

# Gestion et interprétation des données dans les sciences de la terre

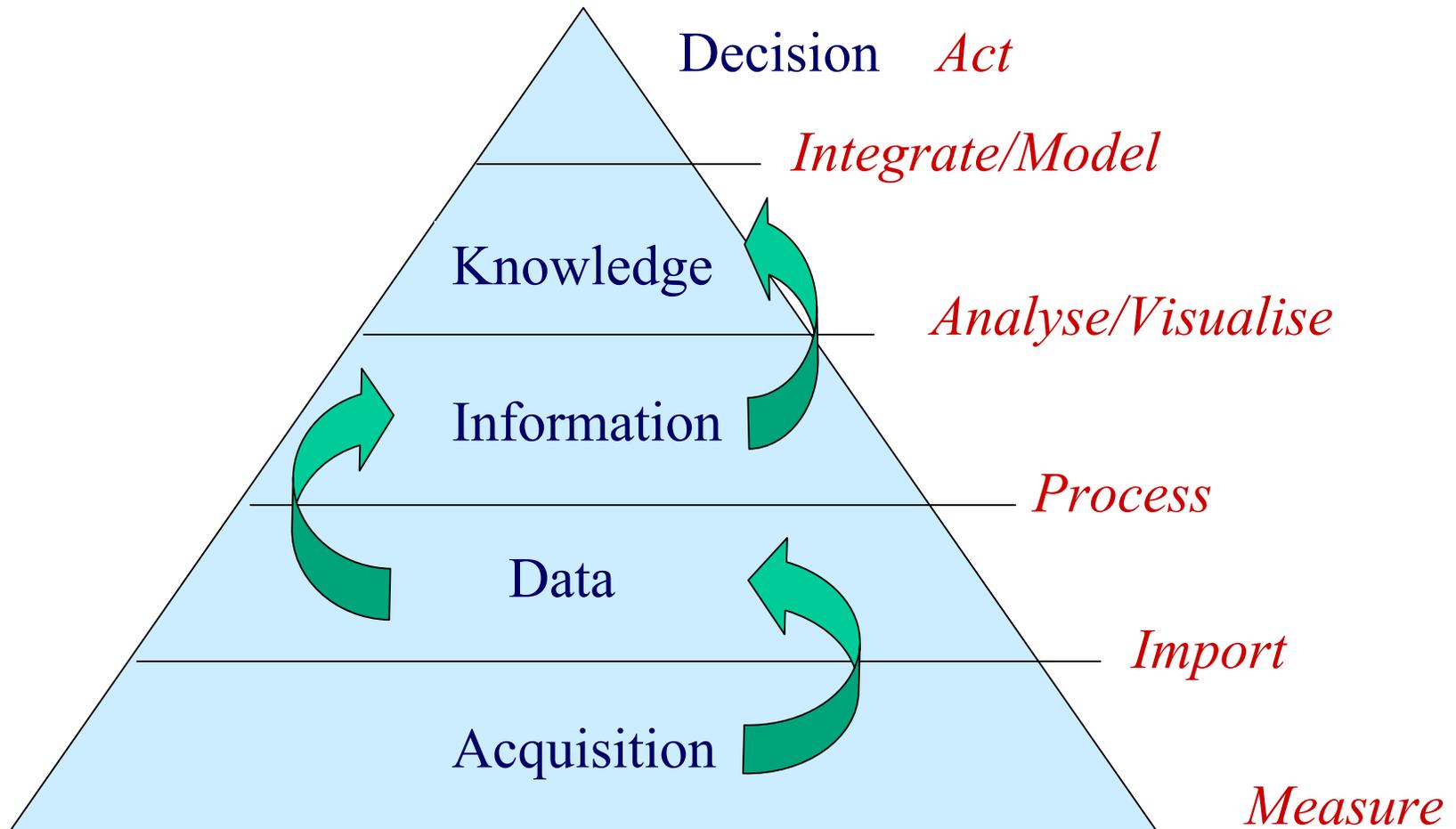
- La principale mission des professionnels des sciences de la terre est d'améliorer la connaissance et la composition de la structure de la surface de la terre, et de la rendre disponible pour des applications comme la recherche scientifique, la gestion du territoire, l'évaluation des ressources naturelles et de la protection de l'environnement

# Le défi

- L'extrême diversité de l'information (en termes de nature, qualité, homogénéité...) rend cette mission très difficile et consommatrice en temps
  - Pour donner une image, la modélisation des variations climatiques permet une prévision à la semaine , mise à jour instantanément dès que les paramètres sont acquis
  - Mettre à jour un modèle hydrogéologique nécessite souvent de prendre en compte des paramètres comme l'existence de profils d'altération, la présence de grandes failles perméables en profondeur où la géométrie complexe des aquifères plissés, pour lesquels l'incertitude géologique reste élevée

