 occurrences soit 22,0 %

Qualité 4 : 26 occurrences soit 5,1 %

CONCLUSION

Pour tous les paramètres, climatiques ou autres, ayant une relation a priori significative avec leur environnement physique, la cartographie en adaptation aux configurations de relief multi-échelle SACRe-M apporte une solution de spatialisation très performante.

Dans les cas les plus adaptés (température moyenne ou ETP saisonnières pour ce qui nous concerne) la variabilité du résidu des régressions aux reliefs est réduite d'un facteur 50 environ par rapport à la variabilité initiale du champ à cartographier.

Cependant, la méthode ne produit pas de miracle : au plus le réseau initial sera fourni et dispersé au mieux les liaisons avec le relief seront déterminées. La plage de sensibilité maximale se trouve probablement entre un nombre de points du réseau égal au nombre de reliefs élémentaires (60 composantes principales dans notre cas) et le triple de ce nombre. De même, la méthode se révélerait sans guère d'intérêt dans une zone de quasi-absence de relief.

C'est que le relief n'explique pas tout. Un potentiel d'amélioration de la méthode réside ainsi dans l'adjonction d'indicateurs quantitatifs de la proximité des masses d'eau, du bâti, voire du type de végétation. Il conviendrait toutefois d'estimer la possibilité d'une non-stabilité de ce genre d'indicateurs vis-à-vis du changement climatique, particulièrement le changement climatique tel qu'il est réellement en train de se produire sur les divers territoires.

ANNEXES

Méthode Cartographique

Procédures R

- | | | |
|---|-------------------|---------|
| - Extraction de la zone d'intérêt | Fic_Massif_NS.R | p 02 |
| - Complétude et estompement des reliefs | CompFicMassf_NS.R | p 03-05 |
| - Création des paysages d'altitudes | Z99M_NS.R | p 06-08 |

Procédures Systat

- | | | |
|--|--|--------------------------------------|
| - Création des fichiers combinés XYZ-CPs aux points-stations | FuseStatCPs.syc | p 09-10 |
| - Extraction des valeurs à cartographier | Extract_IAC_RéseauRR_2000_Old.syc
Extract_IAC_RéseauRR_2000.syc | p 11-12 |
| - Histogramme des composantes principales | Histo_Cps.syc | p 13-14 |
| - Exemples de procédures de régression | RegTm01CP.syc
RegRR01CP.syc
RegETPe01CP.syc
RegBHPe01CP.syc | p15-21
p22-33
p34-40
p41-50 |

Extraction de la zone d'intérêt

Fic_Massif_NS.R

```
# Procédure d'extraction des points du domaine cartographiable "Grand Massif"
#####

# Traitement des valeurs manquantes, facultatif si déjà inclus à l'installation de R
options(na.action = "na.exclude")

Chemin<-"D:/Rfiles/Carto/"

# Importation du fichier global Europe

nomfichier<-paste(Chemin,"Europe_500x500.csv",sep="")
DEurope <-
  read.table(nomfichier,
    header=TRUE, sep="," , na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE)

names(DEurope)[c(1)] <- c("Numero")
names(DEurope)[c(2)] <- c("Z")
names(DEurope)[c(3)] <- c("X93")
names(DEurope)[c(4)] <- c("Y93")

# Sélection des lignes intégrées dans la zone cartographiable

DMassif1 <- subset(DEurope,X93>=(-34500))
DMassif2 <- subset(DMassif1,X93<=1396500)
DMassif3 <- subset(DMassif2,Y93>=5723000)
DMassif <- subset(DMassif3,Y93<=7243000)

# Remplacement des altitudes NA (mer en principe) par zéro
DMassif[is.na(DMassif)]<-0

# On ne conserve que les valeurs entières
DMassif<-round(DMassif,0)

# Réorganisation des colonnes

DInter<-rbind(DMassif[,3],DMassif[,4],DMassif[,2])
DSortie<-t(DInter)
colnames(DSortie)<- c("X93","Y93","Z")

# Export du fichier résultat (a priori complet en ce cas)
nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_NS_500Rect.txt",sep="")

write.table(DSortie,
  nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")
```

Complétude et estompement des reliefs

CompFicMassif_NS.R

```
# Complétude du fichier rectangulaire des altitudes du Massif Central et estompement des contours
#####

# Traitement des valeurs manquantes, facultatif si déjà inclus à l'installation de R
options(na.action = "na.exclude")

# Initialisations, bornes du rectangle en Lambert93, taille de la grille en X et Y, nb de pixels en
X-Y
# Nb de points de proximité nécessaires, nb d'itérations du processus de complétude

X93Min<-(-34500) ; X93Max<-1396500
Y93Min<-5723000 ; Y93Max<-7243000
PasX<-500 ; PasY<-500
NbPixelX<-(X93Max-X93Min)/PasX+1
NbPixelY<-(Y93Max-Y93Min)/PasY+1
NbProxi<-6
NbIter<-1

Chemin<-"D:/Rfiles/Carto/"

# Importation du fichier initial
nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_NS_500Rect.txt",sep="")
DMassif <-
  read.table(nomfichier,
    header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE)
#names(DMassif)[c(1)] <- c("X93")

# Création des tableaux de réception des résultats finaux
PresencePoint<-matrix(FALSE,nrow=NbPixelY,ncol=NbPixelX)
ZCompleat<-matrix(-999,nrow=NbPixelY,ncol=NbPixelX)

# Remplissage des tableaux, présence directe. On scanne le fichier d'entrée.
for (k in seq(1,nrow(DMassif),1))
  {X <- DMassif[k,1] ; Y <- DMassif[k,2]
  icolonne <- (X-X93Min)/PasX+1
  iligne <- (Y-Y93Min)/PasY+1
  ZCompleat[iligne,icolonne] <- DMassif[k,3]
  PresencePoint[iligne,icolonne] <- TRUE
  }

# Calcul du nombre de cases (points) non-remplies
NbVides<-0
for (i in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (j in seq(1,NbPixelX,1))
    {if (PresencePoint[i,j]==FALSE)
      {NbVides<-NbVides+1}
    }
  }
print(NbVides)

# Comblement des vides de champ. On scanne les points présents un par un.
# On effectue un certain nombre d'itérations, déterminé par essais successifs

for (Iter in seq(1,NbIter,1))
{
  for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
    {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
      {if (PresencePoint[iligne,icolonne]==FALSE)
        # Recherche des points valides autour et calcul de la moyenne de ces points
        {NbPtsValid<-0
        CumulZ<-0
        for (i in seq(-2,2,1))
          {for (j in seq(-2,2,1))
            {iligneLoc=min(max((iligne+i),1),NbPixelY)
            icolonneLoc=min(max((icolonne+j),1),NbPixelX)
            if (PresencePoint[iligneLoc,icolonneLoc]==TRUE)
              {NbPtsValid<-NbPtsValid+1
              CumulZ<-CumulZ+ZCompleat[iligneLoc,icolonneLoc]
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
  }
# Y a t'il suffisamment de points valides pour inscrire l'interpolation de Z?
if (NbPtsValid>=NbProxi)
  {PresencePoint[iligne,icolonne]<-TRUE
  ZCompleet[iligne,icolonne]<-CumulZ/NbPtsValid
  }
}
}

# On affiche le nombre de vides restants
NbVides<-0
for (i in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (j in seq(1,NbPixelX,1))
    {if (PresencePoint[i,j]==FALSE)
      {NbVides<-NbVides+1}
    }
  }
print(NbVides)
}

# Ecriture du fichier résultant
# mise en forme X,Y,Z
DMassifComp<-matrix(0,nrow=NbPixelX*NbPixelY,ncol=3)
colnames(DMassifComp)<-c("X93","Y93","Z")
NumLigne<-0
for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {NumLigne<-NumLigne+1
    DMassifComp[NumLigne,3]<-ZCompleet[iligne,icolonne]
    DMassifComp[NumLigne,1]<-X93Min+(icolonne-1)*PasX
    DMassifComp[NumLigne,2]<-Y93Min+(iligne-1)*PasY
    }
  }

nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_NS_500rectComp.txt",sep="")
write.table(round(DMassifComp,0),
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

# Estompement des reliefs (Z remplacé par moyenne de Z sur carré de N*Npixels) round n°1
#####

# Initialisations
NbPixEstomp<-5 ; DecalPixMax<-trunc(NbPixEstomp/2)
ZEstomp<-ZCompleet

for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {CumulZ<-0
    for (i in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
      {for (j in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
        {iligneLoc=min(max((iligne+i),1),NbPixelY)
        icolonneLoc=min(max((icolonne+j),1),NbPixelX)
        CumulZ<-CumulZ+ZCompleet[iligneLoc,icolonneLoc]
        }
      }
    }
    ZEstomp[iligne,icolonne]<-CumulZ/NbPixEstomp/NbPixEstomp
  }
}

# Ecriture du fichier résultant
# mise en forme X,Y,Z
DMassifComp<-matrix(0,nrow=NbPixelX*NbPixelY,ncol=3)
colnames(DMassifComp)<-c("X93","Y93","Z")
NumLigne<-0
for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {NumLigne<-NumLigne+1
    DMassifComp[NumLigne,3]<-ZEstomp[iligne,icolonne]
    DMassifComp[NumLigne,1]<-X93Min+(icolonne-1)*PasX
    DMassifComp[NumLigne,2]<-Y93Min+(iligne-1)*PasY
    }
  }

nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_Estomp",NbPixEstomp,"pix.txt",sep="")
write.table(round(DMassifComp,0),
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

```

```

# Estompement des reliefs (Z remplacé par moyenne de Z sur carré de N*Npixels) round n°2
#####
# Initialisations
NbPixEstomp<-25 ; DecalPixMax<-trunc(NbPixEstomp/2)
ZEstomp<-ZCompleet

for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {CumulZ<-0
      for (i in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
        {for (j in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
          {iligneLoc=min(max((iligne+i),1),NbPixelY)
            icolonneLoc=min(max((icolonne+j),1),NbPixelX)
            CumulZ<-CumulZ+ZCompleet[iligneLoc,icolonneLoc]
          }
        }
      ZEstomp[iligne,icolonne]<-CumulZ/NbPixEstomp/NbPixEstomp
    }
  }

# Ecriture du fichier résultant
# mise en forme X,Y,Z
DMassifComp<-matrix(0,nrow=NbPixelX*NbPixelY,ncol=3)
colnames(DMassifComp)<-c("X93","Y93","Z")
NumLigne<-0
for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {NumLigne<-NumLigne+1
      DMassifComp[NumLigne,3]<-ZEstomp[iligne,icolonne]
      DMassifComp[NumLigne,1]<-X93Min+(icolonne-1)*PasX
      DMassifComp[NumLigne,2]<-Y93Min+(iligne-1)*PasY
    }
  }

nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_Estomp",NbPixEstomp,"pix.txt",sep="")
write.table(round(DMassifComp,0),
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

# Estompement des reliefs (Z remplacé par moyenne de Z sur carré de N*Npixels) round n°3
#####
# Initialisations
NbPixEstomp<-125 ; DecalPixMax<-trunc(NbPixEstomp/2)
ZEstomp<-ZCompleet

for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {CumulZ<-0
      for (i in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
        {for (j in seq(-DecalPixMax,DecalPixMax,1))
          {iligneLoc=min(max((iligne+i),1),NbPixelY)
            icolonneLoc=min(max((icolonne+j),1),NbPixelX)
            CumulZ<-CumulZ+ZCompleet[iligneLoc,icolonneLoc]
          }
        }
      ZEstomp[iligne,icolonne]<-CumulZ/NbPixEstomp/NbPixEstomp
    }
  }

# Ecriture du fichier résultant
# mise en forme X,Y,Z
DMassifComp<-matrix(0,nrow=NbPixelX*NbPixelY,ncol=3)
colnames(DMassifComp)<-c("X93","Y93","Z")
NumLigne<-0
for (iligne in seq(1,NbPixelY,1))
  {for (icolonne in seq(1,NbPixelX,1))
    {NumLigne<-NumLigne+1
      DMassifComp[NumLigne,3]<-ZEstomp[iligne,icolonne]
      DMassifComp[NumLigne,1]<-X93Min+(icolonne-1)*PasX
      DMassifComp[NumLigne,2]<-Y93Min+(iligne-1)*PasY
    }
  }

nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_Estomp",NbPixEstomp,"pix.txt",sep="")
write.table(round(DMassifComp,0),
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

