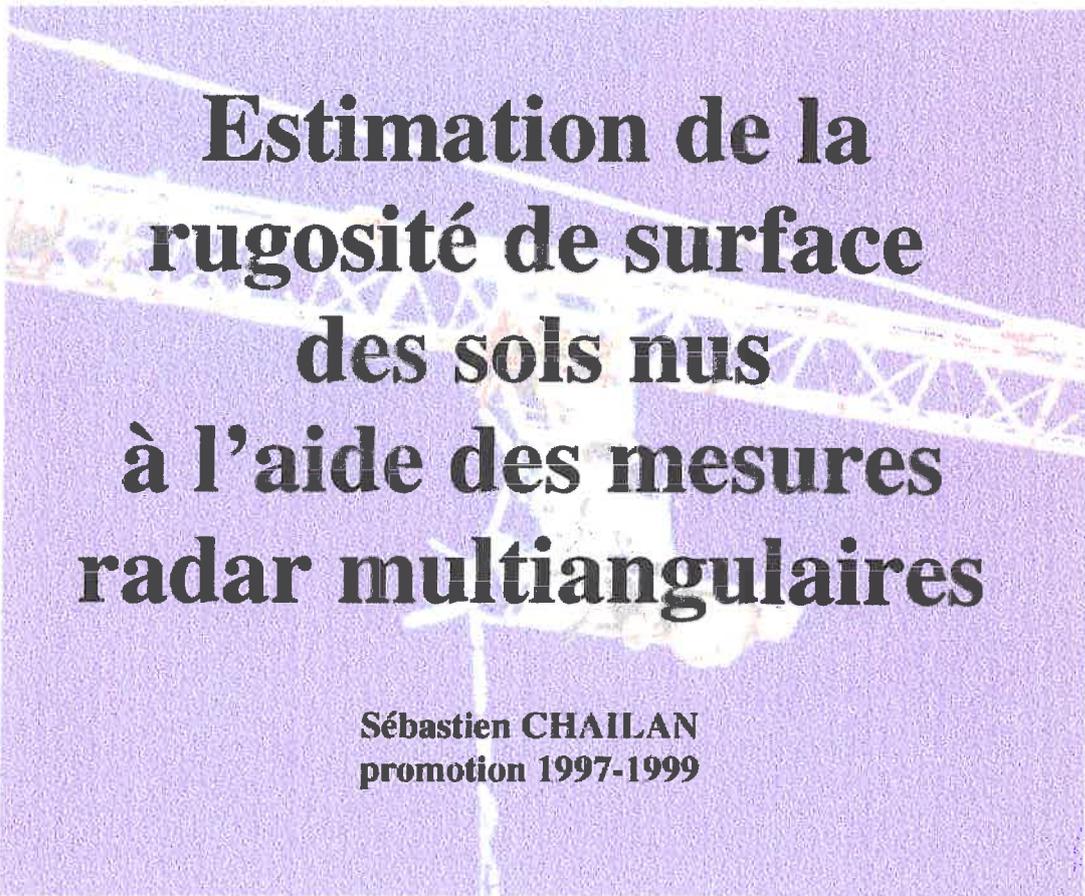




**Maîtrise des Sciences et Techniques
Géosciences et Géotechniques
1^{ère} année**



**Institut National de la
Recherche Agronomique
Sciences du sol - Avignon**



Estimation de la rugosité de surface des sols nus à l'aide des mesures radar multiangulaires

**Sébastien CHAILAN
promotion 1997-1999**

**Stage effectué
du
01 /07/98 au 15/09/98**

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier avant tout Madame **Christiane CARUBA**, directrice de la Maîtrise des Sciences et Techniques de Géosciences et Géotechniques, qui m'a donné la chance aujourd'hui, d'exploiter mes connaissances en entreprise.

Je remercie aussi Monsieur **Laurent BRUCKLER**, directeur de la station Science du Sol, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de L'I.N.R.A.

Mes remerciements vont également à Monsieur **André CHANZY**, mon maître de stage, pour avoir suivi et encadré mon travail pendant ces deux mois et demi. Grâce à lui, j'ai pu aussi avoir une initiation à la recherche qui n'est pas inintéressante.

Enfin, merci à toutes les personnes de la Station de Science du Sol de l'I.N.R.A. de MONTFAVET qui m'ont apporté aide et soutien.

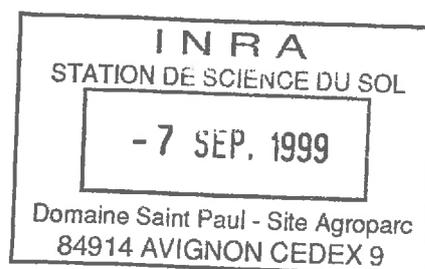


TABLE DES MATIERES

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| PREMIERE PARTIE : INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (I .N.R.A.) | |
| 1.1. Généralité | 2 |
| 1.2. L'I.N.R.A. en Avignon | 3 |
| DEUXIEME PARTIE :BASES PHYSIQUES DE LA TELEDETECTION HYPERFREQUENCES | |
| CHAPITRE 1 : INTERET DE LA TELEDETECTION EN HYPERFREQUENCES | 6 |
| 1.1. Définition et importance de la télédétection | 6 |
| 1.2. La télédétection micro-ondes | 6 |
| CHAPITRE 2 : LA MESURE RADAR | 7 |
| 2.1. Principe de la mesure radar | 7 |
| 2.2. Signification des mesures radar | 8 |
| <i>2.2.1. Interaction entre l'onde électromagnétique et le sol (surface rugueuse)</i> | 8 |
| <i>2.2.2. Facteurs de variations du signal liés à la surface</i> | 10 |
| 2.3. Conclusion | 12 |
| TROISIEME PARTIE : EXPERIENCES RADAR « RAMSES IV » | |
| CHAPITRE 1 : DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE | 13 |
| 1.1. Site expérimental | 13 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2. Le radar « RAMSES IV » | 14 |
| 1.3. Les mesures au sol | 17 |
| 1.4. L'étalonnage | 18 |
| CHAPITRE 2 : CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNEES | 19 |
| 2.1. Constituants de la base de données | 19 |
| 2.1.1. Les fichiers sources | 19 |
| 2.1.2. Importations des fichiers sources et filtres sur Excel 97 | 19 |
| 2.2. Logiciel « RADAR95 » | 21 |
| 2.2.1. Intérêt et présentation du logiciel | 21 |
| 2.2.2. Architecture globale de RADAR95 | 22 |
| 2.2.3. Les étapes intermédiaires lors de la conception de la base de données | 23 |
| 2.3. Conclusion | 24 |
| QUATRIEME PARTIE : RESULTATS, INTERPRETATION DES DONNEES | |
| CHAPITRE 1 : CONTROLE DE COHERENCE SUR LA BASE DE DONNEES | 25 |
| 1.1. Introduction : Langage S-Plus | 25 |
| 1.2. Observations d'après les représentations : | 25 |
| 1.2.1. Représentations graphiques de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps | 25 |
| 1.2.2. Courbes représentatives de σ_0 en fonction de θ , l'angle d'incidence | 28 |
| 1.2.3. représentation de σ_0 en fonction de l'humidité volumiques | 31 |
| 1.3. Conclusion | 35 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CHAPITRE 2 : ESTIMATION DE LA RUGOSITE EN FONCTION DE LA VARIATION DE LA SECTION EFFICACE DE RETRODIFFUSION ($\Delta\sigma_0$) | 35 |
| CONCLUSION GENERALE | 40 |
| BIBLIOGRAPHIE | |
| LISTE DES FIGURES | |
| LISTE DES TABLEAUX | |
| ANNEXE 1 : MANUEL D'UTILISATION DE RADAR95 | |
| ANNEXE 2 : LISTING DE LA PROGRAMMATION VISUAL BASIC SOUS EXCEL 97 | |

INTRODUCTION GENERALE

La télédétection radar fournit des informations sur la surface qui sont particulièrement utiles en hydrologie. Il s'agit notamment de l'humidité du sol et de la rugosité de surface. Dans la pratique, ces deux facteurs influencent la mesure radar et il est donc difficile de les appréhender indépendamment avec une seule configuration de mesure. Or, dans un proche avenir, de nouveaux capteurs multi-angulaires vont être sur le marché, ce qui permettra de faire des mesures radar sur une même zone selon des angles d'incidence différents. De ce fait, cette nouvelle technologie va peut-être apporter de nouvelles informations permettant de partager les deux principaux facteurs, l'humidité de surface et la rugosité.

En 1995, une campagne de mesures radar fut lancée sur le site de l'I.N.R.A., dans le but d'évaluer les possibilités d'utiliser l'écart entre les sections efficaces de rétrodiffusion ($\Delta\sigma_0$) à deux angles pour estimer la rugosité. Dans un premier temps, on teste la démarche sur les données acquises en conditions contrôlées sur le site d'Avignon. Cette première approche permet de tester plusieurs configurations de mesure radar (angle d'incidence, polarisation, azimut et fréquence).

Mon travail, dans un premier temps, a consisté à mettre en œuvre une base de données radar, à partir des données acquises lors de cette campagne à l'aide de l'application Excel et sa programmation intégrée Visual Basic. Dans un second temps, j'ai effectué une analyse des données afin d'évaluer la qualité du jeu de données et son adéquation à traiter le problème de l'estimation de la rugosité par une approche multi-angulaire.

Dans ce rapport, je présenterai rapidement les bases physiques de la télédétection hyperfréquence, puis j'expliquerai les différentes étapes à la création du logiciel RADAR95 permettant la constitution de la base des données acquises lors de l'expérience et enfin je présenterai les premiers résultats des interprétations de ces données.

PREMIERE PARTIE

**INSTITUT NATIONAL DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE
(I.N.R.A.)**



L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

1.1. Généralité

L'**I.N.R.A.** a été créée en 1946, alors dirigée par le ministère chargé de l'Agriculture. En 1984 l'institut devient un établissement à caractère scientifique et technique (E.P.S.T.), et se trouve placé sous la double tutelle du :

- ⇒ Ministère chargé de la Recherche et de la Technologie
- ⇒ Ministère chargé de l'Agriculture et des forêts

Sa mission (décret du 14/12/84) consiste à :

- ◆ Organiser et exécuter toutes les recherches intéressant l'agriculture et les industries qui lui sont liées ;
- ◆ Contribuer à l'élaboration de la politique nationale de la recherche ;
- ◆ Publier et diffuser les résultats de ses travaux ;
- ◆ Apporter son concours à la formation.

L'institut dispose d'un budget d'environ 2,5 milliards de francs, dont 85% proviennent de l'état et 20% de ses propres ressources. L'effectif du personnel permanent est de 8500 agents, ce qui place en troisième position des organismes de recherche français, après le Centre National de Recherche Scientifique (C.N.R.S.) et le Commissariat de l'Energie Atomique (C.E.A.).

L'**I.N.R.A.** a des relations avec près de 70 pays, avec lesquels il collabore et effectue des échanges. Il comprend 300 sites d'activités, soit 1100 hectares exploités dans le cadre d'un travail expérimental (figure I.1).

1.2. L'I.N.R.A. en Avignon

Le **Centre de Recherche Agronomique en Avignon** est l'un des plus importants sites avec 500 personnes réparties sur plusieurs domaines :

- ◆ Domaine Saint-Paul à Montfavet – Avignon
- ◆ Domaine Saint-Maurice à Montfavet – Avignon
- ◆ Site avenue Vivaldi, Avignon
- ◆ Domaine expérimental à Saint-Marcel-lès-valence
- ◆ Domaine d'Alénias à Perpignan
- ◆ Site à Bornes-les-Mimosas occupé par l'unité de Recherche des forêts
- ◆ Unité d'Economie rurale à Grenoble
- ◆ Unité de la biotechnologie des champignons filamenteux basée à l'université de Luminy à Marseille

L'**I.N.R.A.** est situé au cœur d'une région agricole. Ses chercheurs visent à améliorer les facteurs de productions maraîchère et fruitière, la gestion des forêts méditerranéennes, l'aménagement de l'espace rural, la **téledétection** et les biomathématiques. Les chercheurs collaborent avec d'autres centres **I.N.R.A.** et divers organismes de recherche scientifique et technique.

Domaine Saint-maurice

Ses unités de recherche sont :

- ◆ amélioration des Plantes Maraîchères
Création de nouvelles variétés de légumes adaptés aux conditions de production.
- ◆ Pathologie végétale
La lutte biologique et/ou chimique comprend généralement la lutte contre les champignons, bactéries et virus de la culture.
- ◆ G.R.I.S.P. : groupement Régional et Intérêts Scientifique Phytosanitaire.

Domaine saint-paul

Les unités de recherche sont :

- ◆ Bioclimatologie et la S.T.E.F.C.E.
- ◆ Laboratoire de Micro-informatique et d'automatique
- ◆ Biométrie
- ◆ Echophysologie et horticulture
- ◆ Phytopharmacie et GRAPPA
- ◆ Technologie des produits végétaux et fruits
- ◆ Amélioration des plantes, arboriculture fruitière

- ♦ Zoologie et apidologie
- ♦ Science du sol
- ♦ Ecodéveloppement
- ♦ Documentation
- ♦ services Généraux qui assurent la gestion du personnel

Effectuant mon stage dans l' **Unité de Science du Sol** , je ne développerais que celle-ci.

Unité de Science du Sol

L'objectif général de cette unité de recherche est la compréhension des processus et des phénomènes physiques qui ont lieu dans le sol ou en rapport avec le sol.

Les principaux axes de recherches sont :

- ♦ l'influence de l'état et de la constitution des sols sur la circulation de l'eau, des solutés, des gaz et de la chaleur
- ♦ Les mécanismes de contrôle de la qualité des eaux de surface et de profondeur, à l'échelle de la parcelle cultivée et du bassin versant
- ♦ Le rôle des propriétés mécaniques du sol sur la croissance racinaire

Du point de vue finalisé, les applications de ces travaux concernent les problèmes d'environnement, mais aussi l'optimisation des facteurs du milieu pour la croissance et le développement des couverts végétaux.

Les travaux sont effectués en équipe et sont répartis entre les analyses au laboratoire, les missions sur le terrain, et l'exploitation des résultats.

Les implantations de l'INRA



Figure I.1 : Les implantations de l'INRA.

DEUXIEME PARTIE

BASES PHYSIQUES DE LA TELEDETECTION HYPERFREQUENCES

CHAPITRE 1 : INTERET DE LA TELEDETECTION EN HYPERFREQUENCES

1.1. Définition et Importance de la télédétection

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet détecté. Sa définition officielle est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (COMITAS, 1988).

La télédétection moderne est née de la photographie aérienne, dont la vue générale et verticale a considérablement développé nos possibilités d'inventaire, de cartographie et de surveillance de l'environnement et des ressources depuis plus d'un siècle. Elle intègre les développements plus récents de la recherche spatiale, de la physique et de l'informatique pour constituer aujourd'hui un outil des plus puissants et des plus flexibles pour la gestion du milieu, la planification et le développement économique. Comme elle fait appel à des techniques en évolution rapide dans un monde en changement, ses possibilités d'applications sont en croissance constante et l'on découvre de plus en plus de domaines où elle peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles d'investigation, longues, coûteuses, fastidieuses. Elle apporte aussi une information nouvelle, différente et qui présente l'avantage d'être localisable dans l'espace. En particulier, la télédétection est la principale source d'information pour les études de la transformation du globe dans le cadre des programmes internationaux de recherche sur les changements planétaires (climat, évolution du taux de CO₂, météorologie), et à ce titre, on peut considérer qu'elle intervient directement dans la conscience écologique de nos sociétés.

1.2. La télédétection micro-onde

La télédétection dans le domaine des micro-ondes, ou hyperfréquences (1 à 100 GHz), peut être envisagée selon deux principes différents. On distingue habituellement le domaine « passif », appelé ainsi parce que l'on enregistre que l'émission naturelle des surfaces visées, du domaine « actif » où l'on « illumine » artificiellement la surface avec un radar pour interpréter le signal rétrodiffusé (voir plus loin).

Dans les hyperfréquences passives, on étudie essentiellement des phénomènes d'émission dont les manifestations et la physique sous-jacente ressemblent beaucoup à ce que l'on observe dans le domaine de l'infrarouge thermique.

Dans les hyperfréquences actives, on étudie la rétrodiffusion du signal envoyé sur la cible à l'aide d'un radar (émetteur et récepteur), rétrodiffusion qui masque totalement l'émission naturelle de la surface.

Néanmoins, dans les hyperfréquences passives, les variations d'émission sont beaucoup plus importantes que dans le domaine thermique.

L'émission micro-onde des surfaces naturelles est aussi plus complexe que celle qui se produit dans le domaine thermique. L'émission micro-onde est fonction de la température et de l'émissivité. L'émissivité d'une surface dépend de la constante diélectrique du milieu ainsi que la fréquence de l'onde et de l'angle de visée du radiomètre. Des contraintes matérielles d'instrumentation empêchent également de balayer le spectre d'une manière continue car il faut une antenne spécifique pour chaque bande de fréquence. Toutefois, le potentiel d'application de la radiométrie en hyperfréquences est très important pour l'humidité des sols, l'étude de la neige et des glaces, l'océanographie, ainsi que pour la végétation.

CHAPITRE 2 : LA MESURE RADAR

2.1. Principe de la mesure radar

Les radars utilisés en télédétection, sont des systèmes actifs qui émettent un rayonnement électromagnétique de fréquence comprise entre 1 GHz et 20 GHz. Le rayonnement réfléchi est mesuré selon la direction de propagation du rayonnement incident (Figure II.1). On parle dans ce cas de rayonnement rétrodiffusé. Un certain nombre de paramètres liés au fonctionnement du radar doivent être définis. Il s'agit :

- ⇒ de la fréquence ν
- ⇒ des polarisations des rayonnements émis et réfléchis
(H et V pour les polarisations horizontales et verticales)
- ⇒ de l'angle d'incidence θ

Le choix d'un jeu de ces paramètres constitue une configuration du radar. Les mesures radar sont la plupart du temps exprimées sous forme de section efficace de rétrodiffusion (σ_0). Celle-ci est une caractéristique de la surface observée, qui quantifie son pouvoir de rétrodiffusion. C'est donc à cette grandeur qu'aboutiront les traitements du signal radar. En raison de sa forte dynamique de variation, σ_0 la plupart du temps exprimée en décibel :
($P(\text{dB}) = 10\log_{10} P$).