# Earth Science Information/Process Model

(Hollyer et al., 1997)



# Termes de base

- **Acquisition:** tout élément relatif à la collecte des données
  - Conception des levés, contrôle qualité, collecte des paramètres physiques ou électroniques des mesures ou des échantillons...
- **Données:** observations non traitées
  - Une observation géologique spécifique, une mesure géophysique, une valeur géochimique, la localisation des échantillons...
- **Information:** un ordre ou un « patron » (pattern) reconnu dans les données
  - Données géophysiques filtrées, mises à niveau ou « en grille », carte lithologique construite à partir des observations géologiques ...
- **Connaissance:** observation organisée
  - La somme de toutes les expériences
    - Les expériences des scientifiques de la terre
    - La formation formelle
  - L'analyse et la visualisation des données et de l'information

# Les systèmes d'information des sciences de la terre

Les systèmes d'information fournissent des outils qui assurent:

- La superposition de différents formats d'information
  - Vecteur, soit des points, lignes ou polygones référencés spatialement et orientés auxquels des informations sémantiques sont liées
  - Image
  - Grille, soit une information réparti suivant des lois mathématiques
- La définition de nouveaux lots d'information résultant de la combinaison de différents thèmes d'information

# Les perspectives

- Ainsi, le développement des systèmes d'Information des sciences de la terre fournissent une opportunité de
  - Donner et avoir accès à l'information disponible
  - Analyser différentes sources d'information complémentaires , acquises indépendamment
  - Interpréter ces lots de données pour mettre à niveau la connaissance de la structure et de la composition de la terre et du domaine souterrain
  - Intégrer l'information géologique dans un cadre d'information plus large, incluant l'imagerie satellitaire et géophysique

# La géophysique, définitions

- La géophysique, ou physique de la terre, est un ensemble de méthodes d'étude des propriétés physiques du globe terrestre
- Les propriétés physiques sont évaluées in situ ou déduites des phénomènes physiques qui sont associés à la dynamique de la terre (champ magnétique, force de pesanteur, radioactivité naturelle, flux de chaleur...)
- La constitution de la terre est déduite de la répartition dans l'espace de ces propriétés physiques

# Les méthodes géophysiques

- Les méthodes dites de potentiel reposent sur l'étude des champs de
  - pesanteur, fonction de la propriété « densité »
  - magnétisme, fonction de la propriété « susceptibilité magnétique »
  - électrique, fonction de la propriété « conductivité »
- Les méthodes de détection du rayonnement captent les émissions électromagnétiques et radioactives de la surface de la terre
  - fonction des propriétés de réflectance et de radioactivité
- Les autres méthodes concernent la propagation des ondes (sismologie, sismique réflexion, réfraction...)
  - fonction des propriétés de vitesses de propagation

# Les méthodes géophysiques, des outils d'aide à la connaissance géologique

- La cartographie des champs de potentiel et des rayonnements présente des variations dont la source est partiellement liée à la lithologie et aux structures géologiques
- La modélisation 2 ou 3D des champs de potentiels fournit des contraintes à l'extrapolation et à l'interpolation des données géologiques
- La propagation des ondes fournit une imagerie unique de l'espace souterrain, en 2 ou 3D, une échographie de l'intérieur de la terre

# Le traitement des lots de données géophysiques et géologiques

- L'information géophysique, acquise ponctuellement, en lignes ou suivant une maille, fournit une répartition cartographique de ces paramètres physiques qui peut être représentée en grille (format RASTER)
- Cette information peut être superposée à l'information géologique vectorisée (limites lithologiques, failles, champs de déformation...).
- La manipulation des couches RASTER ouvre des capacités de traitement, différentes hypothèses pouvant être testées en appliquant des filtres ou en calculant de gradients

# Un système d'information propre à la cartographie

## Arcinfo

- file.e00  
*import71*

## Arcview (file.apr)

- Geological\_contours (*file.shp*)
- Geological\_data (*file.shp*)
- Magnetics
- Radiometry
- Satellite (*file.shp, file.tif*)

## Geological data

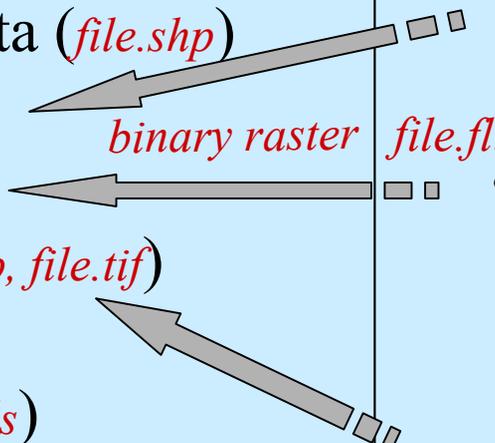
- Outcrops (*file.xls*)
- Commodities (*file.xls*)