```

Création des paysages d'altitudes

Z99M_NS.R

```
# Procédure de mise sur une même ligne des altitudes des points proches d'un point central
# points compris dans un carré 9*9. Version avec stockage intermédiaire en matrices.
#####

# Traitement des valeurs manquantes, facultatif si déjà inclus à l'installation de R
options(na.action = "na.exclude")

# Initialisations des bornes des données d'entrées (coordonnées lambert 93 du grand domaine)
# Bornes et mailles de lecture initiale
Xmin <- (-34500)
Xmax <- 1396500
Xstep <- 500
Ymin <- 5723000
Ymax <- 7243000
Ystep <- 500

# Initialisations de la plage des points calculés et des sorties (domaine cartographiable)
# Bornes et mailles de regroupement
XminCalc <- 465500
XmaxCalc <- 896500
XstepCalc <- 500
YminCalc <- 6223000
YmaxCalc <- 6743000
YstepCalc <- 500
NbLignFic <- (trunc((XmaxCalc-XminCalc)/Xstep)+1)*(trunc((YmaxCalc-YminCalc)/Ystep)+1)

# Répertoire des fichiers
Chemin<-"D:/Rfiles/Carto/"

# Importation fichier de base, avec 3 colonnes (X93,Y93,Z)
nomfichier<-paste(Chemin,"L93MC_Estomplpix.txt",sep="")
DMassif <- as.matrix (
  read.table(nomfichier,
    header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE))

# Création d'un fichier de sortie avec 3+81 colonnes
DMassif99 <- matrix(0,nrow=NbLignFic,ncol=84)
colnames(DMassif99) <-
c("X93","Y93","Z",paste("Z1",1:9,sep=""),paste("Z2",1:9,sep=""),paste("Z3",1:9,sep=""),
paste("Z4",1:9,sep=""),paste("Z5",1:9,sep=""),paste("Z6",1:9,sep=""),paste("Z7",1:9,sep=""),
paste("Z8",1:9,sep=""),paste("Z9",1:9,sep=""))

# Création d'une matrice rectangulaire totale de Z
ZrectTot <- matrix(0,ncol=((Xmax-Xmin)/Xstep+1),nrow=((Ymax-Ymin)/Ystep+1))

# Remplissage de cette matrice rectangulaire
for (k in seq(1,nrow(DMassif),1))
  {X <- DMassif[k,1] ; Y <- DMassif[k,2]
  icolonne <- (X-Xmin)/Xstep+1
  iligne <- (Y-Ymin)/Ystep+1
  ZrectTot[iligne,icolonne] <- DMassif[k,3]
  }

# Remplissage du fichier de sortie
NumLignFic <- 1
for (Xcalc in seq(XminCalc,XmaxCalc,Xstep))
  {for (Ycalc in seq(YminCalc,YmaxCalc,Ystep))
    {icolonne <- (Xcalc-Xmin)/Xstep+1
    iligne <- (Ycalc-Ymin)/Ystep+1
    DMassif99[NumLignFic,1] <- Xcalc
    DMassif99[NumLignFic,2] <- Ycalc
    DMassif99[NumLignFic,3] <- ZrectTot[iligne,icolonne]

    DMassif99[NumLignFic,4] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne-4*XstepCalc/Xstep]
    DMassif99[NumLignFic,5] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne-3*XstepCalc/Xstep]
    DMassif99[NumLignFic,6] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne-2*XstepCalc/Xstep]
    DMassif99[NumLignFic,7] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne-1*XstepCalc/Xstep]
    DMassif99[NumLignFic,8] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne-0*XstepCalc/Xstep]
    DMassif99[NumLignFic,9] <- ZrectTot[iligne-4*YstepCalc/Ystep,icolonne+1*XstepCalc/Xstep]
  }
  NumLignFic <- NumLignFic + 1
}
```



```

DMassif99[NumLignFic,82] <- ZrectTot[iligne+4*YstepCalc/Ystep,icolonne+2*XstepCalc/Xstep]
DMassif99[NumLignFic,83] <- ZrectTot[iligne+4*YstepCalc/Ystep,icolonne+3*XstepCalc/Xstep]
DMassif99[NumLignFic,84] <- ZrectTot[iligne+4*YstepCalc/Ystep,icolonne+4*XstepCalc/Xstep]

NumLignFic <- NumLignFic+1
}
}

# Ecriture du fichier de sortie, exploitable par une ACP par exemple
nomfichier<-paste(Chemin,"DMassifC_99_4K.txt",sep="")
write.table(DMassif99,
  file=nomfichier, sep="\t",
  col.names=TRUE, row.names=FALSE, quote=TRUE, na="NA")

```

Création des fichiers combinés XYZ-CPs aux points-stations

FuseStatCPs.syc

```
REM Procédure de fusion du réseau de station maximal (RR) avec les CPs
REM*****

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM Tri par les coordonnées Lambert 93 des divers fichiers
REM*****

USE FicStatRR.syd

REM Il faut avoir des coordonnées compatibles donc au pixel de 500m
LET X500=Int((X93+250)/500)*500
LET Y500=Int((Y93+250)/500)*500

SAVE SortStatRR.syd
SORT X500 Y500

USE XYZ_PCP.syd

REM Il faut les mêmes noms de variable pour la fusion
LET X500=X93
LET Y500=Y93

SAVE SortPCP.syd
SORT X500 Y500

USE XYZ_MCP.syd

REM Il faut les mêmes noms de variable pour la fusion
LET X500=X93
LET Y500=Y93

SAVE SortMCP.syd
SORT X500 Y500

USE XYZ_GCP.syd

REM Il faut les mêmes noms de variable pour la fusion
LET X500=X93
LET Y500=Y93

SAVE SortGCP.syd
SORT X500 Y500

USE XYZ_TCP.syd

REM Il faut les mêmes noms de variable pour la fusion
LET X500=X93
LET Y500=Y93

SAVE SortTCP.syd
SORT X500 Y500

REM Fusion des fichiers triés (le tri préalable est une obligation sous SYSTAT),
REM type de CP par type de CP
REM*****

MERGE SortStatRR.syd (NUMINSEE NOMSTAT$ TYPE$ ZMF X93 Y93 X500 Y500) SortPCP.syd (Z4K PCP01 PCP02
PCP03 PCP04 PCP05 PCP06 PCP07 PCP08 PCP09 PCP10 PCP11 PCP12 PCP13 PCP14 PCP15) / X500 Y500
select Type$<>""
EXTRACT SortStatRRPCP.syd

MERGE SortStatRRPCP.syd SortMCP.syd (Z20K MCP01 MCP02 MCP03 MCP04 MCP05 MCP06 MCP07 MCP08 MCP09
MCP10 MCP11 MCP12 MCP13 MCP14 MCP15) / X500 Y500
select Type$<>""
EXTRACT SortStatRRMCP.syd
```

```

MERGE SortStatRRMCP.syd SortGCP.syd (Z100K GCP01 GCP02 GCP03 GCP04 GCP05 GCP06 GCP07 GCP08 GCP09
GCP10 GCP11 GCP12 GCP13 GCP14 GCP15) / X500 Y500
select Type$<>" "
EXTRACT SortStatRRGCP.syd

MERGE SortStatRRGCP.syd SortTCP.syd (Z500K TCP01 TCP02 TCP03 TCP04 TCP05 TCP06 TCP07 TCP08 TCP09
TCP10 TCP11 TCP12 TCP13 TCP14 TCP15) / X500 Y500
select Type$<>" "
EXTRACT SortStatRRCP.syd

REM On peut sauvegarder les fichiers des différents réseaux dans l'ordre INSEE
REM*****

SAVE FicStatRRCP.syd
SORT NUMINSEE

SELECT Type$<>"RR"
EXTRACT FicStatTnxCP.syd

SELECT Type$="ETP"
EXTRACT FicStatETPCP.syd

```

Extraction des valeurs à cartographier

Extract_IAC_RéseauRR_2000_Old.syc

```
REM Procédures d'agrégation de données pour insertion dans fichier de regression
REM*****

REM Indicateur agro-clim Cé03

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM Climat-type 2000
REM*****

REM Station n°01235

IMPORT "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP\Stats_Cé03_01235.txt" / TYPE=ASCII

LET D1=DC2
LET D5=DC6
LET D9=P95
DROP P05$.SD
SELECT case=21
EXTRACT 'Cé03Decs00_01235.syd'

...

REM Station n°89349

IMPORT "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP\Stats_Cé03_89349.txt" / TYPE=ASCII

LET D1=DC2
LET D5=DC6
LET D9=P95
DROP P05$.SD
SELECT case=21
EXTRACT 'Cé03Decs00_89349.syd'

REM On empile les fichiers individuels de stations

SAVE TempA.syd
APPEND Cé03Decs00_01235.syd Cé03Decs00_03060.syd
SAVE TempB.syd
APPEND TempA.syd Cé03Decs00_03061.syd
SAVE TempA.syd
APPEND TempB.syd Cé03Decs00_03114.syd

...

APPEND TempB.syd Cé03Decs00_87193.syd
SAVE TempB.syd
APPEND TempA.syd Cé03Decs00_89260.syd
SAVE Cé03Decs00_RéseauRR.syd
APPEND TempB.syd Cé03Decs00_89349.syd
```

Extract_IAC_RéseauRR_2000.syc

```
REM Procédures d'aggrégation de données pour insertion dans fichier de regression
REM*****

REM Indicateur agro-clim Cé03

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM Climat-type 2000
REM*****

REM Station n°01235

IMPORT "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP\Stats_Cé03_01235.txt" / TYPE=ASCII

LET D1=DC1
LET D5=DC5
LET D9=DC9
DROP P05$..SD
SELECT case=21
EXTRACT 'Cé03Decs00_01235.syd'

...

REM Station n°89349

IMPORT "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP\Stats_Cé03_89349.txt" / TYPE=ASCII

LET D1=DC1
LET D5=DC5
LET D9=DC9
DROP P05$..SD
SELECT case=21
EXTRACT 'Cé03Decs00_89349.syd'

REM On empile les fichiers individuels de stations

SAVE TempA.syd
APPEND Cé03Decs00_01235.syd Cé03Decs00_03060.syd
SAVE TempB.syd
APPEND TempA.syd Cé03Decs00_03061.syd
SAVE TempA.syd
APPEND TempB.syd Cé03Decs00_03114.syd

...

APPEND TempB.syd Cé03Decs00_87193.syd
SAVE TempB.syd
APPEND TempA.syd Cé03Decs00_89260.syd
SAVE Cé03Decs00_RéseauRR.syd
APPEND TempB.syd Cé03Decs00_89349.syd
```