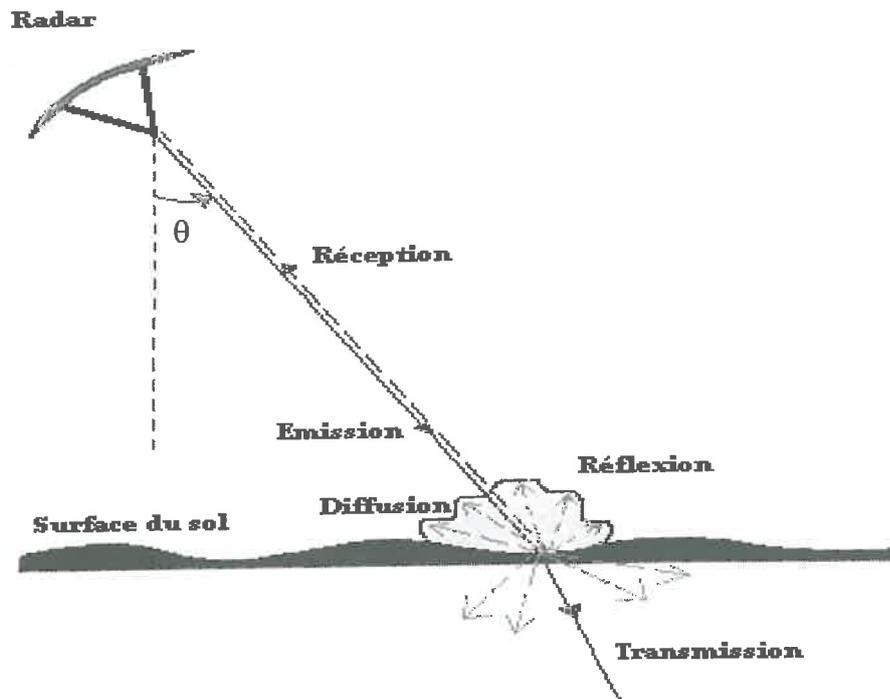


Figure II.1 : Schéma de principe de la mesure radar

2.2. Signification des mesures radar

2.2.1. Interaction entre l'onde électromagnétique et le sol (surface rugueuse)

Considérons deux milieux : l'air dans lequel se propage une onde incidente et le sol qui présente des propriétés diélectriques différentes. Ces deux milieux sont séparés par une surface pouvant avoir une forme quelconque dans les trois dimensions de l'espace.

Lorsqu'une onde électromagnétique se propageant dans l'air rencontre une surface lisse et infiniment grande, nous avons un partage de l'énergie véhiculée par le rayonnement incident, en une onde réfléchie et une onde transmise dans le sol. Dans ce cas, nous avons une réflexion spéculaire, avec une onde réfléchie qui se propage selon une direction, symétrique par rapport à la normale, de la direction incidente (Figure II.2 a).. Le partage de l'énergie entre les ondes transmises et réfléchies est caractérisé par la réflectivité qui dépend des propriétés diélectriques du sol.

Quand la surface n'est pas plane mais rugueuse, la réflexion se fait dans toutes les directions de l'espace : elle est alors diffuse (Figure II.2 b).. La répartition de l'énergie selon les directions de l'espace dépend de la rugosité.

L'énergie transmise dans le sol est en partie absorbée et en partie réfléchi. Le sol n'étant jamais un milieu homogène, les réflexions dans le sol se font de manière diffuse, nous parlerons de diffusion de volume. On considère généralement que l'épaisseur du sol qui participe à ce processus est de l'ordre de la longueur d'onde λ .

Le processus de rétrodiffusion des ondes radar affecte donc un volume de sol de quelques centimètres d'épaisseur. Deux facteurs auront un rôle prédominant : la rugosité qui gouverne la répartition du rayonnement réfléchi dans toutes les directions de l'espace, et la réflectivité dépendant de la permittivité diélectrique, qui règle le partage énergétique entre les ondes réfléchies et transmises dans le sol.

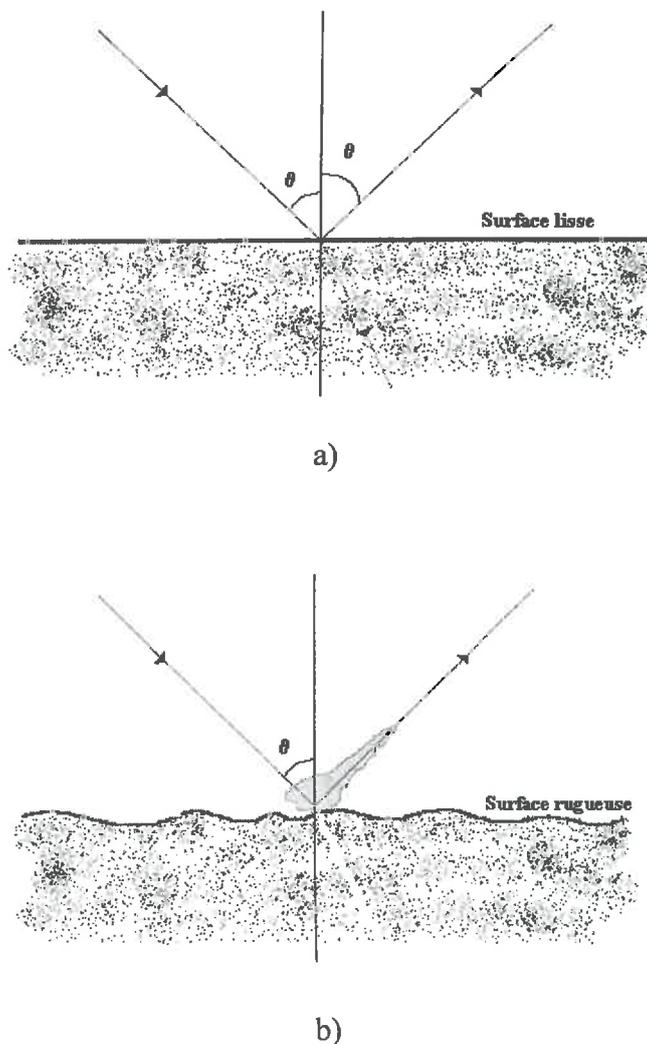


Figure II.2 : Schéma de principe de la réflexion d'une onde électromagnétique sur :
a) une surface lisse
b) une surface rugueuse

2.2.3. Facteurs de variations du signal liés à la surface

La réponse radar d'un sol nu est simultanément influencée par plusieurs facteurs qui sont par ordre décroissant d'importance :

- ⇒ l'humidité et la rugosité
- ⇒ la texture

L'importance relative de chacun de ces facteurs dépend de la configuration du radar. Par exemple, en bande C aux faibles incidences, l'humidité est un facteur prépondérant tandis qu'aux grandes incidences, c'est l'effet de la rugosité qui est important. Pour extraire une information du signal radar, telle que l'humidité, il convient soit de combiner plusieurs configurations soit d'en choisir une qui minimise les effets de rugosité.

↳ La rugosité influence les redistributions dans l'espace d'un rayonnement incident lorsqu'il rencontre une surface. Son effet se situe entre deux cas extrêmes qui sont d'une part, une réflexion spéculaire lorsque le sol est lisse, et d'autre part, une réflexion lambertienne (absence de direction privilégiée) pour les sols très rugueux. La rugosité a donc pour effet direct sur la décroissance angulaire de σ_0 (Figure II.3) qui est plus marquée pour les sols lisses, sur lesquelles la réflexion est essentiellement spéculaire. On remarque que cette décroissance apparaît nettement dans le domaine d'angles d'incidence assez petits.

Une propriété intéressante pour estimer la rugosité serait d'étudier la variation de la section efficace de rétrodiffusion ($\Delta\sigma_0$) pour deux angles différents dans ce domaine là. En effet, elle permettrait, connaissant la variation de $\Delta\sigma_0$, de connaître l'aspect de surface du sol nu. Cette propriété reste encore à être vérifiée.

La notion de rugosité est à moduler en fonction de la longueur d'onde et de l'angle d'incidence. En effet, une surface qui est rugueuse pour une longueur d'onde, deviendra lisse pour une longueur plus grande.

L'effet rugueux dépend des ordres de grandeur entre la hauteur des aspérités (h) et la longueur d'onde λ . Par exemple, le critère de Rayleigh définit une surface comme rugueuse si h (dans la pratique on associe h à l'écart-type moyen des hauteurs appelé dans la suite HRMS) vérifie la relation :



Où :

- ◆ θ est l'angle d'incidence
- ◆ λ est la longueur d'onde
- ◆ h la hauteur des aspérités

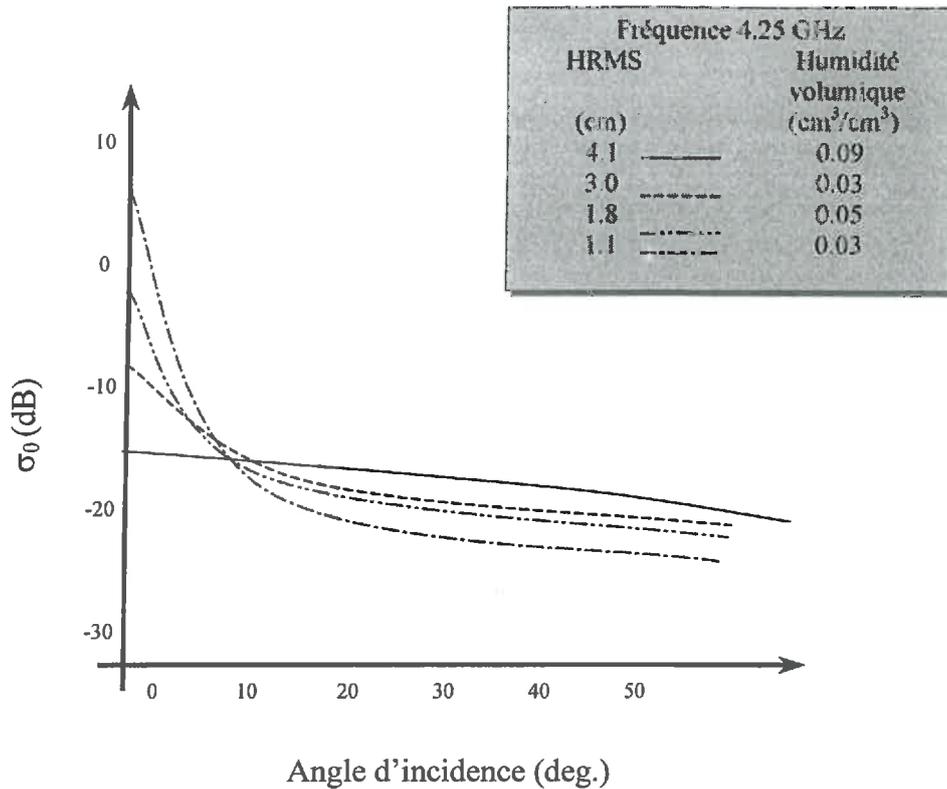


Figure II.3 : Comportement angulaire de la mesure radar (d'après *Ulaby et al., 1978*).

↳ L'humidité est un facteur non négligeable qui joue sur la constante diélectrique des sols. En effet, un sol est un assemblage composé de trois constituants : l'air, les particules solides et l'eau, ayant des permittivités diélectriques contrastées. La permittivité diélectrique relative de l'air est prise par référence égale à 1. Dans le sol, la permittivité diélectrique de l'eau est fonction des fractions relatives de l'eau électriquement liée et de l'eau libre. L'eau liée a une permittivité diélectrique $\cong 3$ et l'eau libre $\cong 80$. Il est donc possible de prévoir que la permittivité du sol dépend principalement de sa teneur en eau (GUERIN, 1984) donc de l'humidité.

La figure II.4 montre les variations des valeurs de la permittivité diélectrique d'un sol en fonction de sa teneur en eau.

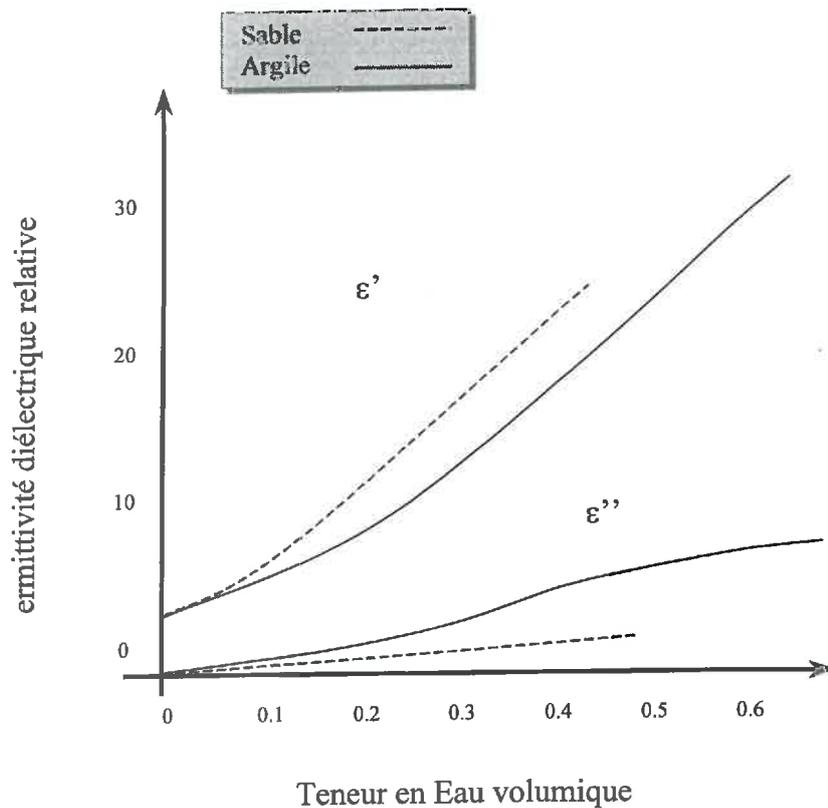


Figure II.4 : Relation « teneur en eau – permittivité diélectrique (ϵ' étant la partie réelle et ϵ'' la partie imaginaire) » pour deux sols de texture différente. (D'après *Ulaby et al., 1982*).

2.3. Conclusion

La signature angulaire d'une surface de sol nu est fortement influencée à la fois par la rugosité de surface mais aussi par la teneur en eau volumique. Il est donc difficile d'estimer par exemple l'état de surface du sol nu. Il faut pour cela choisir une configuration adéquate qui minimise l'humidité.

En ce qui nous concerne, rappelons le, l'objectif que l'on se donne est de suivre le comportement de la rugosité en évaluant les possibilités d'utiliser l'écart entre les sections efficaces de rétrodiffusion ($\Delta\sigma_0$) à deux angles. En effet, on a maintenant la possibilité de faire des mesures radar sur une même zone selon deux angles d'incidence différents. Cet objectif vise à estimer la rugosité indépendamment de l'humidité de surface.

TROISIEME PARTIE

EXPERIENCES RADAR

« RAMSES IV »

CHAPITRE 1 : DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE

Lors du stage que j'ai effectué, mon travail fut de mettre en œuvre, un logiciel permettant de reconstituer une base de données de mesures radar, suite à une expérience faite en 1995, sur le site de l'I.N.R.A.. Dans la partie qui va suivre, je présenterai rapidement les différentes étapes et le matériel de l'expérience et la création du logiciel RADAR95.

1.1. Site expérimental

Pour l'acquisition des données, une campagne de mesures a été réalisée donc sur le site expérimental qui se situe au Domaine Saint Paul de l'I.N.R.A. d'Avignon, composé de trois parcelles, une grue de chantier pour fixer le radar, et un système d'irrigation. Les mesures se sont déroulées sur une période de cinq mois, du 15 mai au 28 août 1995. La photographie du dispositif est présentée à la figure III.1.