## Geosoft (file.gws)

- Magnetics  
*Grid*  
*Profile*  
*Map*
- Radiometry  
*Grid*  
*Profile*  
*Map*

## Ermapper

- Images



# L'exemple d'un projet d'interprétation

*SYSMIN, NAM/SYS/18/2000*

- Plus de la moitié du territoire Namibien a été volé par des levés géophysiques haute résolution
- Les données géophysiques HR- magnétisme et radiométrie – ont été acquises dans le cadre d'un programme à long-terme visant à la couverture complète de la Namibie en 2008
- Les levés, réalisés le long de lignes espacées de 200m avec des lignes transverses séparées de 2500m à une altitude de 80 à 100m, fournissent des lots de données exceptionnels
- L'objectif du projet d'interprétation était de réaliser une interprétation intégrée de ces lots de données

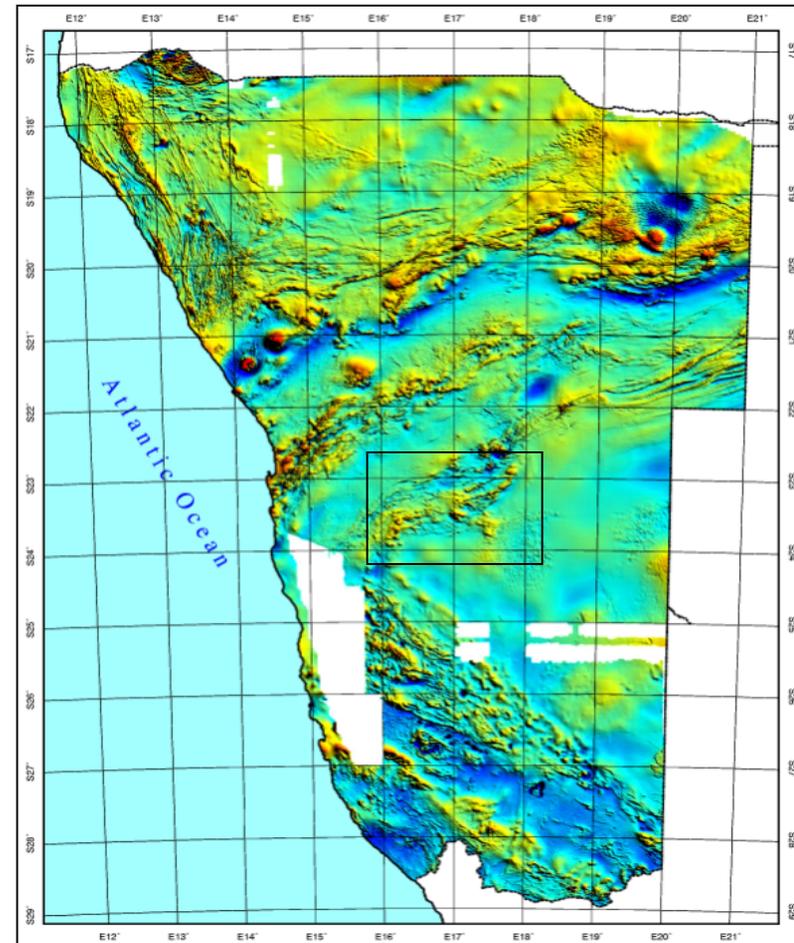
# Des cas d'étude

- La méthodologie d'interprétation
- La procédure est appliquée pour la cartographie des séquences sédimentaires du Néoproterozoïque continental et marin de l'avant pays sud de l'orogène Damara (Namibie, Rehoboth region)
- Des exemples de traitement de
  - Vecteurs
  - Images
  - Grilles