Histogramme des composantes principales

Histo_Cps.syc

```
REM Histogramme et repérage de certains quantiles dans les valeurs des coordonnées de CP
REM*****
```

```
FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"
```

```
USE XYZ_CPs.syd
```

```
REM On commence par trier les altitudes
```

```
select
DENSITY Z/ HIST
SORT Z
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list Z
```

```
REM Composantes Principales de Très grande taille (TCP)
REM*****
```

```
select
DENSITY TCP15/ HIST
SORT TCP15
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list TCP15
```

```
...
```

```
select
DENSITY TCP01/ HIST
SORT TCP01
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list TCP01
```

```
REM Composantes Principales de Grande taille (GCP)
REM*****
```

```
select
DENSITY GCP15/ HIST
SORT GCP15
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list gcp15
```

```
...
```

```
select
DENSITY GCP01/ HIST
SORT GCP01
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list GCP01
```

```
REM Composantes Principales de Moyenne taille (MCP)
REM*****
```

```
select
DENSITY MCP15/ HIST
SORT MCP15
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list MCP15
```

```
...
```

```
select
DENSITY MCP01/ HIST
SORT MCP01
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list MCP01
```

```
REM Composantes Principales de Petite taille (PCP)
REM*****
```

```
select
DENSITY PCP15/ HIST
SORT PCP15
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list PCP15
```

...

```
select
DENSITY PCP01/ HIST
SORT PCP01
select (case=899 or case=8984 or case=89839 or case=179677 or case=718707 or case=808545 or
case=889400 or case=897485)
list PCP01
```

Exemples de procédures de régression

RegTm01CP.syc

```
REM Calcul et application des regressions sur CPs relief
REM*****

REM On n'exporte en fichiers texte que les versions opérationnelles

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM Tm01, décile 1, année 2000
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+GCP03+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_00CP=42.1353-0.4785*Y100K-1.6467*PCP01+0.1474*PCP05,
           +0.1683*GCP02+0.1114*GCP03+0.1935*TCP01+0.1099*TCP11
LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP
LET D1_00Sta=DD1_00CP+D1_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D1_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CP.syd
LET D1_00=42.1353-0.4785*Y93/100000-1.6467*PCP01+0.1474*PCP05,
           +0.1683*GCP02+0.1114*GCP03+0.1935*TCP01+0.1099*TCP11
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D1_2000.syd
EXPORT "XY_Tm01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

REM POUR MEMOIRE !!

REM USE XYZ_CP.syd
REM LET D1_00Dec=54.2611-0.6717*Y93/100000-1.8241*PCP01,
REM           +0.0997*MIN(0.9426,MAX(-0.9489,PCP11)),
REM           -0.1199*MIN(0.9545,MAX(-0.9506,PCP15)),
REM           +0.0728*MIN(0.9476,MAX(-1.1745,MCP05)),
REM           +0.1479*MIN(1.4800,MAX(-1.0929,GCP02))
REM DROP Z..GCP15
REM ESAVE XY_Tm01_D1_2000_Dec.syd
REM EXPORT "XY_Tm01_D1_2000_Dec.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D1_00CP=42.1353-0.4785*Y100K-1.6467*PCP01+0.1474*PCP05,
           +0.1683*GCP02+0.1114*GCP03+0.1935*TCP01+0.1099*TCP11
LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_00CP
```

```

SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D1_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Tm01, décile 1, année 2050
REM*****

```

```

USE Stats_Tm01_CP.syd

```

```

REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```

```

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+GCP03+GCP04+GCP13+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

```

```

LET D1_50CP=40.8687-0.4296*Y100K-1.7069*PCP01+0.1632*PCP05,
          +0.1600*GCP02+0.0933*GCP03+0.0768*GCP04-0.0750*GCP13,
          +0.3308*TCP01+0.1336*TCP11
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP
LET D1_50Sta=DD1_50CP+D1_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D1_2050.syd

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50=40.8687-0.4296*Y93/100000-1.7069*PCP01+0.1632*PCP05,
          +0.1600*GCP02+0.0933*GCP03+0.0768*GCP04-0.0750*GCP13,
          +0.3308*TCP01+0.1336*TCP11
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D1_2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

```

USE Stats_Tm01_CP.syd

```

```

LET D1_50CP=40.8687-0.4296*Y100K-1.7069*PCP01+0.1632*PCP05,
          +0.1600*GCP02+0.0933*GCP03+0.0768*GCP04-0.0750*GCP13,
          +0.3308*TCP01+0.1336*TCP11
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP

```

```

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D1_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Traitement direct évolution Tm01, décile 1 2000-2050
REM*****

```

```

USE Stats_Tm01_CP.syd

```

```

LET D1_0050=D1_50-D1_00
REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```

```

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000+X100K+PCP12
ESTIMATE

```

```

EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_0050CP=1.5246-0.1480*Z1000+0.0613*X100K+0.0243*PCP12
LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
LET D1_0050Sta=DD1_0050CP+D1_0050CP
DROP X500..D1_0050
ESAVE Stations_Tm01_DD1_2000-2050.syd

REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_0050=1.5246-0.1480*Z/1000+0.0613*X93/100000+0.0243*PCP12
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
LET D1_0050CP=1.5246-0.1480*Z1000+0.0613*X100K+0.0243*PCP12

LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_0050 D1_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Tm01, décile 5, année 2000
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+GCP03+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_00CP=41.4404-0.4578*Y100K-1.6207*PCP01+0.1369*PCP05,
+0.1613*GCP02+0.1010*GCP03+0.1968*TCP01+0.1044*TCP11
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP
LET D5_00Sta=DD5_00CP+D5_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D5_2000.syd

REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_00=41.4404-0.4578*Y93/100000-1.6207*PCP01+0.1369*PCP05,
+0.1613*GCP02+0.1010*GCP03+0.1968*TCP01+0.1044*TCP11
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D5_2000.syd
EXPORT "XY_Tm01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D5_00CP=41.4404-0.4578*Y100K-1.6207*PCP01+0.1369*PCP05,
+0.1613*GCP02+0.1010*GCP03+0.1968*TCP01+0.1044*TCP11

```

```

LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D5_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Tm01, décile 5, année 2050
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_50CP=41.1494-0.4241*Y100K-1.6656*PCP01+0.1504*PCP05,
          +0.1634*GCP02+0.3325*TCP01+0.1302*TCP11
LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP
LET D5_50Sta=DD5_50CP+D5_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D5_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50=41.1494-0.4241*Y93/100000-1.6656*PCP01+0.1504*PCP05,
          +0.1634*GCP02+0.3325*TCP01+0.1302*TCP11
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D5_2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D5_50CP=41.1494-0.4241*Y100K-1.6656*PCP01+0.1504*PCP05,
          +0.1634*GCP02+0.3325*TCP01+0.1302*TCP11
LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D5_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution Tm01, décile 5 2000-2050
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+Z1000+X100K+GCP03+TCP02+TCP14
ESTIMATE

```

```

EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_0050CP=1.4044-0.1698*Z1000+0.0804*X100K-0.0284*GCP03-0.0202*TCP02+0.0174*TCP14
LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
LET D5_0050Sta=DD5_0050CP+D5_0050CP
DROP X500..D5_0050
ESAVE Stations_Tm01_DD5_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_0050=1.4044-0.1698*Z/1000+0.0804*X93/100000-0.0284*GCP03-0.0202*TCP02+0.0174*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
LET D5_0050CP=1.4044-0.1698*Z1000+0.0804*X100K-0.0284*GCP03-0.0202*TCP02+0.0174*TCP14

LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_0050 D5_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Tm01, décile 9, année 2000
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+GCP03+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_00CP=40.6257-0.4352*Y100K-1.5944*PCP01+0.1269*PCP05,
+0.1564*GCP02+0.0915*GCP03+0.1999*TCP01+0.0985*TCP11

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP
LET D9_00Sta=DD9_00CP+D9_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D9_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00=40.6257-0.4352*Y93/100000-1.5944*PCP01+0.1269*PCP05,
+0.1564*GCP02+0.0915*GCP03+0.1999*TCP01+0.0985*TCP11

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D9_2000.syd
EXPORT "XY_Tm01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D9_00CP=40.6257-0.4352*Y100K-1.5944*PCP01+0.1269*PCP05,
+0.1564*GCP02+0.0915*GCP03+0.1999*TCP01+0.0985*TCP11

```

```

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D9_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Tm01, décile 9, année 2050
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Y100K+PCP01+PCP05+GCP02+TCP01+TCP11
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_50CP=39.1679-0.3837*Y100K-1.6370*PCP01+0.1307*PCP05,
              +0.1697*GCP02+0.3284*TCP01+0.1385*TCP11
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP
LET D9_50Sta=DD9_50CP+D9_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_Tm01_D9_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50=39.1679-0.3837*Y93/100000-1.6370*PCP01+0.1307*PCP05,
              +0.1697*GCP02+0.3284*TCP01+0.1385*TCP11
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_D9_2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D9_50CP=39.1679-0.3837*Y100K-1.6370*PCP01+0.1307*PCP05,
              +0.1697*GCP02+0.3284*TCP01+0.1385*TCP11
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_D9_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution Tm01, décile 9 2000-2050
REM*****

USE Stats_Tm01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000+X100K+GCP03+TCP02+TCP11

```

```
ESTIMATE
EXIT
```

```
REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations
```

```
LET D9_0050CP=1.2119-0.1359*Z1000+0.1063*X100K-0.0618*GCP03-0.0474*TCP02+0.0213*TCP11
LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
LET D9_0050Sta=DD9_0050CP+D9_0050CP
DROP X500..D9_0050
ESAVE Stations_Tm01_DD9_2000-2050.syd
```

```
REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie
```

```
USE XYZ_CPs.syd
LET D9_0050=1.2119-0.1359*Z/1000+0.1063*X93/100000-0.0618*GCP03-0.0474*TCP02+0.0213*TCP11

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_Tm01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "XY_Tm01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII
```

```
REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation
```

```
USE Stats_Tm01_CP.syd
```

```
LET D9_0050=D9_50-D9_00
LET D9_0050CP=1.2119-0.1359*Z1000+0.1063*X100K-0.0618*GCP03-0.0474*TCP02+0.0213*TCP11
```

```
LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_0050 D9_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_Tm01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_Tm01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII
```

RegRR01CP.syc