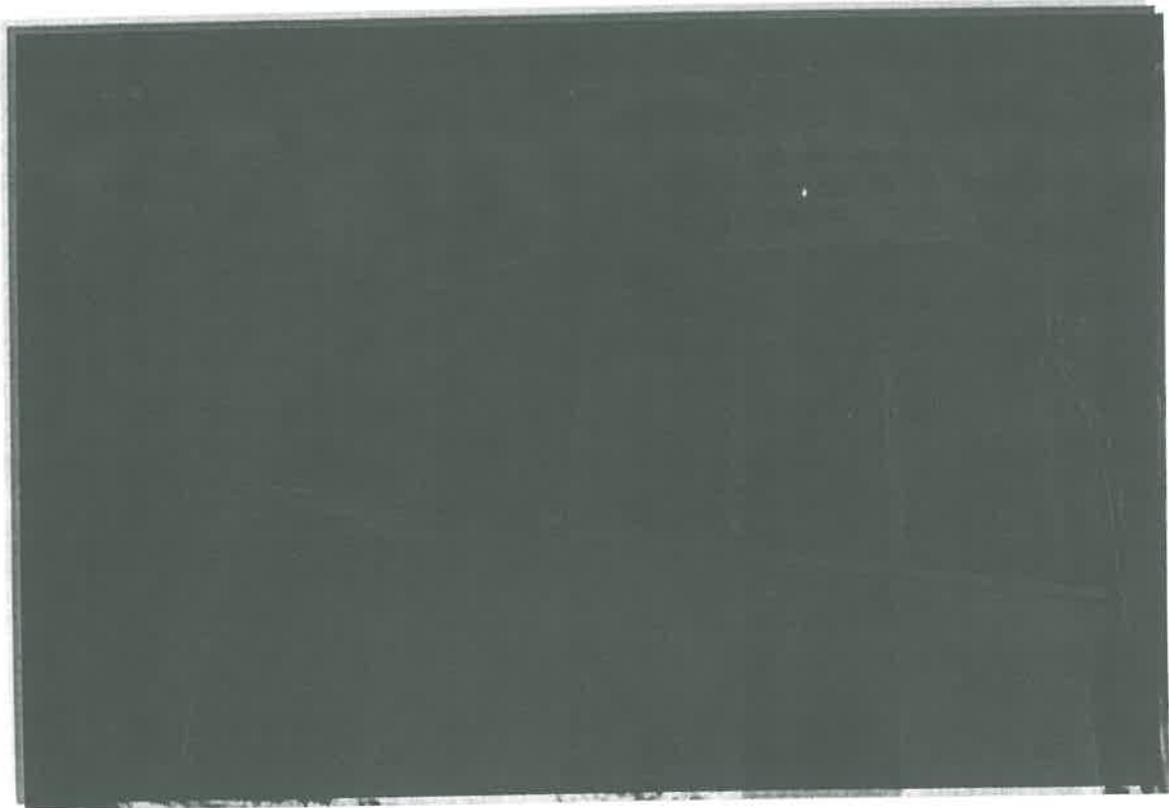


Figure III.1 : Photographie aérienne du site expérimental

En ce qui concerne les parcelles, elles sont numérotées de 1 à 3, mesurent 18 mètres de large et 40 mètres de long. Chacune d'entre elles présente un aspect de rugosité différent :

- ◆ parcelle 1 : aspect très rugueux
- ◆ parcelle 2 : aspect moyennement rugueux
- ◆ parcelle 3 : aspect lisse

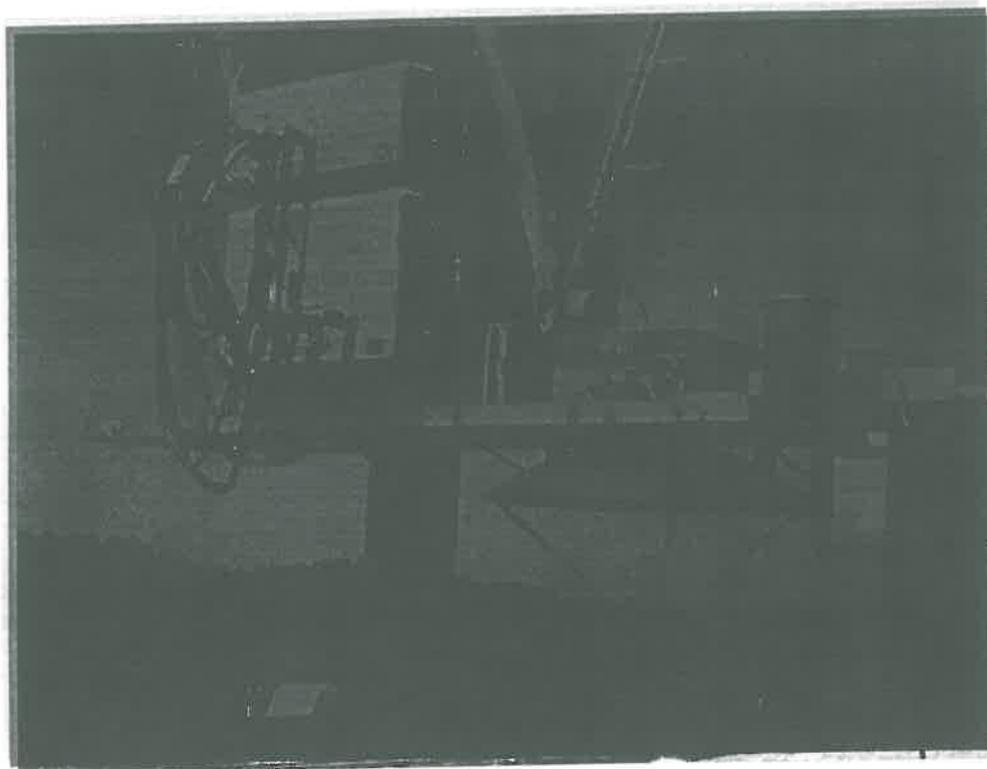
Lors de cette campagne de mesures, la parcelle 2 a été celle la plus exploitée du fait qu'elle fut d'une part, équipée d'un système d'irrigation, d'une instrumentation complémentaire dédiée à l'estimation du bilan hydrique et d'autre part, qu'elle présenta une surface moyennement rugueuse mais remaniée et de ce fait permet donc de mettre en jeu les deux facteurs principaux à savoir l'humidité et la rugosité.

1.2. Le radar « RAMSES IV »

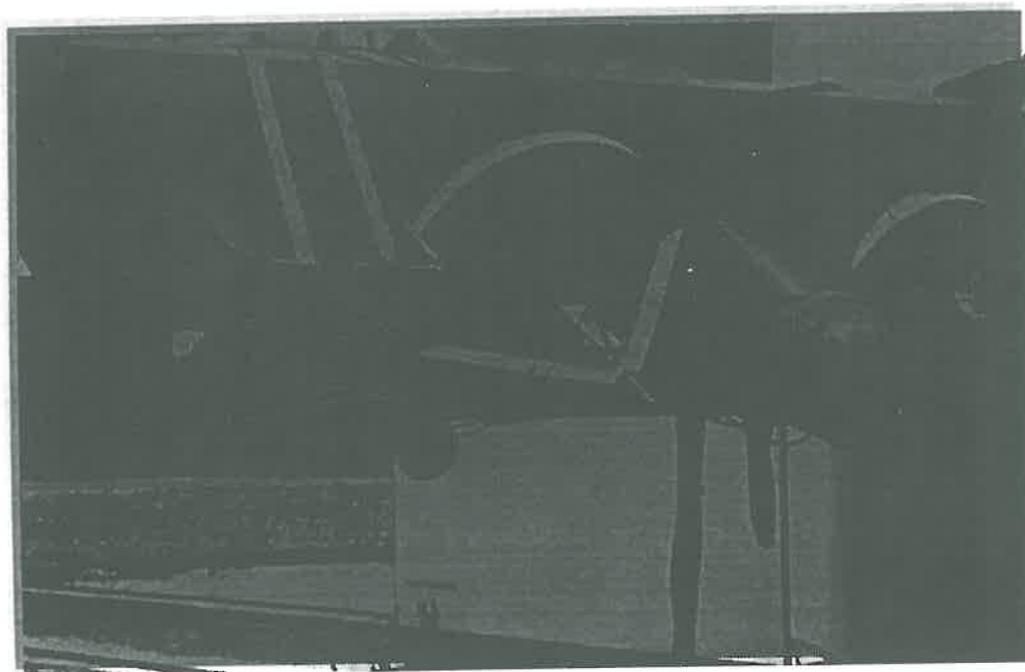
Toutes les mesures radar ont été réalisées avec le diffusiomètre RAMSES IV conçu par le Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.) dont les principales caractéristiques sont données dans le tableau III.1. Le radar est fixé sur une grue de chantier permettant d'avoir les antennes à une hauteur de 20m30 (figure III.2). Cette grue est montée sur des rails permettant un déplacement du radar de l'ordre de 100 mètres. L'interfaçage mécanique entre le radar et le chariot mobile de la grue est constitué d'une platine assurant les variations d'angle en incidence et en azimut. Le pilotage de RAMSES IV et l'acquisition des données sont gérés par un micro-ordinateur.



Figure III.2 : Le radar RAMSES IV monté sur la grue de chantier



a)



b)

Figure III.3 a) et b) : Radar RAMSES IV

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fréquences centrales (ν) | 5.3, 9.4, 13.4 GHz |
| Antenne d'émission | Cornet pour : <ul style="list-style-type: none"> ◆ polarisation horizontale (H) ◆ polarisation verticale (V) |
| Antenne de réception | Deux antennes paraboliques pour : <ul style="list-style-type: none"> ◆ $\nu = 5.3$ GHz ◆ $\nu = 9.4$ et 13.4 GHz |
| Demi-angle d'ouverture du lobe d'antenne à 3 Db ($\beta/2$) | <ul style="list-style-type: none"> ◆ 2.65° à 5.3 GHz ◆ 2.19° à 9.4 GHz ◆ 1.64° à 13.4 GHz |
| Source hyperfréquence | YIG bande large |
| Modulation de fréquence | Triangulaire : <ul style="list-style-type: none"> ◆ Excursion en fréquence ($\Delta\nu$) : 250 et 500 MHz ◆ Fréquence de modulation (f_m) : 66 Hz |
| Filtrage du signal basse fréquence | 1200 Hz |
| Autoétalonnage | Ligne à retard |

Tableau III.1 : Principales caractéristiques du radar RAMSES IV

1.3. Les mesures au sol

Des mesures de teneur en eau des couches superficielles du sol, de masse volumique et des profils de rugosité ont été réalisées en même temps que les mesures hyperfréquences actives.

⇒ Les masses volumiques sèches sont mesurées par une méthode radiométrique, à l'aide d'une sonde à transmission gamma ayant une précision de 20 à 30 Kg.m^{-3} (Bertuzzi et *al.*, 1987).

⇒ Les teneurs en eau volumiques (Θ) sont déduites des teneurs en eau massiques (H) et des masses volumiques sèches mesurées.



Avec :

- ◆ H teneur en eau massique
- ◆ P_h poids humide de l'échantillon
- ◆ P_s poids sec de l'échantillon



Avec :

- ◆ Θ teneur en eau volumique (humidité)
- ◆ H teneur en eau massique
- ◆ ρ_d densité sèche de l'échantillon correspondant

⇒ Les profils de rugosité de surface sont mesurés en utilisant un appareil de mesure automatique ou rugosimètre laser (Bertuzzi et *al.*, 1992). Le système de mesure sans contact est monté sur une poutre métallique en aluminium de deux mètres de long, et il se déplace automatiquement sur une longueur utile de deux mètres. L'ensemble du système de mesure est connecté à un système automatique de pilotage et d'acquisition de données. Les mesures de hauteur de relief sont acquises avec une résolution horizontale de 2 mm et avec une précision absolue inférieure à 0.25 mm.

1.4. L'étalonnage

RAMSES IV étant destiné à des mesures de coefficient de rétrodiffusion, un soin particulier a été apporté à la calibration. On retrouve donc les deux méthodes traditionnelles de calibration, à savoir une calibration interne et une calibration externe.

♦ calibration interne :

La calibration interne (ou « auto-étalonnage ») consiste à envoyer le signal émis sur une ligne à retard par l'intermédiaire d'un commutateur disposé juste en amont du guide menant au cornet d'admission, à atténuer ce signal de façon suffisante, et à le réinjecter dans la voie de réception juste en aval du guide provenant de l'antenne de réception. Dans sa configuration de terrain, on utilise pour RAMSES IV une ligne à retard de longueur physique 20 mètres, correspondant à 14.2 mètres de longueur électrique. Le but de cette calibration est de poursuivre en fait la dérive de l'instrument. Cela permet de nous renseigner sur sa fiabilité en ce qui concerne les mesures.

♦ calibration externe :

La calibration externe ou calibration absolue de l'instrument, consiste à réaliser des mesures sur des cibles SER connue. Dans notre cas, nous avons utilisé une sphère de Luneberg de 40 cm, ainsi que des trièdres à base carré de 28, 44, 70 et 90 cm d'arête. Pendant les périodes de mesure, ces calibreurs sont installés sur une parcelle spécialement aménagée (très lisse pour obtenir une réflexion spéculaire) et partiellement couverte d'absorbants pour éviter la superposition d'un écho de sol (éviter les doubles réflexions). La figure III.4 présente ces différents calibreurs.



Figure III.4 : Calibreurs mis en œuvre pour la campagne INRA95.
De gauche à droite : sphère de Luneberg, trièdre à base carrée de 28, 44, 70 et 90 cm.

CHAPITRE 2 : CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNEES

2.1. Constituants de la base de données

2.1.1. Les fichiers sources

A la fin de la campagne, toutes les données des mesures au sol et des mesures hyperfréquences actives ont été enregistrées dans des fichiers compressés au format ASCII (Figure III.5, étape ①). Les données d'humidité ont été, elles, sauvegardées dans des fichiers de format XLS, c'est à dire des fichiers compatibles avec Excel.

Les données des fichiers compressés contiennent tous les paramètres de configuration du radar RAMSES IV (azimut, fréquence, polarisation, angle d'incidence, heure à laquelle a été prise la mesure, puissances émise et reçu, etc.), (cf. 2.1.2.) et les données des sections efficace de rétrodiffusion (σ_0). Chaque fichier contient toute une série de mesures correspondant à différentes configurations radar et prise à des temps différents. Ces fichiers sont nommés de telle sorte qu'ils nous renseignent sur la date et la première heure des enregistrements.

Exemple : fichier « Rm160510.49 » signifie fichier comportant les données radar prises le 16 mai 1995 à partir de 10h49.

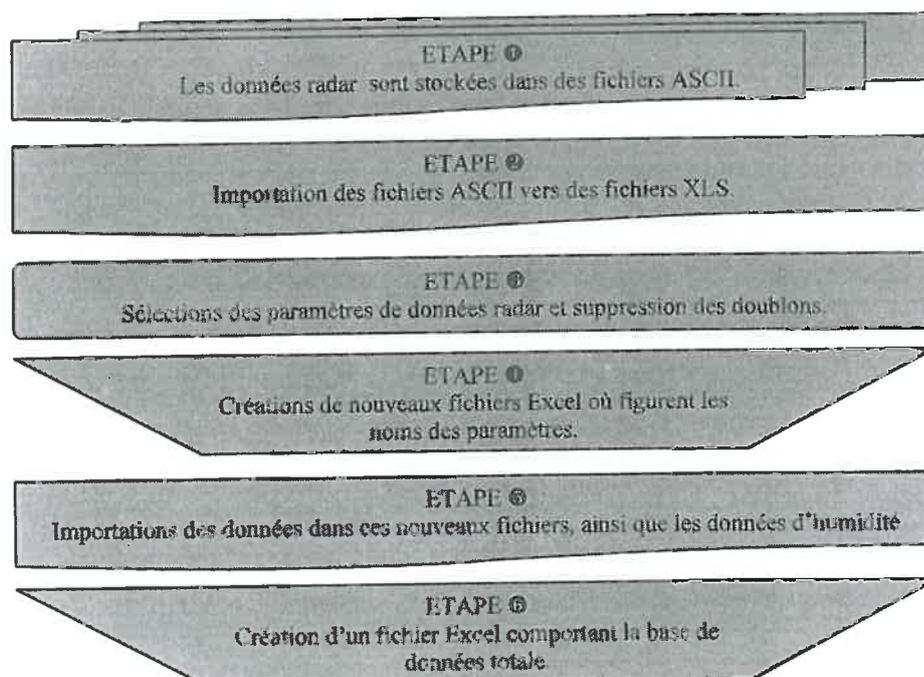


Figure III.5 : Schéma représentatif des différentes étapes qui contribuent à la réalisation de la base de données radar.

2.1.2. Importations des fichiers sources et filtrages sur Excel 97

une fois les données enregistrées, elles doivent être traitées durant les étapes d'interprétations des résultats. Cela nécessite donc un outil de travail, permettant à la fois de les manipuler et de les visualiser à l'écran.

L'application Excel fut donc choisi pour :

- ◆ Un certain confort dans la lecture des données
- ◆ Ses fonctions graphiques multiples permettant de choisir à la carte, les représentations que l'on désire voir affichées.
- ◆ Le langage de programmation Visual Basic intégré.

De ce fait, tous les fichiers sources sont importés sous Excel 97 (étape ②).

Une étape importante s'est déroulée à la suite de l'importation. Elle contribue à sélectionner d'une part des paramètres jugés intéressants pour la suite de notre étude et d'autre part à filtrer des données inutiles (mesures répétées lors de l'expérience, suite à d'éventuelles erreurs ou problèmes techniques). Cependant, ce filtrage est seulement appliqué sur les nouveaux fichiers importés et non sur les fichiers sources. En effet l'étape se fait par suppression définitive des données (étape ③). D'où l'intérêt de garder les données initiales en cas de mauvaises manipulations. Une fois fait, on enregistre ces modifications dans les mêmes fichiers qu'auparavant.

Les paramètres de mesures qui nous intéressent pour la suite sont définis ci-dessous :

⇒ **la date** : jour et mois de l'année 1995 quand ont été prises les mesures hyperfréquences actives.

⇒ **l'heure** : heure à laquelle ont été prises les mesures hyperfréquences actives. Ces données ont subi une étape manuelle intermédiaire à la suite du filtrage, à savoir une transformation décimale du format horaire.

Exemple : 12h45 ⇒ 12,75.

⇒ **la parcelle** : les données sont présentées de la façon suivante :

- ◆ SN1 si les mesures ont été prises sur la parcelle numéro 1, c'est à dire la plus rugueuse.
- ◆ SN2 si les mesures ont été prises sur la parcelle numéro 2.
- ◆ SN3 si les mesures ont été prises sur la parcelle numéro 3, celle qui présente un aspect de surface lisse.

⇒ **la fréquence** : trois fréquences possibles pour la configuration du radar ont été choisies : 3 GHz, 5.3 GHz et 9.4 GHz.

⇒ **la polarisation** : suivant la configuration radar, nous pouvons choisir 4 polarisations différentes, à savoir :

- ◆ une polarisation horizontale à l'émission et à la réception : HH.
- ◆ une polarisation verticale à l'émission et à la réception : VV.

- ♦ une polarisation croisée, c'est à dire horizontale à l'émission et verticale à la réception : HV.
- ♦ une polarisation croisée, verticale à l'émission et horizontale à la réception : VH.

⇒ **l'angle d'incidence** : le radar RAMSES IV, lors de la campagne de mesures, a pu mesurer les parcelles sous 4 angles différents : 20°, 30°, 40° et 50°.

⇒ **l'azimut** : grâce à la grue de chantier, il est possible de changer à tout moment la direction où pointe le radar par rapport à la parcelle. Durant l'expérience, deux azimuts différents ont été appliqués au radar. L'un où la flèche de la grue est dans le sens des rails et l'autre perpendiculairement (Figure III.6 a) et b)).

D'autres paramètres ont été gardés mais seulement à titre de renseignements supplémentaires sur les données. Ces paramètres sont :

- ♦ la fréquence synthétique ajustée
- ♦ le coefficient d'autoétalonnage
- ♦ le coefficient de l'atténuateur
- ♦ les puissances minimum et maximum reçues
- ♦ le nombre de séquence

Etant donné qu'ils n'interviendront pas lors des interprétations des résultats, ils ne seront point développés.