```
REM Calcul et application des regressions sur CPs relief
REM*****

REM On n'exporte en fichiers texte que les versions opérationnelles

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM RR01, décile 1, année 2000
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP05+PCP06+MCP06+MCP07,
          +GCP03+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13+TCP01+TCP04+TCP05+TCP07+TCP08+TCP10+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_00CP=730.1313+187.0329*PCP01-27.9125*PCP03+24.4210*PCP05+15.3950*PCP06+14.9251*MCP06-
26.7497*MCP07,
          +97.0229*GCP03-34.4137*GCP08-21.4912*GCP10+20.5823*GCP11+18.0956*GCP13,
          -100.8414*TCP01+74.1673*TCP04-46.1213*TCP05-83.9281*TCP07+29.7053*TCP08,
          -35.7039*TCP10+83.0353*TCP11-77.3646*TCP14
LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP
LET D1_00Sta=DD1_00CP+D1_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_RR01_D1_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_00=730.1313+187.0329*PCP01-27.9125*PCP03+24.4210*PCP05+15.3950*PCP06+14.9251*MCP06-
26.7497*MCP07,
          +97.0229*GCP03-34.4137*GCP08-21.4912*GCP10+20.5823*GCP11+18.0956*GCP13,
          -100.8414*TCP01+74.1673*TCP04-46.1213*TCP05-83.9281*TCP07+29.7053*TCP08,
          -35.7039*TCP10+83.0353*TCP11-77.3646*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D1_2000.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_00Dec=730.1313+187.0329*PCP01-100.8414*TCP01,
          -27.9125*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          +24.4210*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
          +15.3950*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
          +14.9251*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
          -26.7497*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          +97.0229*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
          -34.4137*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          -21.4912*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
          +20.5823*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +18.0956*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          +74.1673*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
          -46.1213*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
          -83.9281*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          +29.7053*MIN(1.4201,MAX(-1.2363,TCP08)),
          -35.7039*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
          +83.0353*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          -77.3646*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
```

ESAVE XY_RR01_D1_2000_Dec.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux quintiles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd

```
LET D1_00Qui=730.1313+187.0329*PCP01-100.8414*TCP01,  
-27.9125*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),  
+24.4210*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),  
+15.3950*MIN(0.4150,MAX(-0.4199,PCP06)),  
+14.9251*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),  
-26.7497*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),  
+97.0229*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),  
-34.4137*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),  
-21.4912*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),  
+20.5823*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),  
+18.0956*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),  
+74.1673*MIN(0.7489,MAX(-0.8579,TCP04)),  
-46.1213*MIN(0.9803,MAX(-0.7893,TCP05)),  
-83.9281*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),  
+29.7053*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),  
-35.7039*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),  
+83.0353*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),  
-77.3646*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
```

DROP Z..TCP15

ESAVE XY_RR01_D1_2000_Qui.syd

EXPORT "XY_RR01_D1_2000_Qui.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

```
LET D1_00CP=730.1313+187.0329*PCP01-100.8414*TCP01,  
-27.9125*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),  
+24.4210*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),  
+15.3950*MIN(0.4150,MAX(-0.4199,PCP06)),  
+14.9251*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),  
-26.7497*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),  
+97.0229*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),  
-34.4137*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),  
-21.4912*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),  
+20.5823*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),  
+18.0956*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),  
+74.1673*MIN(0.7489,MAX(-0.8579,TCP04)),  
-46.1213*MIN(0.9803,MAX(-0.7893,TCP05)),  
-83.9281*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),  
+29.7053*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),  
-35.7039*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),  
+83.0353*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),  
-77.3646*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
```

LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP

DROP Type\$.Y93 D1_00..Y100K D1_00CP

SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)

EXTRACT Stations_Resid_RR01_D1_2000.syd

EXPORT "Stations_Resid_RR01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM RR01, décile 1, année 2050

REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS

MODEL D1_50= CONSTANT+Z1000

ESTIMATE

EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS

MODEL D1_50= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP05+MCP06+MCP07+GCP01+GCP03+GCP08+GCP10+GCP11+GCP12,
+TCP03+TCP07+TCP11+TCP13+TCP14

ESTIMATE

EXIT

```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations
LET D1_50CP=752.4380+208.4465*PCP01-26.4605*PCP03+23.4400*PCP05,
      +15.8606*MCP06-23.5099*MCP07,
      -99.9411*GCP01+29.5073*GCP03-38.9543*GCP08-21.6178*GCP10+18.3323*GCP11-
17.5432*GCP12,
      +44.2270*TCP03-61.6942*TCP07+79.1408*TCP11+27.4872*TCP13-65.9888*TCP14
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP
LET D1_50Sta=DD1_50CP+D1_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_RR01_D1_2050.syd

```

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50=752.4380+208.4465*PCP01-26.4605*PCP03+23.4400*PCP05,
      +15.8606*MCP06-23.5099*MCP07,
      -99.9411*GCP01+29.5073*GCP03-38.9543*GCP08-21.6178*GCP10+18.3323*GCP11-
17.5432*GCP12,
      +44.2270*TCP03-61.6942*TCP07+79.1408*TCP11+27.4872*TCP13-65.9888*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D1_2050.syd

```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50Dec=752.4380+208.4465*PCP01-99.9411*GCP01,
      -26.4605*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
      +23.4400*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
      +15.8606*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
      -23.5099*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
      +29.5073*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
      -38.9543*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
      -21.6178*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
      +18.3323*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
      -17.5432*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
      +44.2270*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
      -61.6942*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
      +79.1408*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
      +27.4872*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
      -65.9888*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D1_2050_Dec.syd

```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux quintiles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50Qui=752.4380+208.4465*PCP01-99.9411*GCP01,
      -26.4605*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
      +23.4400*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
      +15.8606*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),
      -23.5099*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
      +29.5073*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),
      -38.9543*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
      -21.6178*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
      +18.3323*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
      -17.5432*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
      +44.2270*MIN(0.6833,MAX(-1.1090,TCP03)),
      -61.6942*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
      +79.1408*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
      +27.4872*MIN(0.8693,MAX(-0.7510,TCP13)),
      -65.9888*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D1_2050_Qui.syd
EXPORT "XY_RR01_D1_2050_Qui.txt" /TYPE=ASCII

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

USE Stats_RR01_CP.syd
LET D1_50CP=752.4380+208.4465*PCP01-99.9411*GCP01,
      -26.4605*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
      +23.4400*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
      +15.8606*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),

```

```

-23.5099*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
+29.5073*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),
-38.9543*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
-21.6178*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
+18.3323*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
-17.5432*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
+44.2270*MIN(0.6833,MAX(-1.1090,TCP03)),
-61.6942*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+79.1408*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
+27.4872*MIN(0.8693,MAX(-0.7510,TCP13)),
-65.9888*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_D1_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution RR01, décile 1 2000-2050
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+X100K+PCP03+PCP05+MCP02+MCP04+MCP07+MCP09,
+TCP03+TCP04+TCP05+TCP06+TCP07+TCP08+TCP12
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_0050CP=28.7698-3.7120*X100K+2.9412*PCP03+4.5536*PCP05,
-2.5284*MCP02+2.0735*MCP04+2.6526*MCP07+1.9396*MCP09,
+26.7620*TCP03-4.0648*TCP04+17.9852*TCP05-9.6306*TCP06,
-3.7246*TCP07+4.8269*TCP08-5.5886*TCP12
LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
LET D1_0050Sta=DD1_0050CP+D1_0050CP
DROP X500..D1_0050
ESAVE Stations_RR01_DD1_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_0050=28.7698-3.7120*X93/100000+2.9412*PCP03+4.5536*PCP05,
-2.5284*MCP02+2.0735*MCP04+2.6526*MCP07+1.9396*MCP09,
+26.7620*TCP03-4.0648*TCP04+17.9852*TCP05-9.6306*TCP06,
-3.7246*TCP07+4.8269*TCP08-5.5886*TCP12
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "XY_RR01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
LET D1_0050CP=28.7698-3.7120*X100K+2.9412*PCP03+4.5536*PCP05,
-2.5284*MCP02+2.0735*MCP04+2.6526*MCP07+1.9396*MCP09,
+26.7620*TCP03-4.0648*TCP04+17.9852*TCP05-9.6306*TCP06,
-3.7246*TCP07+4.8269*TCP08-5.5886*TCP12

LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_0050 D1_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM RR01, décile 5, année 2000
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP05+PCP06+MCP06+MCP07+GCP02+GCP03+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13,
          +TCP01+TCP04+TCP05+TCP07+TCP08+TCP10+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_00CP=900.5931+219.7693*PCP01-34.1776*PCP03+29.8462*PCP05+20.4978*PCP06,
          +17.6060*MCP06-31.3970*MCP07,
          +38.8339*GCP02+131.6769*GCP03-44.2581*GCP08,
          -25.8167*GCP10+25.7248*GCP11+22.3625*GCP13,
          -112.3563*TCP01+88.7350*TCP04-72.2438*TCP05,
          -92.7145*TCP07+34.3516*TCP08-38.7174*TCP10+104.3887*TCP11-100.6078*TCP14
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP
LET D5_00Sta=DD5_00CP+D5_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_RR01_D5_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_00=900.5931+219.7693*PCP01-34.1776*PCP03+29.8462*PCP05+20.4978*PCP06,
          +17.6060*MCP06-31.3970*MCP07,
          +38.8339*GCP02+131.6769*GCP03-44.2581*GCP08,
          -25.8167*GCP10+25.7248*GCP11+22.3625*GCP13,
          -112.3563*TCP01+88.7350*TCP04-72.2438*TCP05,
          -92.7145*TCP07+34.3516*TCP08-38.7174*TCP10+104.3887*TCP11-100.6078*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2000.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_00Dec=900.5931+219.7693*PCP01-112.3563*TCP01,
          -34.1776*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          +29.8462*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
          +20.4978*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
          +17.6060*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
          -31.3970*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          +38.8339*MIN(1.1877,MAX(-1.1618,GCP02)),
          +131.6769*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
          -44.2581*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          -25.8167*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
          +25.7248*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +22.3625*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          +88.7350*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
          -72.2438*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
          -92.7145*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          +34.3516*MIN(1.4201,MAX(-1.2363,TCP08)),
          -38.7174*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
          +104.3887*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          -100.6078*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2000_Dec.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux quintiles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd

```

```

LET D5_00Qui=900.5931+219.7693*PCP01-112.3563*TCP01,
-34.1776*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
+29.8462*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
+20.4978*MIN(0.4150,MAX(-0.4199,PCP06)),
+17.6060*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),
-31.3970*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
+38.8339*MIN(0.5024,MAX(-0.6381,GCP02)),
+131.6769*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),
-44.2581*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
-25.8167*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
+25.7248*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
+22.3625*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
+88.7350*MIN(0.7489,MAX(-0.8579,TCP04)),
-72.2438*MIN(0.9803,MAX(-0.7893,TCP05)),
-92.7145*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+34.3516*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),
-38.7174*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),
+104.3887*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
-100.6078*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2000_Qui.syd
EXPORT "XY_RR01_D5_2000_Qui.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

```

USE Stats_RR01_CP.syd

```

```

LET D5_00CP=900.5931+219.7693*PCP01-112.3563*TCP01,
-34.1776*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
+29.8462*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
+20.4978*MIN(0.4150,MAX(-0.4199,PCP06)),
+17.6060*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),
-31.3970*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
+38.8339*MIN(0.5024,MAX(-0.6381,GCP02)),
+131.6769*MIN(0.7158,MAX(-0.6303,GCP03)),
-44.2581*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
-25.8167*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
+25.7248*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
+22.3625*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
+88.7350*MIN(0.7489,MAX(-0.8579,TCP04)),
-72.2438*MIN(0.9803,MAX(-0.7893,TCP05)),
-92.7145*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+34.3516*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),
-38.7174*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),
+104.3887*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
-100.6078*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))

```

```

LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP

```

```

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_D5_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM RR01, décile 5, année 2050
REM*****

```

```

USE Stats_RR01_CP.syd

```

```

REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```

```

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP05+MCP06+MCP07+GCP01+GCP08+GCP10+GCP12,
+TCP07+TCP08+TCP10+TCP11+TCP13+TCP14
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

```

```

LET D5_50CP=902.4091+267.6377*PCP01-42.1483*PCP03+31.5052*PCP05+24.0862*MCP06-34.4811*MCP07,
-95.9727*GCP01-52.2512*GCP08-27.4437*GCP10-17.8213*GCP12,
-132.3959*TCP07+36.4315*TCP08-35.1352*TCP10+112.4804*TCP11+41.9928*TCP13-
115.3836*TCP14
LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP
LET D5_50Sta=DD5_50CP+D5_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_RR01_D5_2050.syd

```

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50=902.4091+267.6377*PCP01-42.1483*PCP03+31.5052*PCP05+24.0862*MCP06-34.4811*MCP07,
-95.9727*GCP01-52.2512*GCP08-27.4437*GCP10-17.8213*GCP12,
-132.3959*TCP07+36.4315*TCP08-35.1352*TCP10+112.4804*TCP11+41.9928*TCP13-
115.3836*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2050.syd

```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50Dec=902.4091+267.6377*PCP01-95.9727*GCP01,
-42.1483*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
+31.5052*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
+24.0862*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
-34.4811*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
-52.2512*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-27.4437*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
-17.8213*MIN(1.0711,MAX(-1.1560,GCP12)),
-132.3959*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
+36.4315*MIN(1.4201,MAX(-1.2363,TCP08)),
-35.1352*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
+112.4804*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
+41.9928*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
-115.3836*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2050_Dec.syd

```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux quintiles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50Qui=902.4091+267.6377*PCP01-95.9727*GCP01,
-42.1483*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
+31.5052*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
+24.0862*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),
-34.4811*MIN(0.474,MAX(-0.4708,MCP07)),
-52.2512*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
-27.4437*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
-17.8213*MIN(0.5444,MAX(-0.5412,GCP12)),
-132.3959*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+36.4315*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),
-35.1352*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),
+112.4804*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
+41.9928*MIN(0.8693,MAX(-0.7510,TCP13)),
-115.3836*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D5_2050_Qui.syd
EXPORT "XY_RR01_D5_2050_Qui.txt" /TYPE=ASCII

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

USE Stats_RR01_CP.syd
LET D5_50CP=902.4091+267.6377*PCP01-95.9727*GCP01,
-42.1483*MIN(0.4455,MAX(-0.4298,PCP03)),
+31.5052*MIN(0.4484,MAX(-0.4323,PCP05)),
+24.0862*MIN(0.4760,MAX(-0.4578,MCP06)),
-34.4811*MIN(0.474,MAX(-0.4708,MCP07)),
-52.2512*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
-27.4437*MIN(0.5701,MAX(-0.5430,GCP10)),
-17.8213*MIN(0.5444,MAX(-0.5412,GCP12)),
-132.3959*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+36.4315*MIN(0.9377,MAX(-0.9604,TCP08)),

```

```

-35.1352*MIN(0.8975,MAX(-0.9002,TCP10)),
+112.4804*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
+41.9928*MIN(0.8693,MAX(-0.7510,TCP13)),
-115.3836*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))

LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_D5_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution RR01, décile 5 2000-2050
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+X100K+Y100K+PCP12+PCP14+GCP03,
+TCP01+TCP03+TCP04+TCP05+TCP06+TCP08+TCP12+TCP13
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_0050CP=-1061.7997-24.2562*X100K+18.7719*Y100K-2.3945*PCP12+1.8613*PCP14-11.3357*GCP03,
+47.7040*TCP01+25.0374*TCP03-3.9954*TCP04+26.1872*TCP05,
-3.8193*TCP06+4.5266*TCP08-4.1498*TCP12+4.4553*TCP13
LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
LET D5_0050Sta=DD5_0050CP+D5_0050CP
DROP X500..D5_0050
ESAVE Stations_RR01_DD5_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_0050=-1061.7997-24.2562*X93/100000+18.7719*Y93/100000-2.3945*PCP12+1.8613*PCP14-
11.3357*GCP03,
+47.7040*TCP01+25.0374*TCP03-3.9954*TCP04+26.1872*TCP05,
-3.8193*TCP06+4.5266*TCP08-4.1498*TCP12+4.4553*TCP13

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "XY_RR01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
LET D5_0050CP=-1061.7997-24.2562*X100K+18.7719*Y100K-2.3945*PCP12+1.8613*PCP14-11.3357*GCP03,
+47.7040*TCP01+25.0374*TCP03-3.9954*TCP04+26.1872*TCP05,
-3.8193*TCP06+4.5266*TCP08-4.1498*TCP12+4.4553*TCP13

LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_0050 D5_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM RR01, décile 9, année 2000
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP05+PCP06+MCP06+MCP07+GCP01+GCP03+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13+GCP14,
          +TCP04+TCP05+TCP06+TCP07+TCP08+TCP09+TCP11+TCP12+TCP14+TCP15
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_00CP=1130.4202+307.5728*PCP01-42.4497*PCP03+39.6850*PCP05+26.4338*PCP06,
          +22.3175*MCP06-32.3300*MCP07,
          -115.5896*GCP01+232.1057*GCP03-57.9448*GCP08,
          -35.9404*GCP10+33.5165*GCP11+29.4272*GCP13-27.9692*GCP14,
          +136.5766*TCP04-53.8349*TCP05-36.3750*TCP06-118.2279*TCP07+64.6713*TCP08,
          +99.8900*TCP09+164.6008*TCP11+86.2304*TCP12-110.0193*TCP14+50.4345*TCP15

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP
LET D9_00Sta=DD9_00CP+D9_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_RR01_D9_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00=1130.4202+307.5728*PCP01-42.4497*PCP03+39.6850*PCP05+26.4338*PCP06,
          +22.3175*MCP06-32.3300*MCP07,
          -115.5896*GCP01+232.1057*GCP03-57.9448*GCP08,
          -35.9404*GCP10+33.5165*GCP11+29.4272*GCP13-27.9692*GCP14,
          +136.5766*TCP04-53.8349*TCP05-36.3750*TCP06-118.2279*TCP07+64.6713*TCP08,
          +99.8900*TCP09+164.6008*TCP11+86.2304*TCP12-110.0193*TCP14+50.4345*TCP15

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D9_2000.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00Dec=1130.4202+307.5728*PCP01-115.5896*GCP01,
          -42.4497*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          +39.6850*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
          +26.4338*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
          +22.3175*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
          -32.3300*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          +232.1057*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
          -57.9448*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          -35.9404*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
          +33.5165*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +29.4272*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          -27.9692*MIN(1.1383,MAX(-1.1715,GCP14)),
          +136.5756*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
          -53.8349*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
          -36.3750*MIN(1.5083,MAX(-1.1497,TCP06)),
          -118.2279*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          +64.6713*MIN(1.4201,MAX(-1.2363,TCP08)),
          +99.8900*MIN(1.2848,MAX(-1.1462,TCP09)),
          +164.6008*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          +86.2304*MIN(1.3371,MAX(-1.2667,TCP12)),
          -110.0193*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14)),
          +50.4345*MIN(1.3301,MAX(-1.3424,TCP15))

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D9_2000_Dec.syd
EXPORT "XY_RR01_D9_2000_Dec.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D9_00CP=1130.4202+307.5728*PCP01-115.5896*GCP01,
          -42.4497*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          +39.6850*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),

```

```

+26.4338*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
+22.3175*MIN(0.9748,MAX(-0.9265,MCP06)),
-32.3300*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
+232.1057*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
-57.9448*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-35.9404*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
+33.5165*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+29.4272*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
-27.9692*MIN(1.1383,MAX(-1.1715,GCP14)),
+136.5756*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
-53.8349*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
-36.3750*MIN(1.5083,MAX(-1.1497,TCP06)),
-118.2279*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
+64.6713*MIN(1.4201,MAX(-1.2363,TCP08)),
+99.8900*MIN(1.2848,MAX(-1.1462,TCP09)),
+164.6008*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
+86.2304*MIN(1.3371,MAX(-1.2667,TCP12)),
-110.0193*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14)),
+50.4345*MIN(1.3301,MAX(-1.3424,TCP15))

```

```
LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP
```

```

DROP Type$.Y93 D1_00.Y100K D9_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_D9_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM RR01, décile 9, année 2050
REM*****

```

```
USE Stats_RR01_CP.syd
```

```
REM Regression Z pour comparaison
```

```

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```
REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA
```

```

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+X100K+PCP01+PCP02+PCP03+PCP04+PCP05+PCP06+MCP07+MCP10,
+GCP01+GCP02+GCP03+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13,
+TCP03+TCP04+TCP05+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

```

```
REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations
```

```

LET D9_50CP=1397.3866-46.0660*X100K+263.3719*PCP01+44.7545*PCP02-42.0964*PCP03-25.6460*PCP04,
+30.9926*PCP05+35.9953*PCP06-40.9284*MCP07-37.4030*MCP10,
-87.9879*GCP01+105.5010*GCP02+171.7179*GCP03-57.7345*GCP08,
-32.7377*GCP10+41.2478*GCP11+44.9296*GCP13,
+101.0678*TCP03+98.0409*TCP04-80.5988*TCP05+115.1326*TCP11-86.6189*TCP14
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP
LET D9_50Sta=DD9_50CP+D9_50CP
DROP X500.Y100K
ESAVE Stations_RR01_D9_2050.syd

```

```
REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie
```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50=1397.3866-46.0660*X93/100000+263.3719*PCP01+44.7545*PCP02-42.0964*PCP03-25.6460*PCP04,
+30.9926*PCP05+35.9953*PCP06-40.9284*MCP07-37.4030*MCP10,
-87.9879*GCP01+105.5010*GCP02+171.7179*GCP03-57.7345*GCP08,
-32.7377*GCP10+41.2478*GCP11+44.9296*GCP13,
+101.0678*TCP03+98.0409*TCP04-80.5988*TCP05+115.1326*TCP11-86.6189*TCP14
DROP Z.TCP15
ESAVE XY_RR01_D9_2050.syd

```

```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50Dec=1397.3866-46.0660*X93/100000+263.3719*PCP01-87.9879*GCP01,
+44.7545*MIN(0.9042,MAX(-0.8733,PCP02)),
-42.0964*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),