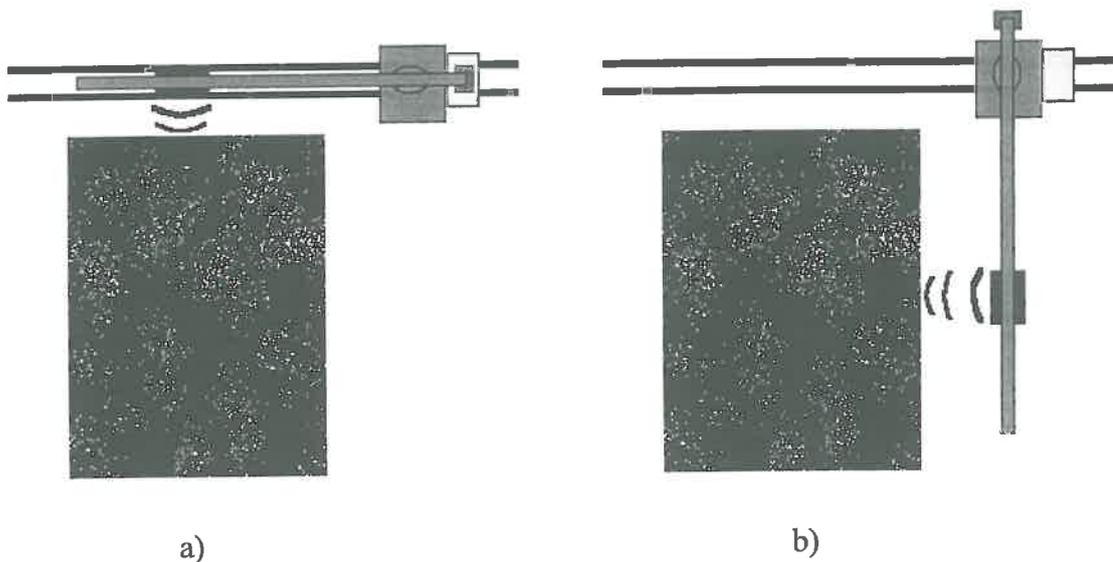


Figure III.6 : Schéma représentatif des deux différents azimuts appliqués au radar

a) azimut 0° ou 180°

b) azimut 90°

Mis à part les données hyperfréquences actives, les données prises au sol, telles les humidités de surface journalières, doivent être prises en compte pour la suite de l'étude. En effet, elles sont indispensables pour l'interprétation des résultats puisque l'humidité est un facteur aussi important que la section efficace de rétrodiffusion σ_0 (cf. PARTIE 2 ; 2.2.3.). Cependant, ces données, étant prises par couche successives (0-1 cm ; 1-2 cm ; 2-5 cm), il a fallu faire une pondération des résultats pour obtenir, pour chaque jour, une valeur d'humidité. Cette étape se fait manuellement et une fois terminée, toutes les valeurs calculées sont importées dans des fichiers Excel, de telle manière qu'il est possible de les fusionner avec les données radar précédentes. Il est pratique de garder le même format de fichier.

Une autre étape importante se déroule à la suite de cela. Rappelons que toutes les données radar sont enregistrées dans des fichiers correspondant à chaque jour de la campagne de mesures. De plus, toutes ces données n'ont pas de désignation. Donc il a fallu dans un premier temps, créer pour chaque jour, une feuille Excel présentée sous forme de colonne, introduisant les noms des différents paramètres qui vont pouvoir recevoir à nouveau les données (Figure III.7) (étape ④, étape ⑤). Ces différentes feuilles sont enregistrées en temps que nouveaux fichiers Excel et ce sont eux qui vont permettre par la suite d'aboutir à la base de données finale. Ils sont nommés de la même manière suivante :

Exemple : Rm160510.49.xls \Rightarrow Rad95_1605.xls

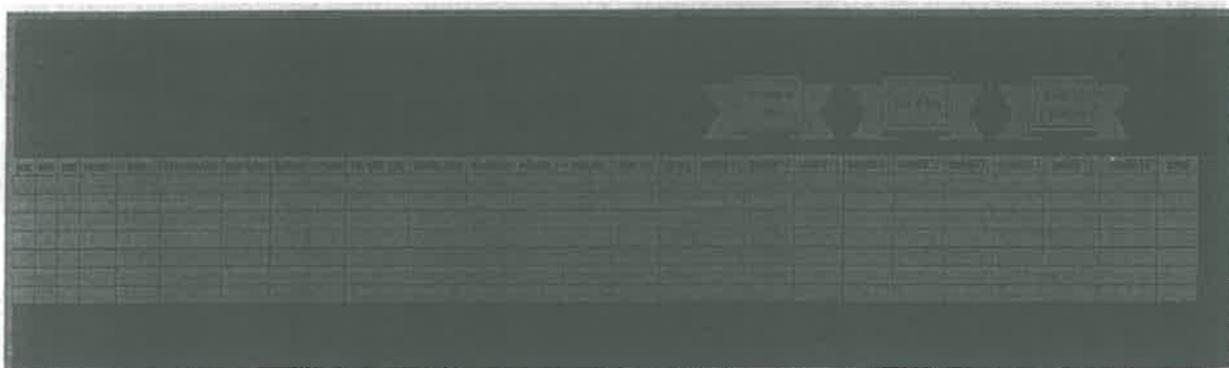


Figure III.7 : Format des fichiers journaliers contenant les données correspondantes

2.2. Logiciel « RADAR95 »

2.2.1. Intérêt et présentation du logiciel

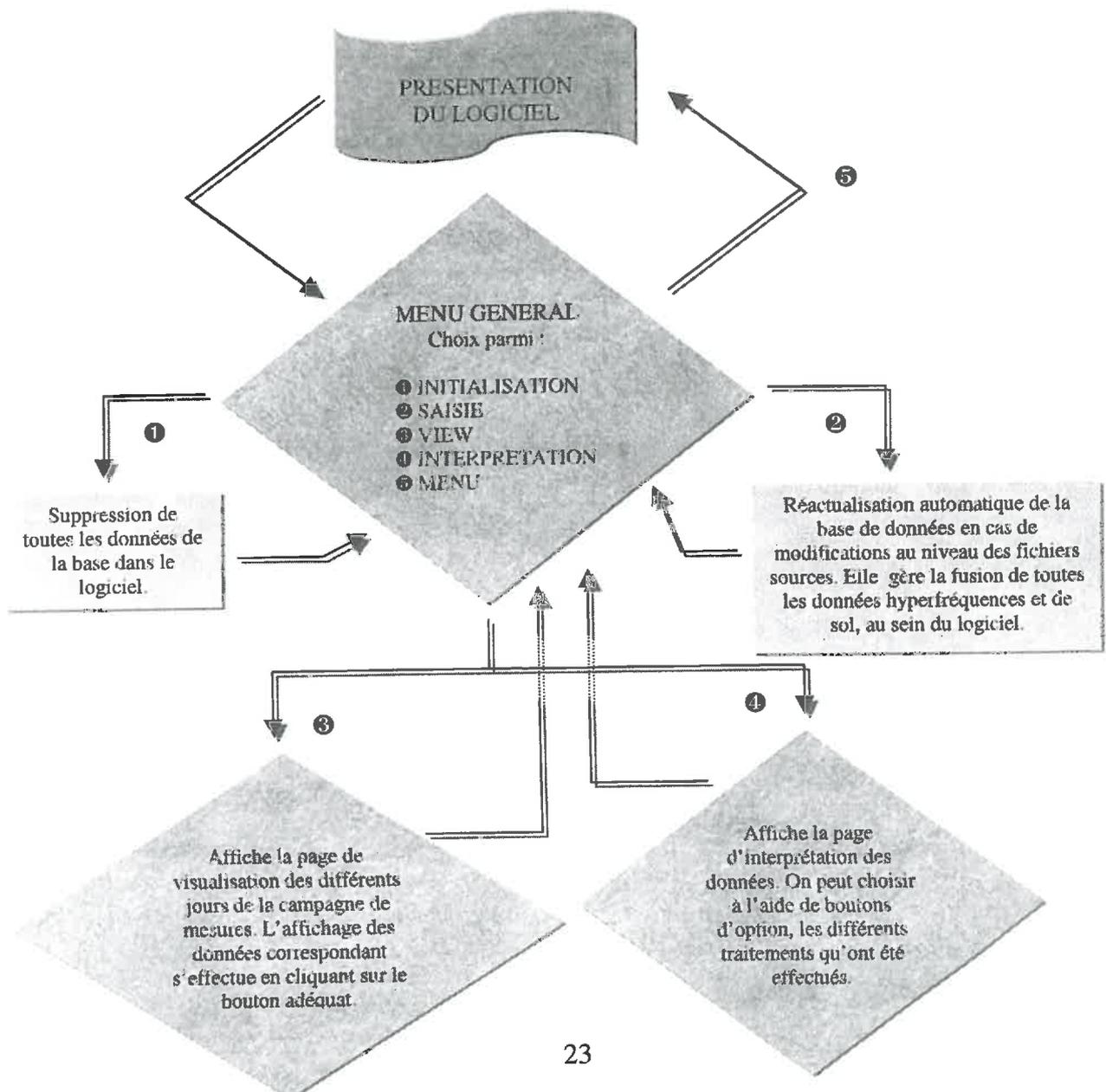
Toutes ces étapes pour arriver à la création de la base de données finale demande beaucoup de manipulations répétitives car il faut savoir que des données sont souvent modifiées ou rajoutées dans les fichiers sources. Pour éviter cela, j'ai conçu un logiciel permettant, à l'aide d'une programmation au sein d'Excel 97, de reconstituer toutes ces étapes *automatiquement*. Ce logiciel s'appelle **RADAR95**.

Ses principaux objectifs sont :

- ♦ pouvoir fusionner toutes les données à partir des nouveaux fichiers xls grâce à la programmation informatique intégré dans Excel, afin de visualiser entièrement la base de données à l'écran.
- ♦ utiliser les propriétés d'Excel en ce qui concerne les fonctions de filtrages automatiques pour d'éventuelles recherches proposées par l'utilisateur.
- ♦ donner un maximum de confort à l'utilisateur pour visualiser les données et les travaux de recherches effectués, au moyen de menus.

Un manuel d'utilisation du logiciel est proposé en Annexe 1. Ce manuel vous donne rapidement les étapes à franchir pour arriver à la page de visualisation de la base toute entière. Il vous permet également de découvrir les différents menus proposés qui vous permettent de jeter un œil sur les interprétations des résultats.

2.2.2. Architecture globale de RADAR95



2.3. Conclusion

La constitution de la base de données, qui a pris plus d'un mois à être réalisée, va permettre, grâce au logiciel RADAR95, d'aboutir à des résultats de travaux de recherche assez rapidement et surtout un gain de temps précieux pour la réactualisation de la base de données si modifications il y a, au niveau des fichiers sources. De plus, sa conception m'a permis d'améliorer mes méthodes de programmation et ainsi mieux gérer mon temps de travail.

QUATRIEME PARTIE

RESULTATS, INTERPRETATION DES DONNEES

CHAPITRE 1 : CONTROLE DE COHERENCE SUR LA BASE DE DONNEES

1.1. Introduction : Langage S-Plus

Une fois la base de données reconstituée entièrement dans le fichier total.xls, le travail suivant est de contrôler son contenu. Le meilleur moyen de faire cela est de se baser sur des représentations graphiques déjà établies et vérifier si ce que l'on a, est proche ou non.

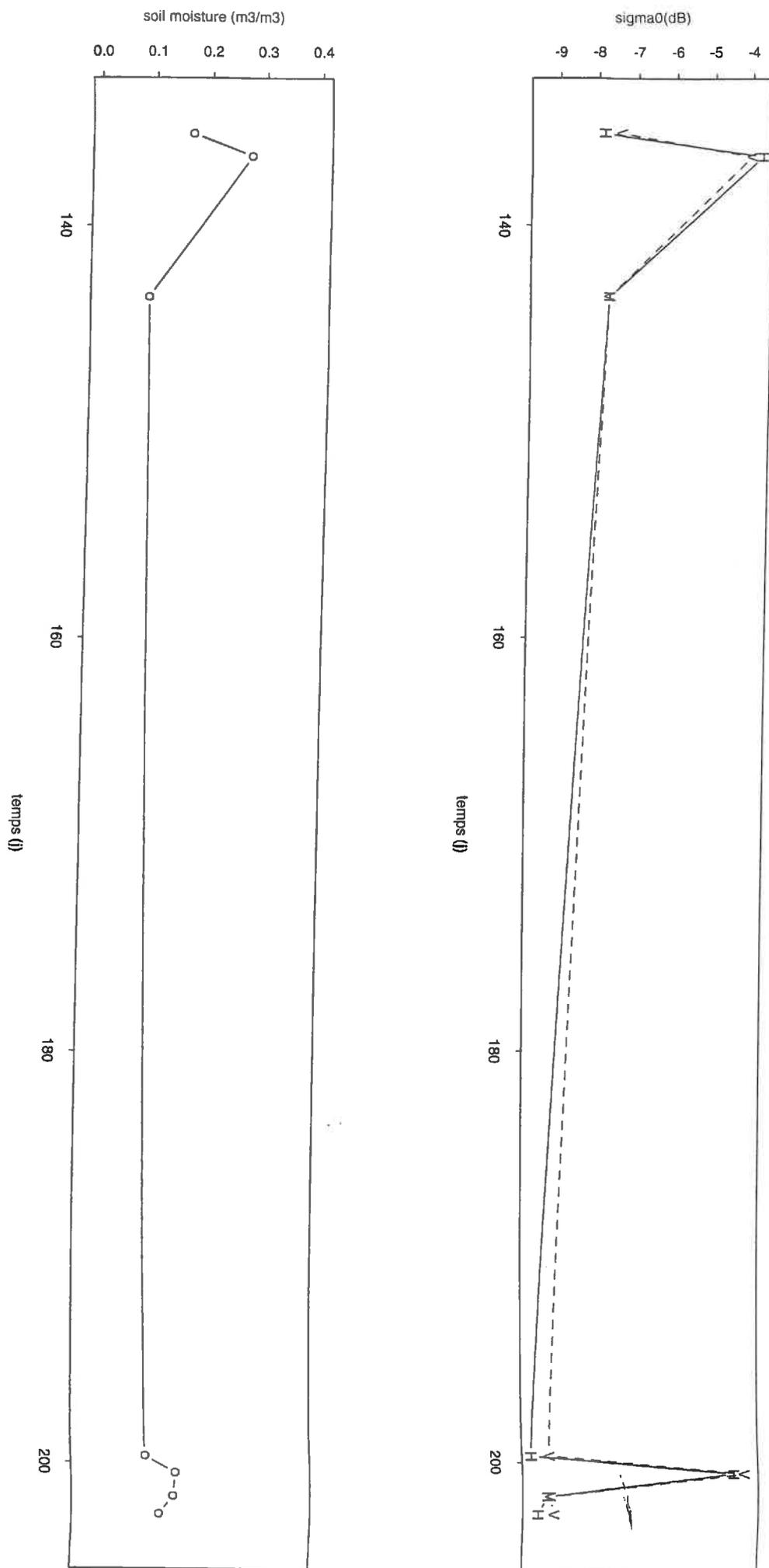
Pour ce faire, j'ai eu le choix entre utiliser Excel 97 pour ses fonctions graphiques ou S-Plus, un outil de traitement de données dont le mode d'utilisation se rapproche de MATLAB. L'avantage de S-Plus est que d'une part, cela m'a permis de connaître un nouvel outil de programmation, et d'autre part, qu'il permet de créer des graphes à la carte à l'aide de la programmation. Cela a aussi comme avantage d'en générer un grand nombre en très peu de temps.

1.2. Observations d'après les représentations graphiques

1.2.1. Représentations graphiques de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps

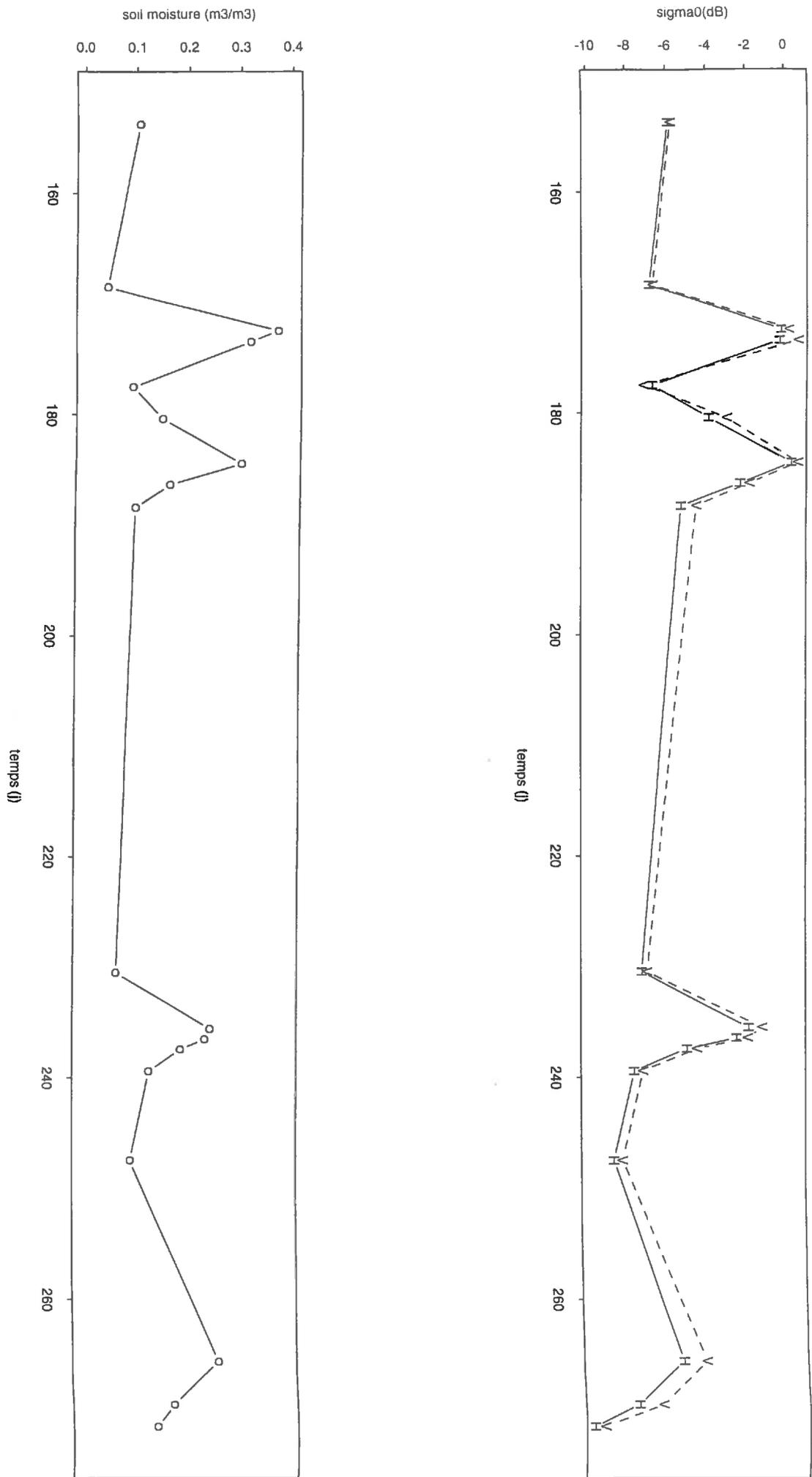
Ces deux premiers graphes permettent dans un premier temps de comparer l'évolution de l'humidité et la réponse du signal radar durant toute la période de la campagne de mesures (Figures IV.1 et IV.2). Le but de ces représentations est de voir si la réponse associée au radar dépend bien du facteur d'humidité (cf. PARTIE 2 ; 2.2.3.). Or on constate qu'en effet, l'allure de σ_0 suit bien les variations d'humidité, causées par des phénomènes pluvieux, au cours du temps.