```

```

-25.6460*MIN(0.8636,MAX(-0.8619,PCP04)),
+30.9926*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
+35.9953*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
-40.9284*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
-37.4030*MIN(0.9502,MAX(-0.9589,MCP10)),
+105.5010*MIN(1.1877,MAX(-1.1618,GCP02)),
+171.7179*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
-57.7345*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-32.7377*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
+41.2478*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+44.9296*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
+101.0678*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
+98.0409*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
-80.5988*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
+115.1326*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
-86.6189*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_D9_2050_Dec.syd
EXPORT "XY_RR01_D9_2050_Dec.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D9_50CP=1397.3866-46.0660*X93/100000+263.3719*PCP01-87.9879*GCP01,
+44.7545*MIN(0.9042,MAX(-0.8733,PCP02)),
-42.0964*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
-25.6460*MIN(0.8636,MAX(-0.8619,PCP04)),
+30.9926*MIN(0.8938,MAX(-0.8426,PCP05)),
+35.9953*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
-40.9284*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
-37.4030*MIN(0.9502,MAX(-0.9589,MCP10)),
+105.5010*MIN(1.1877,MAX(-1.1618,GCP02)),
+171.7179*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
-57.7345*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-32.7377*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
+41.2478*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+44.9296*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
+101.0678*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
+98.0409*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
-80.5988*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
+115.1326*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
-86.6189*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_D9_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution RR01, décile 9 2000-2050
REM*****

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+PCP03+PCP11+PCP12+PCP14+MCP08+MCP14+GCP01+GCP03+GCP11,
+TCP01+TCP02+TCP03+TCP04+TCP05+TCP06+TCP07+TCP09+TCP12+TCP13+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_0050CP=-27.0853-2.9695*PCP03-4.5608*PCP11-3.9146*PCP12+4.5139*PCP14,
-3.9368*MCP08+4.1233*MCP14,
-49.2601*GCP01-30.2404*GCP03-3.9113*GCP11,

```

```

+42.8342*TCP01+21.6081*TCP02+26.1232*TCP03-26.4281*TCP04,
+27.4475*TCP05-27.4121*TCP06+8.3702*TCP07-14.7389*TCP09,
-20.1454*TCP12+9.8082*TCP13+10.0152*TCP14
LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
LET D9_0050Sta=DD9_0050CP+D9_0050CP
DROP X500..D9_0050
ESAVE Stations_RR01_DD9_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_0050=-27.0853-2.9695*PCP03-4.5608*PCP11-3.9146*PCP12+4.5139*PCP14,
-3.9368*MCP08+4.1233*MCP14,
-49.2601*GCP01-30.2404*GCP03-3.9113*GCP11,
+42.8342*TCP01+21.6081*TCP02+26.1232*TCP03-26.4281*TCP04,
+27.4475*TCP05-27.4121*TCP06+8.3702*TCP07-14.7389*TCP09,
-20.1454*TCP12+9.8082*TCP13+10.0152*TCP14

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_RR01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "XY_RR01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_RR01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
LET D9_0050CP=-27.0853-2.9695*PCP03-4.5608*PCP11-3.9146*PCP12+4.5139*PCP14,
-3.9368*MCP08+4.1233*MCP14,
-49.2601*GCP01-30.2404*GCP03-3.9113*GCP11,
+42.8342*TCP01+21.6081*TCP02+26.1232*TCP03-26.4281*TCP04,
+27.4475*TCP05-27.4121*TCP06+8.3702*TCP07-14.7389*TCP09,
-20.1454*TCP12+9.8082*TCP13+10.0152*TCP14

LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_0050 D9_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_RR01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_RR01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

RegETPe01CP.syc

```
REM Calcul et application des regressions sur CPs relief
REM*****

REM On n'exporte en fichiers texte que les versions opérationnelles

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM ETPe01, décile 1, année 2000
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+PCP04+GCP05+GCP13+GCP15+TCP04+TCP06+TCP08+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_00CP=5461.0146-310.4708*Z1000+59.0544*X100K-76.1553*Y100K-5.4243*PCP04,
          -7.1849*GCP05-3.9885*GCP13+3.9772*GCP15,
          -17.0209*TCP04-8.7180*TCP06+6.7832*TCP08+5.7191*TCP14
LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP
LET D1_00Sta=DD1_00CP+D1_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D1_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CP.syd
LET D1_00=5461.0146-310.4708*Z/1000+59.0544*X93/100000-76.1553*Y93/100000-5.4243*PCP04,
          -7.1849*GCP05-3.9885*GCP13+3.9772*GCP15,
          -17.0209*TCP04-8.7180*TCP06+6.7832*TCP08+5.7191*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D1_2000.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D1_00CP=5461.0146-310.4708*Z1000+59.0544*X100K-76.1553*Y100K-5.4243*PCP04,
          -7.1849*GCP05-3.9885*GCP13+3.9772*GCP15,
          -17.0209*TCP04-8.7180*TCP06+6.7832*TCP08+5.7191*TCP14
LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D1_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM ETPe01, décile 1, année 2050
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT
```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+TCP04+TCP06+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_50CP=6172.7807-359.4828*Z1000+62.2779*X100K-85.0945*Y100K,
-15.2773*TCP04-8.3893*TCP06+15.3314*TCP08
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP
LET D1_50Sta=DD1_50CP+D1_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D1_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50=6172.7807-359.4828*Z/1000+62.2779*X93/100000-85.0945*Y93/100000,
-15.2773*TCP04-8.3893*TCP06+15.3314*TCP08
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D1_2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D1_50CP=6172.7807-359.4828*Z1000+62.2779*X100K-85.0945*Y100K,
-15.2773*TCP04-8.3893*TCP06+15.3314*TCP08
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D1_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution ETPe01, décile 1 2000-2050
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+PCP01+TCP01+TCP03+TCP08+TCP10
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_0050CP=139.7986-20.4608*PCP01+13.1869*TCP01-10.6613*TCP03+6.6320*TCP08-4.1441*TCP10
LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
LET D1_0050Sta=DD1_0050CP+D1_0050CP
DROP X500..D1_0050
ESAVE Stations_ETPe01_DD1_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_0050=139.7986-20.4608*PCP01+13.1869*TCP01-10.6613*TCP03+6.6320*TCP08-4.1441*TCP10
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
LET D1_0050CP=139.7986-20.4608*PCP01+13.1869*TCP01-10.6613*TCP03+6.6320*TCP08-4.1441*TCP10

LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_0050 D1_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM ETPe01, décile 5, année 2000
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+PCP04+GCP05+GCP13+GCP15+TCP04+TCP06+TCP08+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_00CP=5526.1206-315.0684*Z1000+60.4496*X100K-76.6400*Y100K-5.5472*PCP04,
-7.0121*GCP05-3.9199*GCP13+4.0684*GCP15,
-17.4976*TCP04-8.2538*TCP06+6.1907*TCP08+5.6215*TCP14
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP
LET D5_00Sta=DD5_00CP+D5_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D5_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CP.syd
LET D5_00=5526.1206-315.0684*Z/1000+60.4496*X93/100000-76.6400*Y93/100000-5.5472*PCP04,
-7.0121*GCP05-3.9199*GCP13+4.0684*GCP15,
-17.4976*TCP04-8.2538*TCP06+6.1907*TCP08+5.6215*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D5_2000.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D5_00CP=5526.1206-315.0684*Z1000+60.4496*X100K-76.6400*Y100K-5.5472*PCP04,
-7.0121*GCP05-3.9199*GCP13+4.0684*GCP15,
-17.4976*TCP04-8.2538*TCP06+6.1907*TCP08+5.6215*TCP14
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D5_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM ETPe01, décile 5, année 2050
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+TCP04+TCP06+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_50CP=6189.3814-363.2367*Z1000+64.5756*X100K-84.9176*Y100K,
      -14.6420*TCP04-7.4783*TCP06+15.4774*TCP08
LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP
LET D5_50Sta=DD5_50CP+D5_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D5_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50=6189.3814-363.2367*Z/1000+64.5756*X93/100000-84.9176*Y93/100000,
      -14.6420*TCP04-7.4783*TCP06+15.4774*TCP08
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D5_2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D5_50CP=6189.3814-363.2367*Z1000+64.5756*X100K-84.9176*Y100K,
      -14.6420*TCP04-7.4783*TCP06+15.4774*TCP08

LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D5_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution ETPe01, décile 5 2000-2050
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+X100K+PCP01+TCP01+TCP03+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_0050CP=98.4382+6.1158*X100K-22.7019*PCP01+10.3966*TCP01-12.2465*TCP03+6.5268*TCP08
LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
LET D5_0050Sta=DD5_0050CP+D5_0050CP
DROP X500..D5_0050
ESAVE Stations_ETPe01_DD5_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd

```

```

LET D5_0050=98.4382+6.1158*X93/100000-22.7019*PCP01+10.3966*TCP01-12.2465*TCP03+6.5268*TCP08
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D5_0050=D5_50-D5_00
LET D5_0050CP=98.4382+6.1158*X100K-22.7019*PCP01+10.3966*TCP01-12.2465*TCP03+6.5268*TCP08

LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D5_0050 D5_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM ETPe01, décile 9, année 2000
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+MCP01+GCP04+GCP13+GCP15+TCP02+TCP04+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_00CP=5365.7003-362.1531*Z1000+55.8912*X100K-72.8394*Y100K+30.3458*MCP01,
-6.8061*GCP04-4.4303*GCP13+4.5374*GCP15,
-8.5008*TCP02-13.9328*TCP04+8.5601*TCP08
LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP
LET D9_00Sta=DD9_00CP+D9_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D9_2000.syd

REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00=5365.7003-362.1531*Z/1000+55.8912*X93/100000-72.8394*Y93/100000+30.3458*MCP01,
-6.8061*GCP04-4.4303*GCP13+4.5374*GCP15,
-8.5008*TCP02-13.9328*TCP04+8.5601*TCP08

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D9_2000.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D9_00CP=5365.7003-362.1531*Z1000+55.8912*X100K-72.8394*Y100K+30.3458*MCP01,
-6.8061*GCP04-4.4303*GCP13+4.5374*GCP15,
-8.5008*TCP02-13.9328*TCP04+8.5601*TCP08

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D9_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM ETPe01, décile 9, année 2050
REM*****

```

```

USE Stats_ETPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Z1000+X100K+Y100K+PCP04+TCP04+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_50CP=6101.3654-356.6212*Z1000+66.6105*X100K-83.1534*Y100K,
          -6.9481*PCP04-12.4016*TCP04+15.6671*TCP08
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP
LET D9_50Sta=DD9_50CP+D9_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_ETPe01_D9_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50=6101.3654-356.6212*Z/1000+66.6105*X93/100000-83.1534*Y93/100000,
          -6.9481*PCP04-12.4016*TCP04+15.6671*TCP08
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_D9_2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D9_50CP=6101.3654-356.6212*Z1000+66.6105*X100K-83.1534*Y100K,
          -6.9481*PCP04-12.4016*TCP04+15.6671*TCP08
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_D9_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution ETPe01, décile 9 2000-2050
REM*****

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+X100K+PCP01+TCP01+TCP03+TCP08
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_0050CP=83.4072+8.3811*X100K-23.0248*PCP01+8.3256*TCP01-12.3342*TCP03+7.5308*TCP08
LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
LET D9_0050Sta=DD9_0050CP+D9_0050CP
DROP X500..D9_0050
ESAVE Stations_ETPe01_DD9_2000-2050.syd

```

```

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_0050=83.4072+8.3811*X93/100000-23.0248*PCP01+8.3256*TCP01-12.3342*TCP03+7.5308*TCP08

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_ETPe01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "XY_ETPe01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_ETPe01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
LET D9_0050CP=83.4072+8.3811*X100K-23.0248*PCP01+8.3256*TCP01-12.3342*TCP03+7.5308*TCP08

LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_0050 D9_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_ETPe01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_ETPe01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

RegBHPe01CP.syc

```
REM Calcul et application des regressions sur CPs relief
REM*****

REM On n'exporte en fichiers texte que les versions opérationnelles

FPATH "C:\EspaceSYSTAT\CA23\CartoACP"

REM BHPe01, décile 1, année 2000
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_00= CONSTANT+PCP01+PCP06+PCP07+MCP09+GCP02+GCP03+GCP06+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13,
          +TCP01+TCP03+TCP04+TCP05+TCP07+TCP10+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_00CP=-143.1932+250.0853*PCP01+24.5955*PCP06+23.5591*PCP07+19.2658*MCP09,
          +44.5964*GCP02+116.1067*GCP03-16.6062*GCP06-36.1909*GCP08,
          -21.0765*GCP10+31.1761*GCP11+31.0775*GCP13,
          -200.4637*TCP01+42.4153*TCP03+83.5202*TCP04-53.7425*TCP05-59.1543*TCP07,
          -28.3966*TCP10+70.3011*TCP11-69.5358*TCP14

LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP
LET D1_00Sta=DD1_00CP+D1_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D1_2000.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CP.syd
LET D1_00=-143.1932+250.0853*PCP01+24.5955*PCP06+23.5591*PCP07+19.2658*MCP09,
          +44.5964*GCP02+116.1067*GCP03-16.6062*GCP06-36.1909*GCP08,
          -21.0765*GCP10+31.1761*GCP11+31.0775*GCP13,
          -200.4637*TCP01+42.4153*TCP03+83.5202*TCP04-53.7425*TCP05-59.1543*TCP07,
          -28.3966*TCP10+70.3011*TCP11-69.5358*TCP14

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D1_2000.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CP.syd
LET D1_00Dec=-143.1932+250.0853*PCP01-200.4637*TCP01,
          +24.5955*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
          +23.5591*MIN(0.8511,MAX(-0.8477,PCP07)),
          +19.2658*MIN(0.8631,MAX(-0.8790,MCP09)),
          +44.5964*MIN(1.1877,MAX(-1.1618,GCP02)),
          +116.1067*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
          -16.6062*MIN(1.0497,MAX(-1.3574,GCP06)),
          -36.1909*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          -21.0765*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
          +31.1761*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +31.0775*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          +42.4153*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
          +83.5202*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
          -53.7425*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
          -59.1543*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          -28.3966*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
          +70.3011*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          -69.5358*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D1_2000_Dec.syd
```

```

EXPORT "XY_BHPe01_D1_2000_Dec.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D1_00CP=-143.1932+250.0853*PCP01-200.4637*TCP01,
+24.5955*MIN(0.8452,MAX(-0.8571,PCP06)),
+23.5591*MIN(0.8511,MAX(-0.8477,PCP07)),
+19.2658*MIN(0.8631,MAX(-0.8790,MCP09)),
+44.5964*MIN(1.1877,MAX(-1.1618,GCP02)),
+116.1067*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
-16.6062*MIN(1.0497,MAX(-1.3574,GCP06)),
-36.1909*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-21.0765*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
+31.1761*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+31.0775*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
+42.4153*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
+83.5202*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
-53.7425*MIN(1.4591,MAX(-1.2788,TCP05)),
-59.1543*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
-28.3966*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
+70.3011*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
-69.5358*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

LET DD1_00CP=D1_00-D1_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D1_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D1_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D1_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM BHPe01, décile 1, année 2050
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_50= CONSTANT+PCP01+PCP06+MCP09+MCP12+GCP03+GCP06+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13,
+TCP01+TCP03+TCP04+TCP07+TCP10+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_50CP=-272.8249+275.0378*PCP01+18.6294*PCP06+16.8963*MCP09+17.1493*MCP12,
+106.5905*GCP03-27.9087*GCP06-29.9255*GCP08-
18.5749*GCP10+30.2887*GCP11+32.4006*GCP13,
-196.4595*TCP01+78.0890*TCP03+76.0240*TCP04-86.1439*TCP07,
-21.0879*TCP10+67.8151*TCP11-60.1460*TCP14

LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP
LET D1_50Sta=DD1_50CP+D1_50CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D1_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_50=-272.8249+275.0378*PCP01+18.6294*PCP06+16.8963*MCP09+17.1493*MCP12,
+106.5905*GCP03-27.9087*GCP06-29.9255*GCP08-
18.5749*GCP10+30.2887*GCP11+32.4006*GCP13,
-196.4595*TCP01+78.0890*TCP03+76.0240*TCP04-86.1439*TCP07,
-21.0879*TCP10+67.8151*TCP11-60.1460*TCP14

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D1_2050.syd
EXPORT "XY_BHPe01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D1_50CP=-272.8249+275.0378*PCP01+18.6294*PCP06+16.8963*MCP09+17.1493*MCP12,
+106.5905*GCP03-27.9087*GCP06-29.9255*GCP08-
18.5749*GCP10+30.2887*GCP11+32.4006*GCP13,
-196.4595*TCP01+78.0890*TCP03+76.0240*TCP04-86.1439*TCP07,
-21.0879*TCP10+67.8151*TCP11-60.1460*TCP14
LET DD1_50CP=D1_50-D1_50CP

DROP Type\$.Y93 D1_00.Y100K D1_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D1_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D1_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution BHPe01, décile 1 2000-2050
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D1_0050= CONSTANT+Z1000+Y100K+PCP01+GCP01+TCP03+TCP04+TCP06+TCP10
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D1_0050CP=-884.5193-97.7993*Z1000+12.0384*Y100K+53.7133*PCP01-15.8133*GCP01,
+26.5830*TCP03-11.8320*TCP04-13.1719*TCP06+10.4388*TCP10
LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
LET D1_0050Sta=DD1_0050CP+D1_0050CP
DROP X500..D1_0050
ESAVE Stations_BHPe01_DD1_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D1_0050=-884.5193-97.7993*Z/1000+12.0384*Y93/100000+53.7133*PCP01-15.8133*GCP01,
+26.5830*TCP03-11.8320*TCP04-13.1719*TCP06+10.4388*TCP10
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "XY_BHPe01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D1_0050=D1_50-D1_00
LET D1_0050CP=-884.5193-97.7993*Z1000+12.0384*Y100K+53.7133*PCP01-15.8133*GCP01,
+26.5830*TCP03-11.8320*TCP04-13.1719*TCP06+10.4388*TCP10

LET DD1_0050CP=D1_0050-D1_0050CP
DROP Type\$.Y93 D1_00.Y100K D1_0050 D1_0050CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_DD1_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_DD1_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

REM BHPe01, décile 5, année 2000
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

```
REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT
```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```
REGRESS
MODEL D5_00= CONSTANT+PCP01+PCP15+MCP03+MCP07+GCP01+GCP08+GCP11+GCP13,
              +TCP01+TCP07+TCP10+TCP11+TCP13+TCP14
ESTIMATE
EXIT
```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

```
LET D5_00CP=55.1599+327.8437*PCP01-25.4661*PCP15+27.9859*MCP03-26.4003*MCP07,
           -103.2275*GCP01-52.9215*GCP08+27.3304*GCP11+28.3406*GCP13,
           -112.6726*TCP01-106.1632*TCP07-33.7952*TCP10,
           +98.4782*TCP11+25.3897*TCP13-92.7218*TCP14
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP
LET D5_00Sta=DD5_00CP+D5_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D5_2000.syd
```

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```
USE XYZ_CPs.syd
LET D5_00=55.1599+327.8437*PCP01-25.4661*PCP15+27.9859*MCP03-26.4003*MCP07,
        -103.2275*GCP01-52.9215*GCP08+27.3304*GCP11+28.3406*GCP13,
        -112.6726*TCP01-106.1632*TCP07-33.7952*TCP10,
        +98.4782*TCP11+25.3897*TCP13-92.7218*TCP14
```

```
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D5_2000.syd
```

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```
USE XYZ_CPs.syd
LET D5_00Dec=55.1599+327.8437*PCP01-103.2275*GCP01-112.6726*TCP01,
          -25.4661*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
          +27.9859*MIN(0.9742,MAX(-0.9884,MCP03)),
          -26.4003*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          -52.9215*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          +27.3304*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +28.3406*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          -112.6726*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          -106.1632*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
          +98.4782*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          +25.3897*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
          -92.7218*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D5_2000_Dec.syd
EXPORT "XY_BHPe01_D5_2000_Dec.txt" /TYPE=ASCII
```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

```
LET D5_00CP=55.1599+327.8437*PCP01-103.2275*GCP01-112.6726*TCP01,
          -25.4661*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
          +27.9859*MIN(0.9742,MAX(-0.9884,MCP03)),
          -26.4003*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          -52.9215*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          +27.3304*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +28.3406*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          -112.6726*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          -106.1632*MIN(1.2064,MAX(-1.4344,TCP10)),
          +98.4782*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          +25.3897*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
          -92.7218*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
```

```
LET DD5_00CP=D5_00-D5_00CP
```

```

DROP Type$.Y93 D1_00.Y100K D5_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D5_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D5_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM BHPe01, décile 5, année 2050
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D5_50= CONSTANT+PCP01+PCP13+PCP15+MCP07+MCP13,
              +GCP01+GCP03+GCP06+GCP08+GCP10+GCP11+GCP13,
              +TCP01+TCP03+TCP04+TCP07+TCP11+TCP14

ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D5_50CP=-96.3141+336.7409*PCP01-20.3401*PCP13-20.9805*PCP15-24.5110*MCP07-29.6547*MCP13,
          -74.5589*GCP01+100.0305*GCP03-28.6346*GCP06-49.4100*GCP08,
          -23.1855*GCP10+28.6426*GCP11+31.0628*GCP13,
          -141.7442*TCP01+86.7484*TCP03+64.4426*TCP04-83.2252*TCP07+79.4738*TCP11-
64.8400*TCP14
LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP
LET D5_50Sta=DD5_50CP+D5_50CP
DROP X500.Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D5_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50=-96.3141+336.7409*PCP01-20.3401*PCP13-20.9805*PCP15-24.5110*MCP07-29.6547*MCP13,
          -74.5589*GCP01+100.0305*GCP03-28.6346*GCP06-49.4100*GCP08,
          -23.1855*GCP10+28.6426*GCP11+31.0628*GCP13,
          -141.7442*TCP01+86.7484*TCP03+64.4426*TCP04-83.2252*TCP07+79.4738*TCP11-
64.8400*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D5_2050.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_50Dec=-96.3141+336.7409*PCP01-74.5589*GCP01-141.7442*TCP01,
          -20.3401*MIN(0.8732,MAX(-0.8700,PCP13)),
          -20.9805*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
          -24.5110*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          -29.6547*MIN(0.9367,MAX(-0.9357,MCP13)),
          +100.0305*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
          -28.6346*MIN(1.0497,MAX(-1.3574,GCP06)),
          -49.4100*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          -23.1855*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
          +28.6426*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +31.0628*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          +86.7484*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
          +64.4426*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
          -83.2252*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          +79.4738*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          -64.8400*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D5_2050_Dec.syd
EXPORT "XY_BHPe01_D5_2050_Dec.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

```

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D5_50CP=-96.3141+336.7409*PCP01-74.5589*GCP01-141.7442*TCP01,
-20.3401*MIN(0.8732,MAX(-0.8700,PCP13)),
-20.9805*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
-24.5110*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
-29.6547*MIN(0.9367,MAX(-0.9357,MCP13)),
+100.0305*MIN(1.2562,MAX(-1.0324,GCP03)),
-28.6346*MIN(1.0497,MAX(-1.3574,GCP06)),
-49.4100*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
-23.1855*MIN(1.1046,MAX(-1.1648,GCP10)),
+28.6426*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+31.0628*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
+86.7484*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
+64.4426*MIN(1.2888,MAX(-1.4954,TCP04)),
-83.2252*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
+79.4738*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
-64.8400*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

LET DD5_50CP=D5_50-D5_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00.Y100K D5_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D5_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D5_2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Traitement direct évolution BHPe01, décile 5 2000-2050
REM*****