Pourtant, si l'on pousse plus loin l'interprétation de ces graphes on remarque, pour la parcelle 1, vers la fin de la campagne de mesures, que les variations d'humidité sont petites alors que pour σ_0 , ses variations atteignent 5 dB (Figure IV.1). C'est alors qu'en entrant plus en détail dans la base de données, on constate qu'à cette période, la parcelle a subi une courte averse. Cette averse ne rehumecta le sol qu'en surface alors que le volume du sol restait sec. Le signal radar est très sensible à cette variation de l'humidité superficielle. Ceci donne une indication sur le volume de sol à explorer par les rayonnements électromagnétiques. Dans nos conditions expérimentales, le choix d'une couche de 5 cm paraît exagéré.



SN1, 5.3 GHz, 30 degrees, Orthogonale

Figure IV.1 : Courbes représentatives de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps pour la parcelle 1



SN2, 5.3 GHz, 30 degrees, Orthogonale

Figure IV.2 : Courbes représentatives de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps pour la parcelle 2

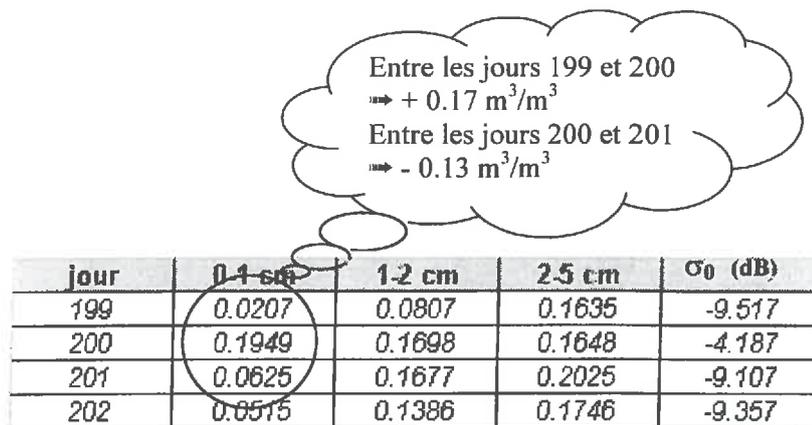


Figure IV.3 : Données d'humidité de la parcelle 1, en fonction de la couche de sol

1.2.2. Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'angle d'incidence

Le meilleur moyen de contrôler si les données sont cohérentes, c'est de représenter la section efficace de rétrodiffusion en fonction de l'angle d'incidence (θ). Normalement, l'allure de la courbe devrait ressembler au mieux à celle que l'on connaît déjà (cf. Figure II.3). Or, c'est ce que l'on observe notamment sur les Figures IV.4 et IV.5. On remarque bien deux pentes distinctes, dont la plus grande vers le domaine des θ petits.

Grâce à ce type de graphes, on peut dès maintenant juger sur le comportement de rugosité au cours du temps. En effet, si l'on compare les deux représentations qui sont décalées de deux mois environ, on peut voir que la variation de σ_0 entre les deux dates a augmenté. Ces deux jours représente respectivement le début et la fin de l'expérience radar. Pour le jour 172, par exemple pour une configuration radar telle que l'azimut soit de 90° et une fréquence de 5.3 GHz, la variation est de 6 à 7 dB. Pour le jour 230, et pour la même configuration, cette variation passe à 11 dB. Ce qui signifie que les pentes ont augmenté et donc on peut déjà apprécier l'évolution de la rugosité qui tend vers un état de surface plus lisse qu'avant. Cependant n'oublions pas que le signal est aussi influencé par l'humidité de surface. C'est pourquoi nous ne pouvons pas encore porter de conclusion sur le fait que le comportement angulaire de σ_0 dépend entièrement de la rugosité.

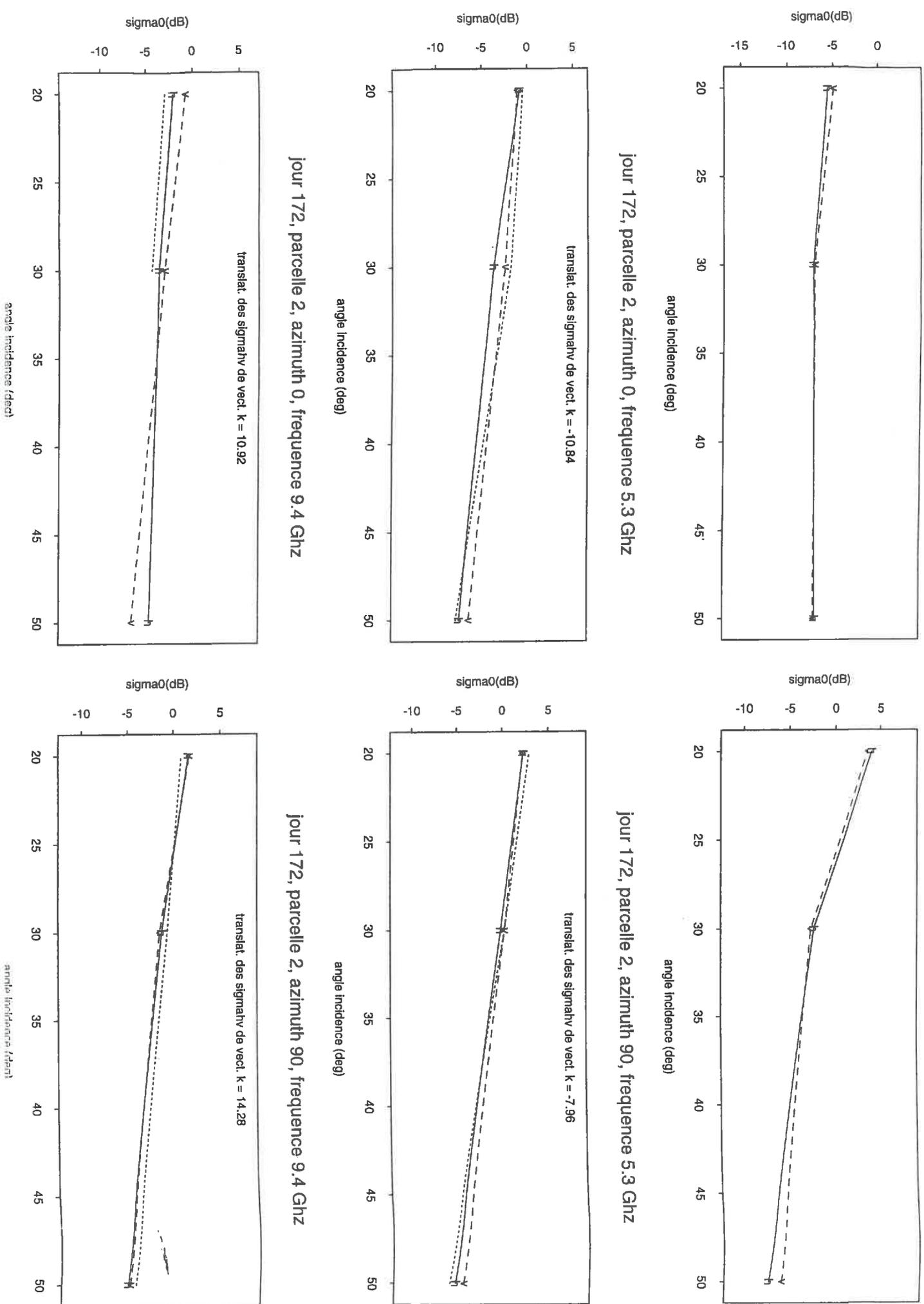
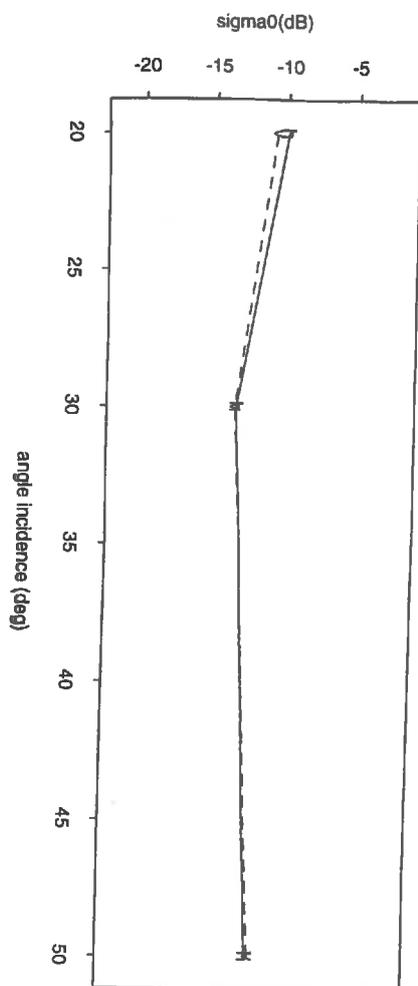
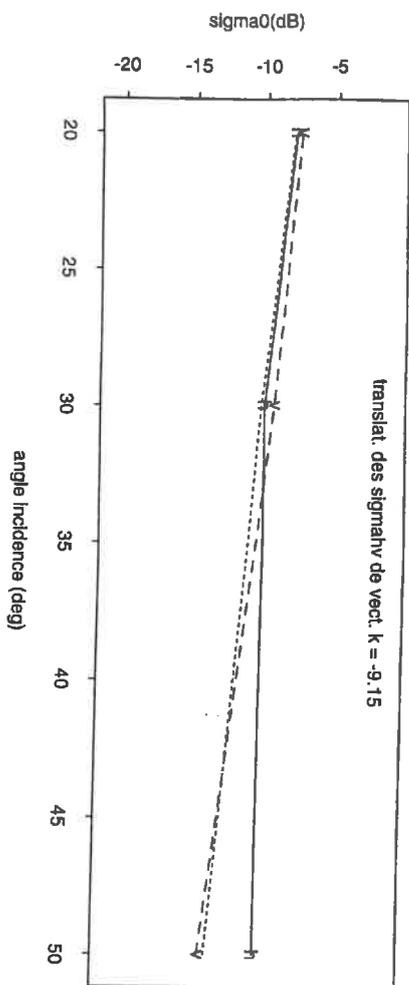


Figure IV.4 : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'angle d'incidence θ pour le jour 172

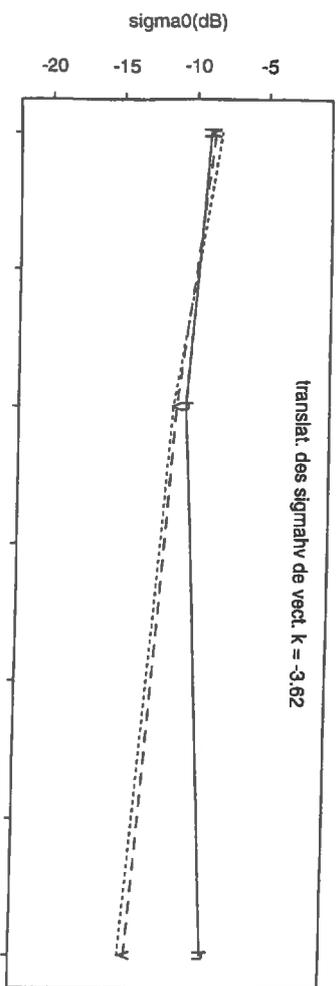
jour 230, parcelle 2, azimuth 0, fréquence 3 Ghz



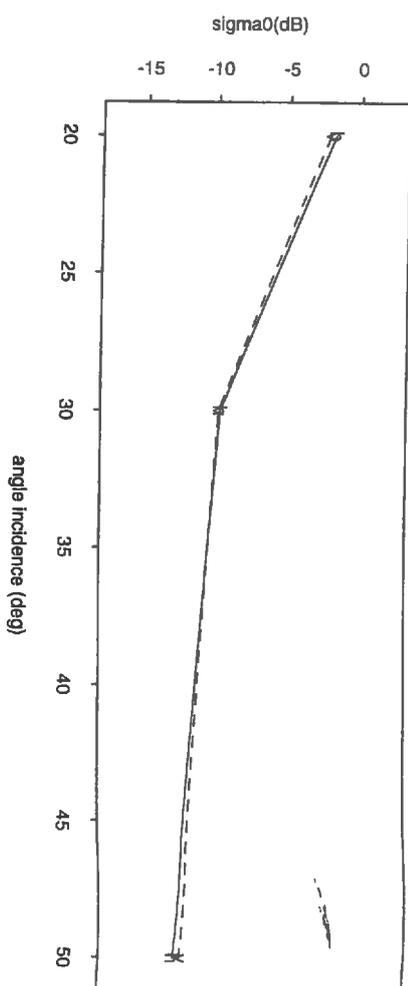
jour 230, parcelle 2, azimuth 0, fréquence 5.3 Ghz



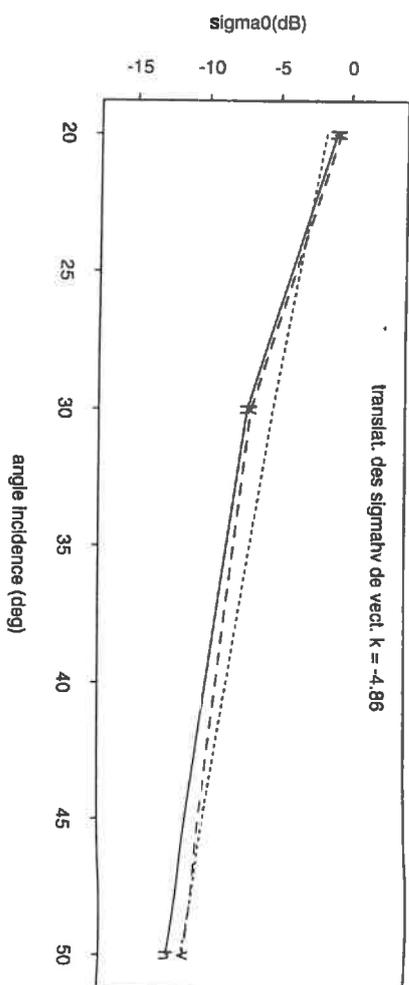
jour 230, parcelle 2, azimuth 0, fréquence 9.4 Ghz



jour 230, parcelle 2, azimuth 90, fréquence 3 Ghz



jour 230, parcelle 2, azimuth 90, fréquence 5.3 Ghz



jour 230, parcelle 2, azimuth 90, fréquence 9.4 Ghz

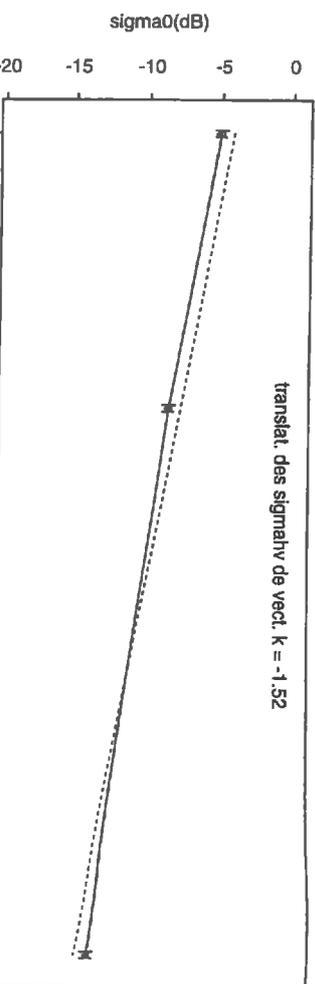


Figure IV.5 : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'angle d'incidence θ pour le jour 230

1.2.3. représentation de σ_0 en fonction de l'humidité volumique

D'après ce que l'on a vu précédemment dans la partie théorique et dans 1.2.1., la réponse du signal radar est fortement influencée par les deux facteurs principaux : l'humidité de surface et la rugosité. Ainsi, il vient à l'idée de représenter la courbe qui les lie tous les deux afin de voir si une quelconque relation n'existe pas.

Les Figures IV.6, IV.7 et IV.8, présentent quelques graphes de σ_0 en fonction de l'humidité volumique, pour une configuration radar donnée et pour les trois angles d'incidences différents. En les comparant, on comprend très vite que la relation entre les deux facteurs évolue. Plus on augmente θ et plus les points de mesures correspondant à chaque jour se dispersent autour de la droite de régression. Un examen attentif de ces graphes, montre nettement une évolution de la relation humidité rugosité entre le début et la fin de l'expérience. par exemple, si on compare deux dates bien distinctes, telles les jours 180 et 269 sur la Figure IV.8 (fréquence 9.4 GHz), qui présentent un même état d'humidité, on s'aperçoit que la variation $\Delta\sigma_0$ entre ces deux dates est grande. Une telle évolution est cohérente avec un lissage de la rugosité liée aux pluies. Ces résultats montrent à quel point les mesures radar sont liées à la fois à l'humidité et la rugosité.

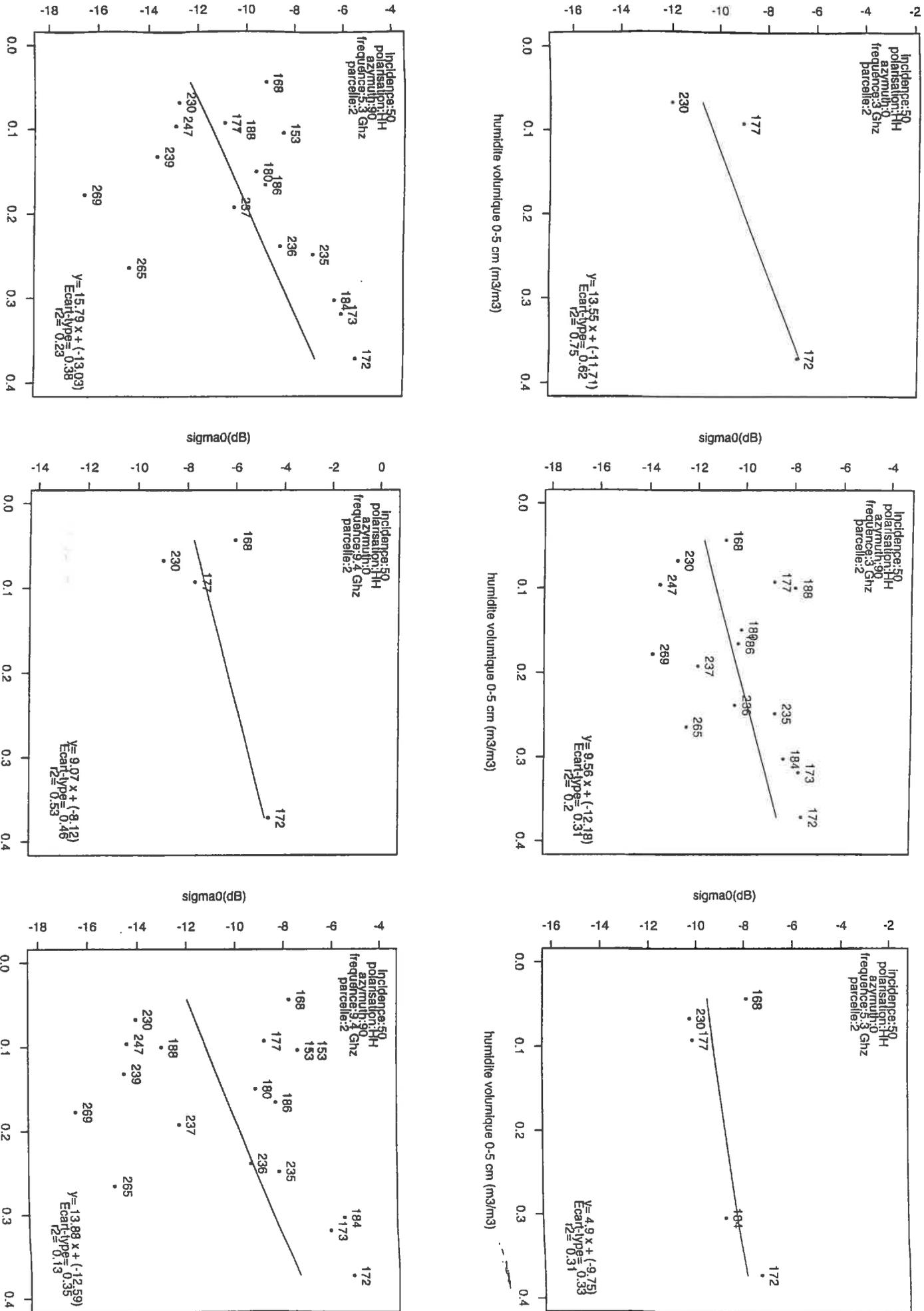


Figure IV.8 : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'humidité pour $\theta = 50^\circ$, parcelle 2, polarisation HH

1.3. Conclusion

Nous avons décelé des erreurs dans la base, grâce à des incohérences dans les données identifiées sur les représentations graphiques que l'on vient de commenter. De ce fait nous avons pu les rectifier.

La cohérence des données, est mise en valeur par l'influence de l'humidité et de la rugosité sur le signal. Le jeu de données est donc bien adapté pour étudier des algorithmes d'estimations simultanée de l'humidité de surface et de la rugosité à partir des données radar.

CHAPITRE 2 : ESTIMATION DE LA RUGOSITE EN FONCTION DE LA VARIATION DE LA SECTION EFFICACE DE RETRODIFFUSION ($\Delta\sigma_0$)

⇒ L'étude s'est basée sur les représentations graphiques du comportement angulaire de σ_0 (Figure II.3, et 1.2.2.). En effet, les valeurs de $\Delta\sigma_0$ sont directement calculées à partir des valeurs de σ_0 de la base de données. Pour étudier le comportement de la rugosité au cours du temps, on regroupe les calculs par fréquence, polarisation et azimuth. Les variations $\Delta\sigma_0$ correspondent aux variations $\Delta\theta = 20^\circ-30^\circ$, $\Delta\theta = 30^\circ-50^\circ$, $\Delta\theta = 20^\circ-50^\circ$. La Figure IV.9 et le Tableau IV.1 montre un exemple de ce que l'on observe pour une configuration donnée.

De toute évidence on constate que $\Delta\sigma_0$ augmente au cours du temps. Ceci permet de renforcer une fois de plus l'idée que l'état de surface de la parcelle tend vers un profil de rugosité pratiquement nul. Si l'on regarde de plus près le graphe, on remarque des variations brutales de σ_0 . Dans l'exemple ci-dessous, ces phénomènes se passent entre les jours 168 et 172, 177 et 184, 188 et 235, 247 et 265.

En examinant la représentation graphique de l'humidité volumique en fonction du temps, on s'aperçoit qu'en fait, ces brutales variations correspondent exactement à des phénomènes d'irrigations et pluvieux qui ont augmenté les effets de réflectance sur le signal. A la suite de ces phénomènes, les variations de σ_0 augmentent régulièrement mais avec quelques fluctuations malgré tout, dues aux variations d'humidité de surface. Il vient alors à l'idée d'étudier le rapport entre ces fluctuations et les brutales variations $\Delta\sigma_0$. Si on démontre que ces fluctuations sont négligeables devant les sauts de $\Delta\sigma_0$, c'est à dire que le rapport tend vers une petite valeur, alors cela signifiera que l'on pourra, grâce à la configuration radar qui minimisera le mieux ce rapport, suivre l'évolution de la rugosité indépendamment du phénomène d'humidité.

Calcul de la pente $\Delta\sigma/\Delta\theta$

| jour | fréquence | polarisation | azymuth | $\Delta\sigma$ | | | α 20-50 | $\alpha(1)$ 20-30 | $\alpha(2)$ 30-50 | $\alpha(1)/\alpha(2)$ | |
|------|-----------|--------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------|
| | | | | $\Delta\sigma_{20-30}$ | $\Delta\sigma_{30-50}$ | $\Delta\sigma_{50-90}$ | | | | | |
| 1 | 153 | 5,3 | HH | 90 | 4,36 | 1,75 | 2,61 | 0,145 | 0,175 | 0,131 | 1,341 |
| 2 | 168 | 5,3 | HH | 90 | 2,60 | 0,42 | 2,38 | 0,093 | 0,042 | 0,119 | 0,553 |
| 3 | 172 | 5,3 | HH | 90 | 7,01 | 2,46 | 5,55 | 0,280 | 0,246 | 0,268 | 0,920 |
| 4 | 173 | 5,3 | HH | 90 | 8,85 | 2,97 | 5,89 | 0,295 | 0,297 | 0,294 | 1,010 |
| 5 | 177 | 5,3 | HH | 90 | 6,45 | 2,14 | 4,31 | 0,215 | 0,214 | 0,216 | 0,503 |
| 6 | 180 | 5,3 | HH | 90 | 5,66 | 2,31 | 5,55 | 0,289 | 0,281 | 0,293 | 0,981 |
| 7 | 184 | 5,3 | HH | 90 | 10,40 | 3,60 | 6,80 | 0,347 | 0,360 | 0,340 | 1,059 |
| 8 | 188 | 5,3 | HH | 90 | 10,40 | 3,35 | 7,05 | 0,347 | 0,335 | 0,353 | 0,950 |
| 9 | 196 | 5,3 | HH | 90 | 9,11 | 3,97 | 5,14 | 0,304 | 0,397 | 0,257 | 1,545 |
| 10 | 200 | 5,3 | HH | 90 | 11,32 | 6,17 | 5,65 | 0,334 | 0,617 | 0,283 | 2,184 |
| 11 | 206 | 5,3 | HH | 90 | 12,73 | 7,22 | 5,51 | 0,434 | 0,722 | 0,276 | 2,621 |
| 12 | 236 | 5,3 | HH | 90 | 13,01 | 6,72 | 6,26 | 0,434 | 0,675 | 0,313 | 2,157 |
| 13 | 237 | 5,3 | HH | 90 | 12,61 | 6,35 | 5,75 | 0,420 | 0,695 | 0,283 | 2,456 |
| 14 | 230 | 5,3 | HH | 90 | 13,00 | 6,95 | 5,13 | 0,435 | 0,693 | 0,307 | 2,061 |
| 15 | 217 | 5,3 | HH | 90 | 10,81 | 6,45 | 4,36 | 0,360 | 0,645 | 0,218 | 2,959 |
| 16 | 200 | 5,3 | HH | 90 | 19,60 | 10,04 | 9,61 | 0,355 | 1,004 | 0,461 | 2,089 |
| 17 | 200 | 5,3 | HH | 90 | 18,74 | 9,70 | 9,04 | 0,325 | 0,970 | 0,452 | 2,146 |

Tableau IV.1: Calcul de $\Delta\sigma_0$ pour chaque jour en fonction de $\Delta\theta$

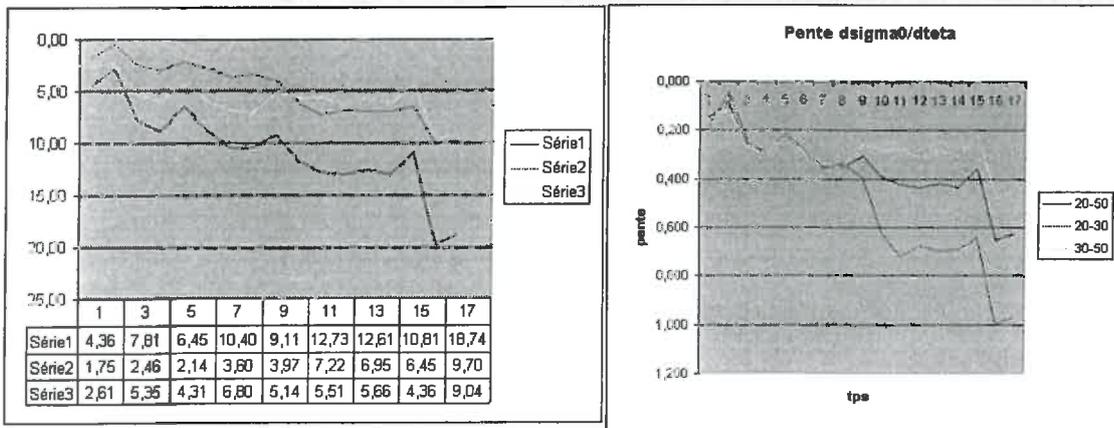
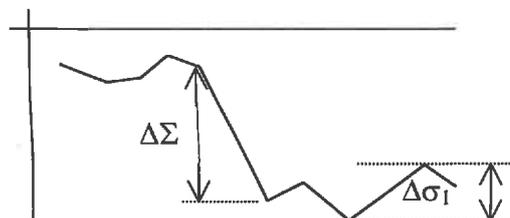


Figure IV.9 : Visualisations graphiques du tableau IV.1

Pour ce faire, nous allons, à l'aide de tableaux, calculer pour chaque configuration radar, caractérisée par $\Delta\theta$ et la fréquence, le rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$.

Pour chaque configuration radar on prendra en compte la moyenne de $\Delta\sigma$ et de $\Delta\Sigma$ (Tableau IV.2).



$\Delta\theta = 20^\circ-50^\circ$ pola: HH freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 5.01 | 1.04 | 2.40 | | | 1.22 | |
| 177-184 | 3.95 | 0.00 | 1.29 | | | 0.89 | |
| 188-235 | 3.62 | 0.28 | 0.40 | 0.45 | 2.25 | 0.34 | |
| 247-265 | 8.84 | 0.91 | | | | 3.97 | |
| moynne | 5.36 | | | | | 1.90 | 0.30 |

$\Delta\theta = 30^\circ-50^\circ$ pola: HH freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 2.97 | 0.53 | 1.57 | | | 0.64 | |
| 177-184 | 2.49 | 0.25 | 1.91 | | | 0.28 | |
| 188-235 | 0.37 | 0.75 | 0.60 | 0.47 | 1.77 | 0.16 | |
| 247-265 | 5.25 | 0.57 | | | | 2.34 | |
| moynne | 2.77 | | | | | 0.73 | 0.26 |

$\Delta\theta = 20^\circ-30^\circ$ pola: HH freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 2.04 | 0.51 | 0.83 | | | 0.57 | |
| 177-184 | 1.46 | 0.25 | 0.62 | | | 0.61 | |
| 188-235 | 3.25 | 0.47 | 0.20 | 0.02 | 0.48 | 0.50 | |
| 247-265 | 3.59 | 0.34 | | | | 1.63 | |
| moynne | 2.59 | | | | | 0.83 | 0.32 |

$\Delta\theta = 20^\circ-50^\circ$ pola: VV freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 3.16 | 0.44 | 1.36 | | | 0.75 | |
| 177-184 | 2.20 | 0.48 | 0.55 | | | 1.08 | |
| 188-235 | 2.51 | 0.02 | 0.24 | 0.39 | 2.06 | 0.21 | |
| 247-265 | 7.43 | 0.55 | | | | 3.44 | |
| moynne | 3.83 | | | | | 1.87 | 0.36 |

$\Delta\theta = 30^\circ-50^\circ$ pola: VV freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 2.38 | 0.85 | 2.30 | | | 0.31 | |
| 177-184 | 1.85 | 0.97 | 0.31 | | | 0.84 | |
| 188-235 | 1.21 | 0.56 | 0.35 | 0.94 | 1.92 | 0.40 | |
| 247-265 | 4.34 | 0.06 | | | | 2.20 | |
| moynne | 2.54 | | | | | 0.74 | 0.40 |

$\Delta\theta = 20^\circ-30^\circ$ pola: VV freq 5.3 azimut 90

| intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma^1$ | $\Delta\sigma^2$ | $\Delta\sigma^3$ | $\Delta\sigma^4$ | total $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 0.78 | 0.41 | 0.94 | | | 0.44 | |
| 177-184 | 0.35 | 0.49 | 0.86 | | | 0.24 | |
| 188-235 | 3.72 | 0.58 | 0.59 | 0.55 | 0.14 | 0.61 | |
| 247-265 | 3.09 | 0.61 | | | | 1.24 | |
| moynne | 1.89 | | | | | 0.63 | 0.32 |

Tableau IV.2 : Rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ pour configuration 5.3(HH – VV)90

$\Delta\theta = 20^\circ - 50^\circ$ pola: HH freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 4.47 | 0.23 | 1.84 | | | 0.80 | ↓ |
| 177-184 | 3.05 | 0.05 | 0.53 | | | 1.18 | |
| 188-235 | 1.53 | 1.41 | 0.89 | 1.69 | 1.07 | 0.21 | |
| 247-265 | 7.63 | 1.62 | | | | 3.01 | |
| moynenne | 4.17 | | | | | 1.30 | 0.31 |

$\Delta\theta = 30^\circ - 50^\circ$ pola: HH freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 2.06 | 0.78 | 2.49 | | | 0.12 | ↓ |
| 177-184 | 2.26 | 0.49 | 0.64 | | | 1.13 | |
| 188-235 | 0.68 | 0.45 | 0.77 | 0.69 | 0.23 | 0.08 | |
| 247-265 | 3.23 | 0.44 | | | | 1.40 | |
| moynenne | 1.72 | | | | | 0.84 | 0.37 |

$\Delta\theta = 20^\circ - 30^\circ$ pola: HH freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 2.41 | 1.01 | 0.65 | | | 0.68 | ↓ |
| 177-184 | 0.79 | 0.54 | 0.11 | | | 0.05 | |
| 188-235 | 2.21 | 0.96 | 0.12 | 1.00 | 0.84 | 0.29 | |
| 247-265 | 4.40 | 1.18 | | | | 1.61 | |
| moynenne | 2.45 | | | | | 0.86 | 0.27 |

$\Delta\theta = 20^\circ - 50^\circ$ pola: VV freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 3.08 | 0.32 | 1.51 | | | 0.42 | ↓ |
| 177-184 | 1.43 | 1.73 | 0.15 | | | 1.10 | |
| 188-235 | 2.03 | 1.00 | 0.46 | 0.55 | 0.47 | 0.31 | |
| 247-265 | 7.26 | 0.83 | | | | 3.22 | |
| moynenne | 3.45 | | | | | 1.26 | 0.37 |

$\Delta\theta = 30^\circ - 50^\circ$ pola: VV freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 1.30 | 0.80 | 2.57 | | | 0.18 | ↓ |
| 177-184 | 1.45 | 1.73 | 0.60 | | | 1.26 | |
| 188-235 | 0.55 | 0.23 | 0.44 | 0.28 | 0.11 | 0.05 | |
| 247-265 | 4.01 | 0.59 | | | | 1.71 | |
| moynenne | 1.55 | | | | | 0.89 | 0.44 |

$\Delta\theta = 20^\circ - 30^\circ$ pola: VV freq 9.4 azimut 90

| Intervalle de jours | $\Delta\Sigma$ | $\Delta\sigma_1$ | $\Delta\sigma_2$ | $\Delta\sigma_3$ | $\Delta\sigma_4$ | Interv. $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ |
|---------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|
| 168-172 | 1.78 | 1.12 | 1.06 | | | 0.57 | ↓ |
| 177-184 | 0.02 | 0.00 | 0.45 | | | 0.16 | |
| 188-235 | 2.58 | 0.77 | 0.90 | 0.27 | 0.36 | 0.36 | |
| 247-265 | 3.25 | 0.24 | | | | 1.51 | |
| moynenne | 1.90 | | | | | 0.57 | 0.30 |

Tableau IV.3 : Rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ pour configuration 9.4(HH – VV)90

En comparant ces différents tableaux, on s'aperçoit que la représentation de l'évolution de rugosité indépendamment de l'effet d'humidité apparaît le mieux pour une configuration radar correspondante à la fréquence 5.3 GHz, et $\Delta\theta = 20^\circ$ - 30° .

En ce qui concerne, les fréquences, on remarque que les valeurs du rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ sont assez similaires

Ainsi, on vient de démontrer clairement qu'il existe une configuration radar, permettant de suivre le comportement de la rugosité de surface, et minimisant l'effet d'humidité du sol nu.

CONCLUSION GENERALE

Lors de ce stage, j'ai réalisé un logiciel dont les fonctions principales ont été de réactualiser toutes les données radar, acquises par RAMSES IV, lors de la campagne de mesures en 1995. Cela m'a permis d'apprendre, entre temps, à mieux gérer mon travail dans la conception informatique et m'a également initié à un nouveau langage de programmation, S-Plus.