```

```

USE Stats_BHPe01_CP.syd

```

```

LET D5_0050=D5_50-D5_00
REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```

```

REGRESS
MODEL D5_0050= CONSTANT+PCP01+PCP03+MCP06+TCP02+TCP03+TCP04+TCP05+TCP06+TCP10
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

```

```

LET D5_0050CP=-153.7610+17.8924*PCP01+3.0242*PCP03-4.0661*MCP06,
-8.0009*TCP02+40.6328*TCP03-5.9208*TCP04,
+17.7261*TCP05-13.9099*TCP06+6.8086*TCP10
LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
LET D5_0050Sta=DD5_0050CP+D5_0050CP
DROP X500..D5_0050
ESAVE Stations_BHPe01_DD5_2000-2050.syd

```

```

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D5_0050=-153.7610+17.8924*PCP01+3.0242*PCP03-4.0661*MCP06,
-8.0009*TCP02+40.6328*TCP03-5.9208*TCP04,
+17.7261*TCP05-13.9099*TCP06+6.8086*TCP10
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "XY_BHPe01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

```

USE Stats_BHPe01_CP.syd

```

```

LET D5_0050=D5_50-D5_00
LET D5_0050CP=-153.7610+17.8924*PCP01+3.0242*PCP03-4.0661*MCP06,
-8.0009*TCP02+40.6328*TCP03-5.9208*TCP04,
+17.7261*TCP05-13.9099*TCP06+6.8086*TCP10
LET DD5_0050CP=D5_0050-D5_0050CP
DROP Type$.Y93 D1_00.Y100K D5_0050 D5_0050CP

```

```

SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_DD5_2000-2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_DD5_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM BHPe01, décile 9, année 2000
REM*****

```

```

USE Stats_BHPe01_CP.syd

```

```

REM Regression Z pour comparaison

```

```

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

```

```

REGRESS
MODEL D9_00= CONSTANT+PCP01+PCP03+PCP15+MCP07+MCP11+GCP01+GCP08+GCP11+GCP13+TCP07+TCP11+TCP13+TCP14
ESTIMATE
EXIT

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

```

```

LET D9_00CP=288.9563+406.1325*PCP01-41.7217*PCP03-28.4268*PCP15-39.1707*MCP07+29.5681*MCP11,
          -191.3770*GCP01-64.4889*GCP08+29.0633*GCP11+37.3863*GCP13,
          -116.9897*TCP07+124.9597*TCP11+40.6097*TCP13-105.2543*TCP14

```

```

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP
LET D9_00Sta=DD9_00CP+D9_00CP
DROP X500..Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D9_2000.syd

```

```

REM Application de la régression (non bornée) sur le domaine de cartographie

```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00=288.9563+406.1325*PCP01-41.7217*PCP03-28.4268*PCP15-39.1707*MCP07+29.5681*MCP11,
          -191.3770*GCP01-64.4889*GCP08+29.0633*GCP11+37.3863*GCP13,
          -116.9897*TCP07+124.9597*TCP11+40.6097*TCP13-105.2543*TCP14
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D9_2000.syd

```

```

REM Application de la régression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

```

```

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_00Dec=288.9563+406.1325*PCP01-191.3770*GCP01,
          -41.7217*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          -28.4268*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
          -39.1707*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          +29.5681*MIN(0.9010,MAX(-0.9634,MCP11)),
          -64.4889*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          +29.0633*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +37.3863*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          -116.9887*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
          +124.9597*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
          +40.6097*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
          -105.2543*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D9_2000_Dec.syd
EXPORT "XY_BHPe01_D9_2000_Dec.txt" /TYPE=ASCII

```

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

```

```

USE Stats_BHPe01_CP.syd

```

```

LET D9_00CP=288.9563+406.1325*PCP01-191.3770*GCP01,
          -41.7217*MIN(0.8656,MAX(-0.8883,PCP03)),
          -28.4268*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
          -39.1707*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
          +29.5681*MIN(0.9010,MAX(-0.9634,MCP11)),
          -64.4889*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
          +29.0633*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
          +37.3863*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
          -116.9887*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),

```

```

+124.9597*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
+40.6097*MIN(1.3251,MAX(-1.4012,TCP13)),
-105.2543*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

LET DD9_00CP=D9_00-D9_00CP

DROP Type$.Y93 D1_00.Y100K D9_00CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D9_2000.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D9_2000.txt" /TYPE=ASCII

REM BHPe01, décile 9, année 2050
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_50= CONSTANT+PCP01+PCP15+MCP03+MCP07+MCP10+GCP01+GCP08+GCP11+GCP13+TCP03+TCP07+TCP11+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_50CP=122.1183+429.1904*PCP01-38.2573*PCP15+47.7450*MCP03-45.9637*MCP07-29.6076*MCP10,
-198.1950*GCP01-56.5096*GCP08+31.8688*GCP11+34.3515*GCP13,
+91.3259*TCP03-88.4450*TCP07+112.1194*TCP11-89.3335*TCP14
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP
LET D9_50Sta=DD9_50CP+D9_50CP
DROP X500.Y100K
ESAVE Stations_BHPe01_D9_2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50=122.1183+429.1904*PCP01-38.2573*PCP15+47.7450*MCP03-45.9637*MCP07-29.6076*MCP10,
-198.1950*GCP01-56.5096*GCP08+31.8688*GCP11+34.3515*GCP13,
+91.3259*TCP03-88.4450*TCP07+112.1194*TCP11-89.3335*TCP14

DROP Z.TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D9_2050.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux déciles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50Dec=122.1183+429.1904*PCP01-198.1950*GCP01,
-38.2573*MIN(0.8604,MAX(-0.8617,PCP15)),
+47.7450*MIN(0.9742,MAX(-0.9884,MCP03)),
-45.9637*MIN(0.9246,MAX(-0.9625,MCP07)),
-29.6076*MIN(0.9502,MAX(-0.9589,MCP10)),
-56.5096*MIN(1.2531,MAX(-1.0911,GCP08)),
+31.8688*MIN(1.2101,MAX(-1.1077,GCP11)),
+34.3515*MIN(1.1319,MAX(-1.0692,GCP13)),
+91.3259*MIN(0.8724,MAX(-1.6062,TCP03)),
-88.4450*MIN(1.4319,MAX(-1.1499,TCP07)),
+112.1194*MIN(1.2471,MAX(-1.2952,TCP11)),
-89.3335*MIN(1.3669,MAX(-1.3388,TCP14))

DROP Z.TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D9_2050_Dec.syd

REM Application de la regression sur le domaine de cartographie,
REM avec bornage aux quintiles extrêmes des CP non apparentés à Z.

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_50Qui=122.1183+429.1904*PCP01-198.1950*GCP01,
-38.2573*MIN(0.4271,MAX(-0.4213,PCP15)),
+47.7450*MIN(0.4932,MAX(-0.5291,MCP03)),
-45.9637*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
-29.6076*MIN(0.4804,MAX(-0.4666,MCP10)),

```

```

-56.5096*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
+31.8688*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
+34.3515*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
+91.3259*MIN(0.6833,MAX(-1.1090,TCP03)),
-88.4450*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+112.1194*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
-89.3335*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_D9_2050_Qui.syd
EXPORT "XY_BHPe01_D9_2050_Qui.txt" /TYPE=ASCII

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D9_50CP=122.1183+429.1904*PCP01-198.1950*GCP01,
-38.2573*MIN(0.4271,MAX(-0.4213,PCP15)),
+47.7450*MIN(0.4932,MAX(-0.5291,MCP03)),
-45.9637*MIN(0.4740,MAX(-0.4708,MCP07)),
-29.6076*MIN(0.4804,MAX(-0.4666,MCP10)),
-56.5096*MIN(0.5995,MAX(-0.5054,GCP08)),
+31.8688*MIN(0.6390,MAX(-0.6288,GCP11)),
+34.3515*MIN(0.5759,MAX(-0.5671,GCP13)),
+91.3259*MIN(0.6833,MAX(-1.1090,TCP03)),
-88.4450*MIN(1.0473,MAX(-0.7964,TCP07)),
+112.1194*MIN(0.9457,MAX(-0.8170,TCP11)),
-89.3335*MIN(0.9277,MAX(-0.9087,TCP14))
LET DD9_50CP=D9_50-D9_50CP

DROP Type$.Y93 D1_00..Y100K D9_50CP
SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)
EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_D9_2050.syd
EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_D9_2050.txt" /TYPE=ASCII

REM Traitement direct évolution BHPe01, décile 9 2000-2050
REM*****

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00
REM Regression Z pour comparaison

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000
ESTIMATE
EXIT

REM Regression X,Y,Z,CPs après SPA

REGRESS
MODEL D9_0050= CONSTANT+Z1000+MCP03+MCP13+GCP06+TCP01+TCP03+TCP05+TCP06+TCP12+TCP14
ESTIMATE
EXIT

REM Application de la régression (non bornée) sur les points stations

LET D9_0050CP=-181.6768+31.7729*Z1000-5.2906*MCP03-5.2088*MCP13-3.7586*GCP06,
+9.2124*TCP01+42.3559*TCP03+25.8980*TCP05,
-20.0056*TCP06-6.9053*TCP12+8.8678*TCP14
LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP
LET D9_0050Sta=DD9_0050CP+D9_0050CP
DROP X500..D9_0050
ESAVE Stations_BHPe01_DD9_2000-2050.syd

REM Application de la regression (non bornée) sur le domaine de cartographie

USE XYZ_CPs.syd
LET D9_0050=-181.6768+31.7729*Z/1000-5.2906*MCP03-5.2088*MCP13-3.7586*GCP06,
+9.2124*TCP01+42.3559*TCP03+25.8980*TCP05,
-20.0056*TCP06-6.9053*TCP12+8.8678*TCP14

DROP Z..TCP15
ESAVE XY_BHPe01_DD9_2000-2050.syd
EXPORT "XY_BHPe01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII

```

REM Application de la régression choisie sur les points stations du domaine cartographié
REM et export du fichier des résidus d'estimation

USE Stats_BHPe01_CP.syd

LET D9_0050=D9_50-D9_00

LET D9_0050CP=-181.6768+31.7729*Z1000-5.2906*MCP03-5.2088*MCP13-3.7586*GCP06,
+9.2124*TCP01+42.3559*TCP03+25.8980*TCP05,
-20.0056*TCP06-6.9053*TCP12+8.8678*TCP14

LET DD9_0050CP=D9_0050-D9_0050CP

DROP Type\$.Y93 D1_00..Y100K D9_0050 D9_0050CP

SELECT (X500>=465500 AND X500<=896500) AND (Y500>=6223000 AND Y500<=6743000)

EXTRACT Stations_Resid_BHPe01_DD9_2000-2050.syd

EXPORT "Stations_Resid_BHPe01_DD9_2000-2050.txt" /TYPE=ASCII