L'interprétation des données de la base a été le deuxième objectif de mon apprentissage. Les principaux résultats que j'ai pu donner ont été positifs, à savoir, l'étude de la variation angulaire de σ_0 pour une configuration adéquate, permet de suivre l'évolution de la rugosité de surface, indépendamment de l'humidité de sol, au cours du temps.

Grâce aux nouveaux capteurs multi-angulaires, l'étude va pouvoir être étendue sur le même critère à la différence que les mesures de σ_0 à deux angles différents seront prises, décalées de plusieurs jours.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

André Chanzy, 1991. *Modélisation simplifiée de l'évaporation d'un sol nu utilisant l'humidité et la température de surface, accessible par télédétection.* Thèse de doctorat de l'I.N.A. (Institut National Agronomique), 80-102.

Ferdinand Bonn et Guy Rochon, 1996. *Précis de télédétection.* Volume 1, Principes et Méthodes. - U.R.E.F. - Presses de l'Université du Québec / AUPELF, 3.

Frédéric Biard, 1994. *Intérêt des mesures radiométriques en hyperfréquences passives sur couvert agricole de blé.* Mémoire d'ingénieur E.S.I.T.P.A. (Ecole Supérieure d'Ingénieurs et Techniciens pour l'Agriculture), 76 p.

André Chanzy, Patrick Bertuzzi et Laurent Bruckler. *Estimation de la teneur en eau de surface des sols nus à l'aide des mesures hyperfréquences actives.* in *Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone.* Presses de l'Université du Québec (Canada). Bonn F. (Ed), pp 55-73.

Hari Witono, 1986. *Utilisation de la bande-c radar pour la mesure de l'humidité superficielle du sol.* Mémoire de fin d'études E.N.S.A. de Rennes, 24-25.

Centre spatial de Toulouse, 1995. *Bilan des activités techniques préparatoire a la campagne RAMSES IV 'inra95'.* C.N.E.S., Sous-Direction Techniques Aérospatiales, Division Instrumentation, Département Instrumentation Radiofréquences, 7.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

| | | |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I.1 | : Les implantations de l'I.N.R.A. | 5 |
| Figure II.1 | : Schéma de principe de la mesure radar | 8 |
| Figure II.2 | : Schéma de principe de la réflexion d'une onde électromagnétique | 9 |
| Figure II.3 | : Comportement angulaire de la mesure radar | 11 |
| Figure II.4 | : Relation « teneur en eau – permittivité diélectrique » pour deux sols de texture différente | 12 |
| Figure III.1 | : Photographie aérienne du site expérimental | 13 |
| Figure III.2 | : Le radar RAMSES IV monté sur la grue de chantier | 14 |
| Figure III.3 | : Radar RAMSES IV a) et b) | 15 |
| Figure III.4 | : Calibrateurs mis en œuvre pour la campagne INRA95 | 18 |
| Figure III.5 | : Schéma représentatif des différentes étapes qui contribuent à la réalisation de la base de données | 19 |
| Figure III.6 | : Schéma représentatif des deux différents azimuts appliqués au radar | 21 |
| Figure III.7 | : Format des fichiers journaliers contenant les données correspondantes | 22 |
| Figure IV.1 | : Courbes représentatives de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps pour la parcelle 1 | 26 |
| Figure IV.2 | : Courbes représentatives de σ_0 et de l'humidité en fonction du temps pour la parcelle 2 | 27 |
| Figure IV.3 | : Données d'humidité de la parcelle 1, en fonction de la couche de sol | 28 |
| Figure IV.4 | : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'angle d'incidence θ pour le jour 172 | 29 |
| Figure IV.5 | : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'angle d'incidence θ pour le jour 230 | 30 |
| Figure IV.6 | : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'humidité, $\theta = 20^\circ$ | 32 |
| Figure IV.7 | : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'humidité, $\theta = 30^\circ$ | 33 |
| Figure IV.8 | : Courbes représentatives de σ_0 en fonction de l'humidité, $\theta = 50^\circ$ | 34 |
| Figure IV.9 | : Visualisations graphiques du tableau IV.1 | 36 |

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau III.1 : Principales caractéristiques du radar RAMSES IV | 16 |
| Tableau IV.1 : Calcul de $\Delta\sigma_0$ pour chaque jour en fonction de $\Delta\theta$ | 36 |
| Tableau IV.2 : Rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ pour configuration 5.3(HH – VV)90 | 37 |
| Tableau IV.3 : Rapport $\Delta\sigma/\Delta\Sigma$ pour configuration 9.4(HH – VV)90 | 38 |
| Tableau IV.4 : Variation de $\Delta\sigma_0$ entre les jours 153 et 168 | 39 |
| Tableau IV.5 : Variation de $\Delta\sigma_0$ entre les jours 172 et 177 | 40 |
| Tableau IV.6 : Variation de $\Delta\sigma_0$ entre les jours 184 et 188 | 40 |
| Tableau IV.7 : Variation de $\Delta\sigma_0$ entre les jours 235 et 247 | 40 |
| Tableau IV.8 : Variation de $\Delta\sigma_0$ entre les jours 265 et 269 | 41 |
| Tableau IV.9 : Comparaison des variations $\Delta\sigma_0$ entre deux cycles de variation d'humidité | 42 |

ANNEXE 1

MANUEL D'UTILISATION DE RADAR95

MANUEL D'UTILISATION

Ce fascicule vous présente le logiciel RADAR95 et vous permet, en suivant les indications, d'aboutir à la page finale correspondant à la base de données totale. A l'aide de celui-ci, vous pourrez également vous familiariser avec quelques outils d'Excel 97 afin de mieux visualiser les données.

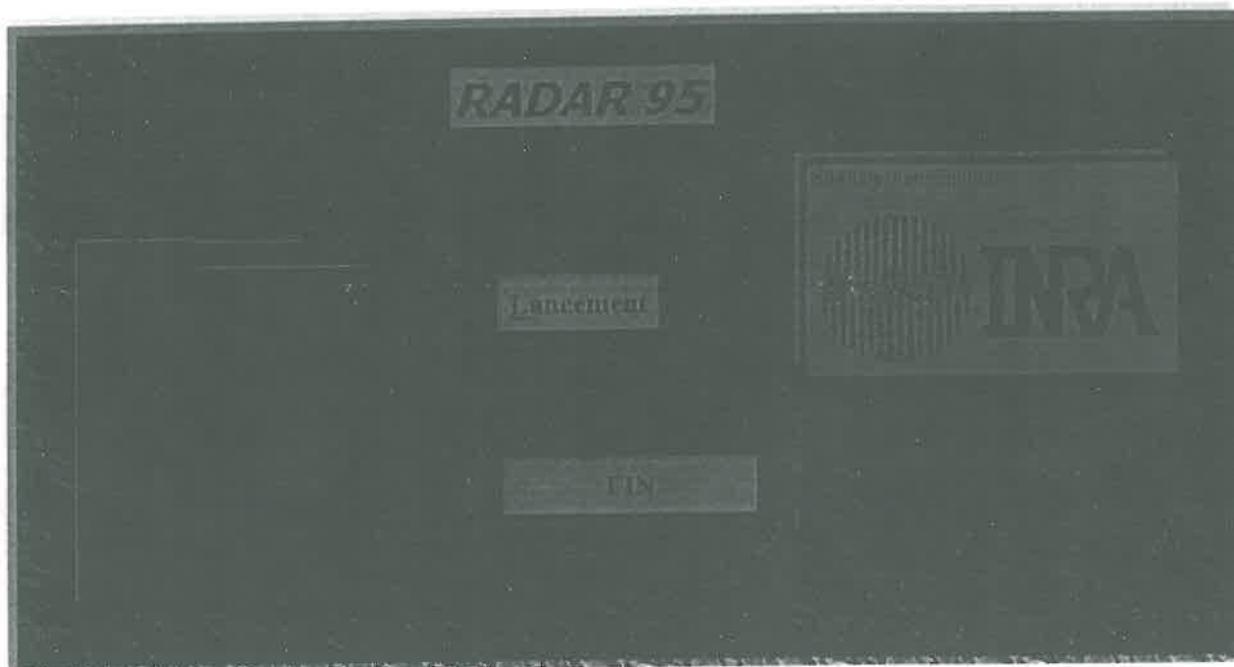


Figure 1

Lorsque vous entrez dans le logiciel, cette page apparaît à l'écran. Sur la gauche, une rapide présentation de RADAR95 est proposé et quelques conseils pour d'éventuelles modifications à apporter dans la base de données.

Sur la droite, en cliquant sur le logo de l'I.N.R.A., vous avez la possibilité d'entrer sur le site Internet. Mais pour cela, vous devez avoir installé Internet Explorer et le réseau.

Deux boutons permettent soit de quitter le logiciel en cliquant sur **FIN**, soit d'accéder au menu général en cliquant sur **LANCEMENT** (page II). Cette dernière action peut également être lancée en tapant simultanément sur Alt + L.



Figure 2

Une fois que vous avez lancé le logiciel, vous vous retrouvez sur cette page de menu. 5 boutons poussoirs vous sont proposés. Ils sont définis ci-dessous :

- ♦ **INITIALISATION** :Ce bouton permet d'appeler la procédure Macro Visual Basic qui détruit dans tous les fichiers du logiciel, les données de la base. Cette action est en générale conseillée avant toute nouvelle saisie des données.
- ♦ **SAISIE** :Ce bouton apparaît à l'écran, uniquement si vous avez lancé la procédure d'initialisation auparavant. Ce bouton lance, lui, la procédure qui gère l'importation, le formatage de toutes les données des fichiers sources vers le logiciel. Cette commande peut prendre un certain temps suivant le microprocesseur que vous avez dans votre ordinateur. Il est conseillé d'avoir un microprocesseur supérieur à 100 MHz.
- ♦ **VIEW** :En cliquant sur ce bouton, vous accédez au nouveau menu qui permet de visualiser la base de donnée (Page III).
- ♦ **INTERPRETATION** :Si vous cliquez sur ce bouton, vous arrivez au menu qui vous propose de visualiser tous les travaux de recherches sur l'estimation de la rugosité par télédétection radar multiangulaire.
- ♦ **MENU** :Retourne au menu de présentation (Page I).

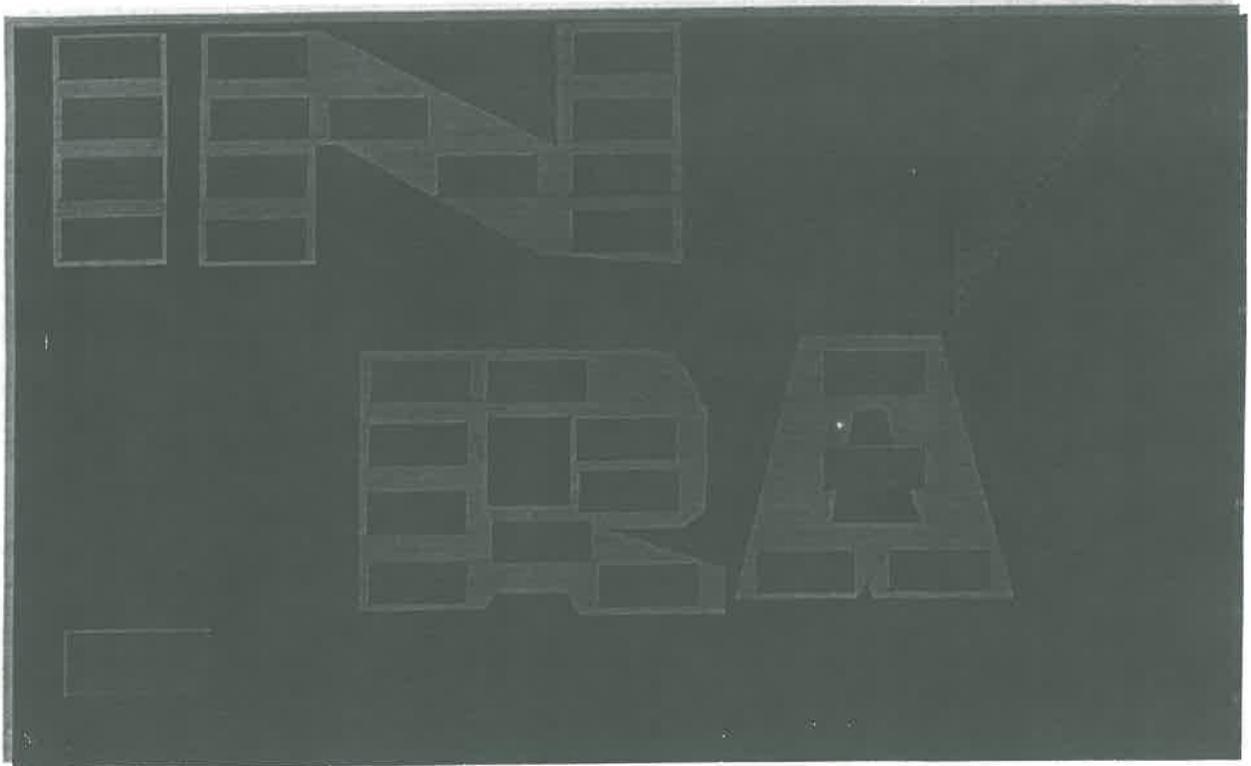


Figure 3

Cette page vous propose au moyen de boutons poussoirs, de visualiser d'une part, soit toutes les données radar correspondant à un jour précis durant la campagne de mesure, soit en cliquant sur 1995, pour visualiser la base entièrement (Page V).

Le bouton RETOUR, permet de réafficher le menu général (Page II).

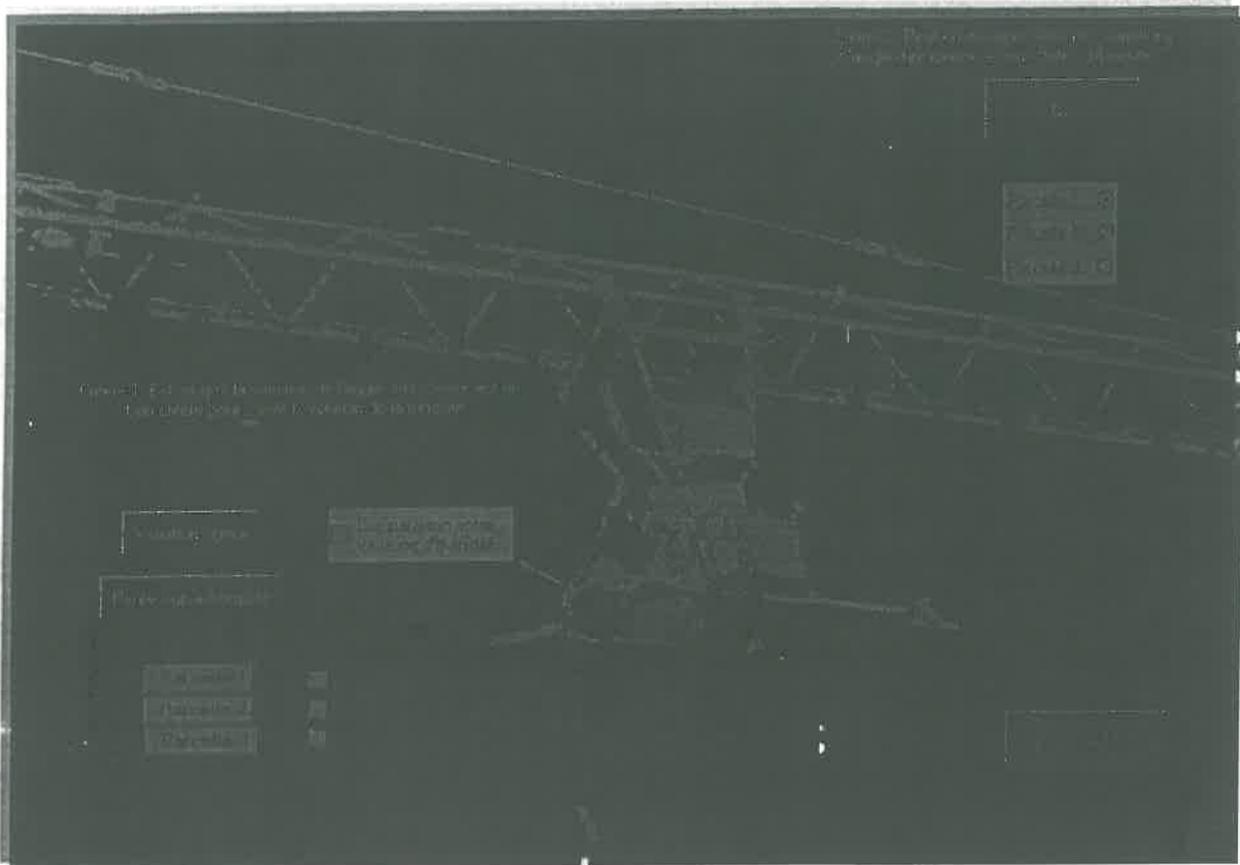


Figure 4

Cette page d'interprétation des résultats est en fait un petit complément à la base. En effet, les travaux de recherche étant directement liés aux données de la base imbriquées dans le logiciel, il a été judicieux de travailler sur Excel 97 et de créer des feuilles de calcul sous ce logiciel.

Deux critères d'étude ont été traités et il est possible de visualiser les résultats qui ont été proposés. D'une part pour le premier critère, on choisit, en cliquant sur la case adéquate, la parcelle que l'on veut sélectionner. Ensuite, on peut soit visualiser les travaux sur les pentes $\Delta\sigma_0$ /Humidité, en cliquant sur **Pente sigma/humidité**, soit les variations de ces pentes au cours du temps, en cliquant sur **Variation sigma**, soit la comparaison de ces variations également au cours du temps en cliquant sur ce même bouton mais en sélectionnant auparavant sur **Comparaison entre variation d'humidité**. Cette dernière case n'est pas possible d'accès pour la parcelle 3.

En ce qui concerne le deuxième critère, les recherches n'ont pu aboutir complètement faute de temps, mais il est quand même possible de visualiser les résultats pour la première parcelle, en sélectionnant sur parcelle 1 et en cliquant ensuite sur **Go**.

Le bouton **RETOUR**, retourne au menu général (Page II).

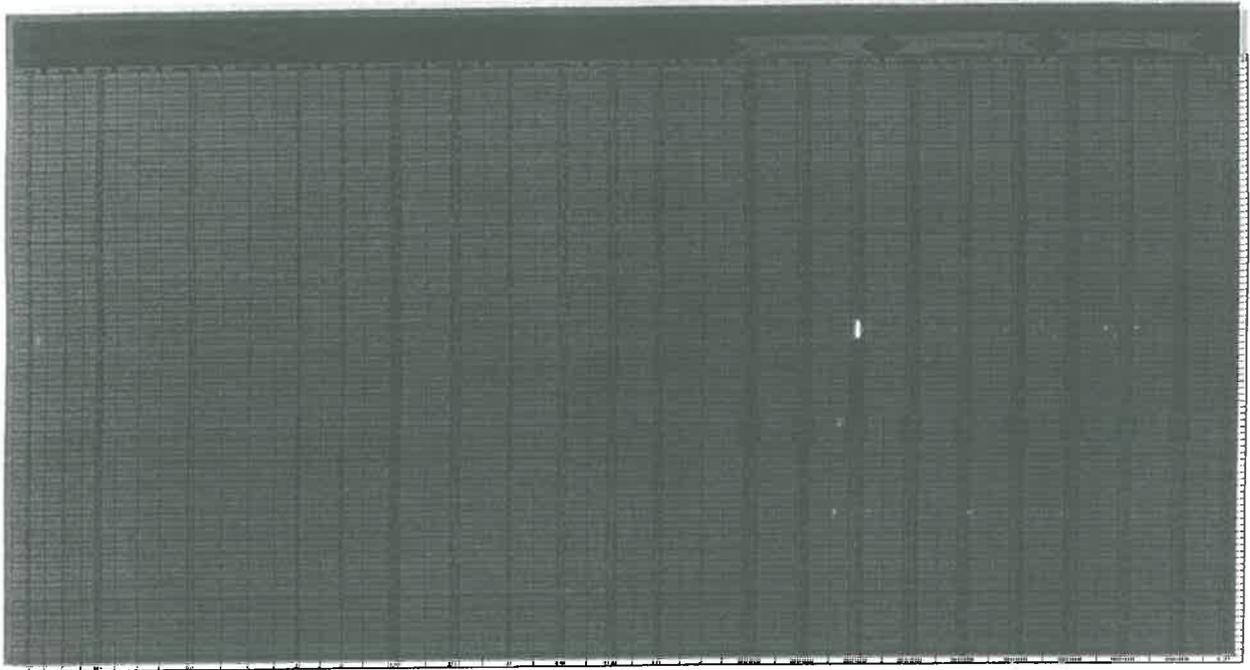


Figure 5

Voici enfin, la représentation la plus globale de la base de données. Grâce à cette page, vous pouvez utiliser le filtrage automatique en sélectionnant le paramètre voulu et le critère choisi pour visualiser les données que vous voulez. Ce fichier, intitulé « total.xls » est le fichier le plus important puisqu'il contient vraiment toutes les données de la campagne de mesures. Il est créé lors de la saisie automatique.

Le bouton **RETOUR**, retourne au menu VIEW (Page III).

ANNEXE 2

LISTING DE LA PROGRAMMATION VISUAL BASIC SOUS EXCEL97

```
Sub tout()
  l = 1
  Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\total.xls"
  Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"
  debut = 9
  While l < 28
    Windows("init.xls").Activate
    fich2 = Cells(1, 1)
    fin = Cells(1, 2)
    Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2
    Range(Cells(9, 1), Cells(8 + fin, 26)).Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Windows("total.xls").Activate
    Cells(debut, 1).Select
    ActiveSheet.Paste
    debut = debut + fin
    Windows(fich2).Activate
    ActiveWorkbook.Close
    l = l + 1
  Wend
  Windows("total.xls").Activate
  Cells(1, 1).Select
  ActiveWorkbook.Save
  ActiveWorkbook.Close
  Windows("init.xls").Activate
  ActiveWorkbook.Close
End Sub

Sub saisie()
  l = 1
  Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\support.xls"
  Windows("support.xls").Activate
  While l < 164
    fich2 = Cells(1, 1)
    j = Cells(1, 2)
    jour = Cells(1, 3)
    l = l + 1
    debut = 9
    kkk = 0
    Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2
    While l < j
      Windows("support.xls").Activate
      fich = Cells(1, 1)
      fi = Cells(1, 2)
      kk = fi - 20
      kkk = kkk + kk
      If fich <> "Rm220914.14" Then
        Workbooks.OpenText FileName:="C:\home\chailan\rad95\radar\" & fich, _
          Origin:=xlWindows, StartRow:=1, DataType:=xlDelimited, TextQualifier:= _
            xlDoubleQuote, ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=True, Semicolon:=False, _
              Comma:=False, Space:=False, Other:=False, FieldInfo:=Array(1, 1)
      Else
        Workbooks.OpenText FileName:="C:\home\chailan\rad95\radar\" & fich
      End If
      Call go(fich2, fich, fi, debut, jour, kkk)
      l = l + 1
      debut = debut + fi - 20
      Windows(fich).Activate
      ActiveWorkbook.Close
    Wend
    Windows(fich2).Activate
    Cells(1, 1).Select
    ActiveWorkbook.Save
    ActiveWorkbook.Close
    Windows("support.xls").Activate
    l = l + 1
  Wend
  Call tout

  Windows("radar95.xls").Activate
End Sub
```

alel - 2

```
go(fich2, fich, fi, deb, jour, kkk)
Windows(fich2).Activate
ini = 21
For init = 1 To ini - 1
Next init
For fin = 1 To fi - 1
Next fin
For debut = 1 To deb - 1
Next debut
```

```
ls(1, 1) = kkk
```

ta

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 8), Cells(fin, 8)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Range(Cells(debut, 8), Cells(debut + fin - init, 8)).Select
ActiveSheet.Paste
```

rccelle

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 6), Cells(fin, 6)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 4).Select
ActiveSheet.Paste
For comp = debut To debut + fin - init
  If Cells(comp, 4) = "sn1" Then Cells(comp, 4) = "1"
  If Cells(comp, 4) = "sn2" Then Cells(comp, 4) = "2"
  If Cells(comp, 4) = "sn3" Then Cells(comp, 4) = "3"
Next comp
```

re

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 4), Cells(fin, 4)).Select
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 5).Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 7), Cells(fin, 7)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 6).Select
ActiveSheet.Paste
```

m

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 10), Cells(fin, 10)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 9).Select
ActiveSheet.Paste
For comp = debut To debut + fin - init
  If (Cells(comp, 9) < 110 And Cells(comp, 9) > 70) Then
    Cells(comp, 9) = 90
  Else
    Cells(comp, 9) = 0
  End If
Next comp
```

ari

```
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 11), Cells(fin, 11)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 7).Select
```

```

ActiveSheet.Paste
For comp = debut To debut + fin - init
  If Cells(comp, 7) = "HH" Then Cells(comp, 7) = "1"
  If Cells(comp, 7) = "VV" Then Cells(comp, 7) = "2"
  If Cells(comp, 7) = "HV" Then Cells(comp, 7) = "3"
  If Cells(comp, 7) = "VH" Then Cells(comp, 7) = "4"
Next comp

```

```

'atte
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 14), Cells(fin, 14)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 12).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

'seq
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 29), Cells(fin, 29)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 16).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

'freq
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 17), Cells(fin, 17)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 10).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

'auto
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 45), Cells(fin, 45)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 11).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

'puissance moy
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 22), Cells(fin, 22)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 13).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

'puissance min et moy
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 24), Cells(fin, 25)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 49).Select
ActiveSheet.Paste

```

```

For comp = debut To debut + fin - init
  sigmin = Cells(comp, 50)
  sigmoy = Cells(comp, 49)
  pui = Cells(comp, 13)
  Cells(comp, 14) = sigmin + pui - sigmoy
Next comp

```

```

'puissance max
Windows(fich).Activate
Range(Cells(init, 26), Cells(fin, 26)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Windows(fich2).Activate
Cells(debut, 51).Select
ActiveSheet.Paste
For comp = debut To debut + fin - init
  sigmax = Cells(comp, 51)
  sigmoy = Cells(comp, 49)
  pui = Cells(comp, 13)
  Cells(comp, 15) = sigmax + pui - sigmoy

```

```

Next comp
Range(Cells(debut, 14), Cells(debut + fin - init, 15)).Select
Selection.NumberFormat = "General"
Selection.Interior.ColorIndex = 2

ur

Range(Cells(debut, 1), Cells(debut + fin - init, 3)).Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .ShrinkToFit = False
    .MergeCells = False
End With
Selection.NumberFormat = "General"
Cells(debut, 3).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = jour
Cells(debut, 3).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(debut, 3), Cells(debut + fin - init, 3)), Typ
lFillDefault
Cells(debut, 1).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+RC[2]+1"
Cells(debut, 1).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(debut, 1), Cells(debut + fin - init, 1)), Typ
lFillDefault
Range(Cells(debut, 1), Cells(debut + fin - init, 1)).Select
Selection.NumberFormat = "d"
Selection.Interior.ColorIndex = 2
Cells(debut, 3).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(debut, 3), Cells(debut + fin - init, 3)), Typ
lFillDefault
Cells(debut, 2).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "="+RC[1]+1"
Cells(debut, 2).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(debut, 2), Cells(debut + fin - init, 2)), Typ
lFillDefault
Range(Cells(debut, 2), Cells(debut + fin - init, 2)).Select
Selection.NumberFormat = "m"
Selection.Interior.ColorIndex = 2

```

```
Range(Cells(debut, 3), Cells(debut + fin - init, 3)).Select
Selection.NumberFormat = "General"
Selection.Interior.ColorIndex = 2
```

```
'sigma
```

```
For comp = debut To debut + fin - init
```

```
kc = -2.5
```

```
pui = Cells(comp, 13)
```

```
auto = Cells(comp, 11)
```

```
If Cells(comp, 6) = 3 Then autoref = 31
```

```
If Cells(comp, 6) = 5.3 Then autoref = 33
```

```
If Cells(comp, 6) = 9.4 Then autoref = 29
```

```
If (Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 1) Then calib = -17.167
```

```
If (Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 2) Then calib = -15.438
```

```
If (Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 1) Then calib = 12.547
```

```
If (Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 2) Then calib = 12.568
```

```
If (Cells(comp, 3) > 186 And Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Then cal
```

```
= 7.535
```

```
If (Cells(comp, 3) > 186 And Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2) Then cal
```

```
= 6.475
```

```
If (Cells(comp, 3) < 187 And Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Then cal
```

```
= -12.057
```

```
If (Cells(comp, 3) < 187 And Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2) Then cal
```

```
= -13.281
```

```
If (Cells(comp, 8) = 20 And ((Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cells
```

```
mp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 10.84
```

```
If (Cells(comp, 8) = 30 And ((Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cells
```

```
mp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 10.02
```

```
If (Cells(comp, 8) = 40 And ((Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cells
```

```
mp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 8.22
```

```
If (Cells(comp, 8) = 50 And ((Cells(comp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cells
```

```
mp, 6) = 3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 5.54
```

```
If (Cells(comp, 8) = 20 And ((Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 5.78
```

```
If (Cells(comp, 8) = 30 And ((Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 5.39
```

```
If (Cells(comp, 8) = 40 And ((Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 4.47
```

```
If (Cells(comp, 8) = 50 And ((Cells(comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 5.3 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 2.45
```

```
If (Cells(comp, 8) = 20 And ((Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 4.43
```

```
If (Cells(comp, 8) = 30 And ((Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 4.07
```

```
If (Cells(comp, 8) = 40 And ((Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 3.37
```

```
If (Cells(comp, 8) = 50 And ((Cells(comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 1) Or (Cel
```

```
comp, 6) = 9.4 And Cells(comp, 7) = 2))) Then seq = 1.7
```

```
att = Cells(comp, 12)
```

```
If (Cells(comp, 7) = 3 Or Cells(comp, 7) = 4) Then
```

```
Cells(comp, 26) = pui - autoref + auto + att
```

```
Else
```

```
Cells(comp, 26) = pui - auto + autoref + kc - calib - seq + att
```

```
End If
```

```
Next comp
```

```
Range(Cells(debut, 26), Cells(debut + fin - init, 26)).Select
```

```
Selection.NumberFormat = "General"
```

```
Selection.Interior.ColorIndex = 2
```

```
'bordure
```

```
Range(Cells(debut, 4), Cells((debut + fin - init), 26)).Select
```

```
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
```

```
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.Weight = xlThin
```

```
.ColorIndex = xlAutomatic
```

```
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
```

```
.LineStyle = xlContinuous
```

```
.Weight = xlThin
```

```
.ColorIndex = xlAutomatic
```

```
End With
```

```
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
```

```

.LineStyle = xlContinuous
.Weight = xlThin
.ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.Weight = xlThin
.ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.Weight = xlThin
.ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.Weight = xlThin
.ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection
.HorizontalAlignment = xlCenter
.VerticalAlignment = xlBottom
.WrapText = False
.Orientation = 0
.ShrinkToFit = False
.MergeCells = False
End With
Selection.NumberFormat = "General"

```

Conversion heure decimale

```

Cells(debut, 27).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=24*RC[-22]"
Cells(debut, 27).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(debut, 27), Cells(debut + fin - init, 27)), T
=xlFillDefault
Range(Cells(debut, 27), Cells(debut + fin - init, 27)).Select
Selection.NumberFormat = "0.00"
Selection.Copy
Range(Cells(debut, 28), Cells(debut + fin - init, 28)).Select
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=-10
Cells(debut, 5).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Selection.NumberFormat = "0.00"
With Selection
.HorizontalAlignment = xlGeneral
.VerticalAlignment = xlBottom
.WrapText = False
.Orientation = 0
.ShrinkToFit = False
.MergeCells = False
End With
With Selection
.HorizontalAlignment = xlCenter
.VerticalAlignment = xlBottom
.WrapText = False
.Orientation = 0
.ShrinkToFit = False
.MergeCells = False
End With
ActiveWindow.LargeScroll ToRight:=2
Range(Cells(debut, 27), Cells(debut + fin - init, 27)).Select
Selection.ClearContents

```

```

uidité
kbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\hum\humpar1_3.xls"
kbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\hum\humpar2.xls"
# comp = debut To debut + fin - init

```

```

Windows(fich2).Activate
jo = Cells(comp, 3)
If ((Cells(comp, 4) = 1) Or (Cells(comp, 4) = 3)) Then
    Windows("humpar1_3.xls").Activate
    Lin = 2
    While ((jo <> Cells(Lin, 1)) And (Lin < 11))
        Lin = Lin + 1
    Wend
    If Lin < 11 Then
        Range(Cells(Lin, 7), Cells(Lin, 9)).Select
        Selection.Copy
        Windows(fich2).Activate
        Cells(comp, 17).Select
        ActiveSheet.Paste
        Cells(comp, 20).Select
        ActiveSheet.Paste
        Cells(comp, 23).Select
        ActiveSheet.Paste
    Else
        Windows(fich2).Activate
        Cells(comp, 17).Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "9999"
        Selection.Copy
        Application.CutCopyMode = False
        Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(comp, 17), Cells(comp, 25)), Type:=xlF

```

Default

End If

End If

```

If Cells(comp, 4) = 2 Then
    Windows("humpar2.xls").Activate
    Lin = 2
    While ((jo <> Cells(Lin, 1)) And (Lin < 22))
        Lin = Lin + 1
    Wend
    If Lin < 22 Then
        Range(Cells(Lin, 7), Cells(Lin, 9)).Select
        Selection.Copy
        Windows(fich2).Activate
        Cells(comp, 17).Select
        ActiveSheet.Paste
        Windows("humpar2.xls").Activate
        Range(Cells(Lin + 22, 7), Cells(Lin + 22, 9)).Select
        Selection.Copy
        Windows(fich2).Activate
        Cells(comp, 20).Select
        ActiveSheet.Paste
        Cells(comp, 23).Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(0.8*RC[-6])+(0.2*RC[-3])"
        Cells(comp, 23).Select
        Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(comp, 23), Cells(comp, 25)), Type:=xlF

```

Default

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-14

Selection.Copy

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _

False, Transpose:=False

Else

Windows(fich2).Activate

Cells(comp, 17).Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "9999"

Selection.Copy

Application.CutCopyMode = False

Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(comp, 17), Cells(comp, 25)), Type:=xlF

Default

' Range(Cells(comp, 17), Cells(comp, 25)).Select

' Selection.NumberFormat = "0.0000"

End If

End If

Next comp

Windows("humpar1_3.xls").Activate

ActiveWorkbook.Close

Windows("humpar2.xls").Activate

ActiveWorkbook.Close

Range(Cells(debut, 17), Cells((debut + fin - init), 25)).Select

Selection.Interior.ColorIndex = 2

l1e1 - 8

```
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .ShrinkToFit = False
    .MergeCells = False
End With
Selection.NumberFormat = "0.0000"

Sub
deletet()
1
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"
ows("init.xls").Activate
e j < 28 '29
2 = Cells(j, 1)
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2
("9:2000").Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
Range("H5").Select
veWorkbook.Save
veWorkbook.Close
ows("init.xls").Activate
j + 1

veWorkbook.Close
Sub

reto()
veWorkbook.Close
Sub

a()
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"
ows("init.xls").Activate
2 = Cells(1, 1)
veWorkbook.Close
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2
Sub
```

```
Sub v()  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\view.xls"  
Windows("view.xls").Activate  
End Sub  
Sub vie()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\view.xls"  
Windows("view.xls").Activate  
End Sub  
Sub b()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(2, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub cd()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(3, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub d()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(4, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub e()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(5, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub f()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(6, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub g()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(7, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub h()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(8, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub  
Sub i()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(9, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
jj()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(10, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
k()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(11, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
lm()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(12, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
m()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(13, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
n()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(14, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
o()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(15, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
p()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(16, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
q()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(17, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
r()  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
dows("init.xls").Activate  
h2 = Cells(18, 1)  
iveWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```

```
s()
```

Module1 = 11

```
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(19, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub totot()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(20, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub totota()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(21, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub tototb()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(22, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub tototc()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(23, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub tototd()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(24, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub totote()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(25, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub tototf()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"  
Windows("init.xls").Activate  
fich2 = Cells(26, 1)  
ActiveWorkbook.Close  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
End Sub
```

```
Sub totalview()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\total.xls"  
Windows("total.xls").Activate  
End Sub
```

```
Sub somm()  
ActiveWorkbook.Close  
End Sub
```

```
Sub totfg()  
Workbooks.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\init.xls"
```

lel - 12

```
ows("init.xls").Activate  
2 = Cells(27, 1)  
veWorkbook.Close  
books.Open FileName:="C:\home\chailan\rad95\excel\" & fich2  
Sub
```