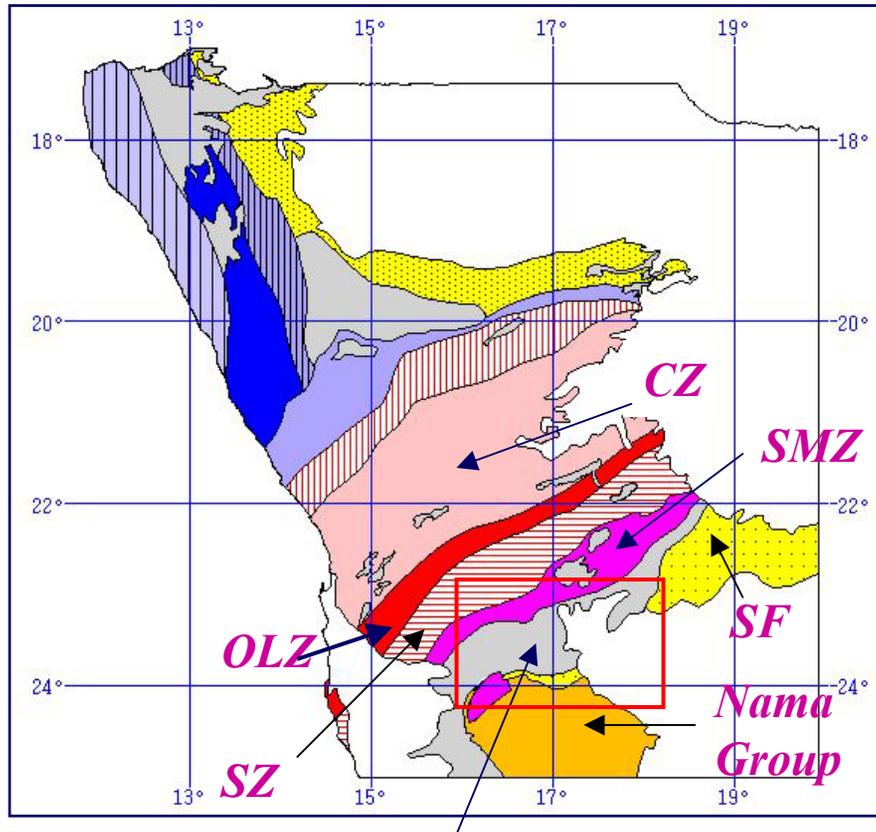
# General framework

- High-resolution geophysical data - magnetics and radiometrics - have been acquired as part of a long-term programme aimed at obtaining complete coverage of Namibia by the year 2008
- Surveys flown with:
  - 2500m ties
  - 200m line spacing
  - terrain clearance of 80 to 100m

The aeromagnetic map of Namibia



# Geological framework



*Pre-Damara basement*  
Tectonostratigraphic zones of the  
Damara Orogen (Miller, 1983)

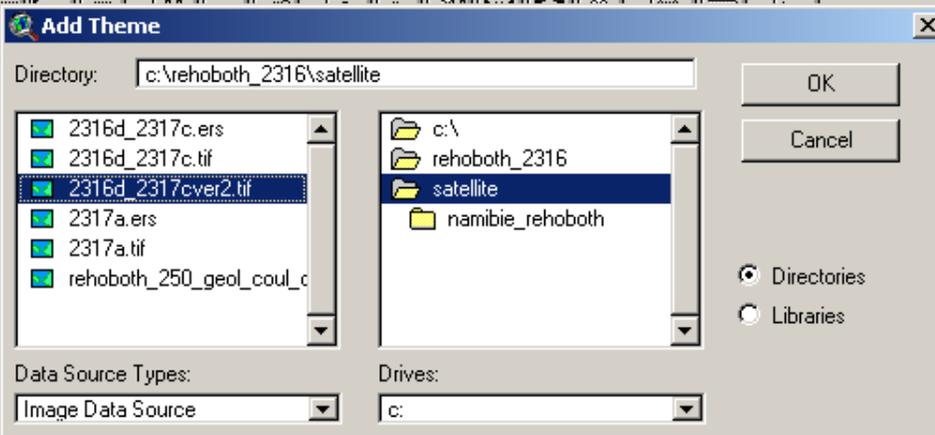
- The Southern branch of the Damara belt
  - A south marginal zone (SMZ) including tectonised Damaran sequences
  - A Pre-Damara basement composed of Paleoproterozoic and Mesoproterozoic terranes
  - A Neoproterozoic cover sequence and foreland basin (Nama group, SF)
- The Rehoboth area as a case-history

# Gestion des fichiers vecteurs

- L'information géologique est disponible dans les fichiers vecteurs et les tables d'attributs
- **ArcInfo** est utilisée pour tous les travaux graphiques comme les digitisations, codages... Cette utilisation est réduite aux utilisateurs spécialisés
- **ArcView** est spécialement conçu pour gérer des informations spatiales et l'information sémantique comme la lithologie, l'âge des terrains, l'orientation des structures.... Son utilisation est assez "friendly user"
- **ArcView** fournit des Systèmes d'Information Géologique Géophysique

# Gestion des images

- Satellite view or any image provide a pixel-shape information
- Image processing requires software like **Ermapper** or GIS extensions like **ArcView Image Analysis**
- Images can be incorporated in the **ArcView** GIS environment as exchange formats (georeferenced .tiff or .jpeg) exist
- Supervised or unsupervised classification can be done using **Ermapper** software or extensions like **SynArc**

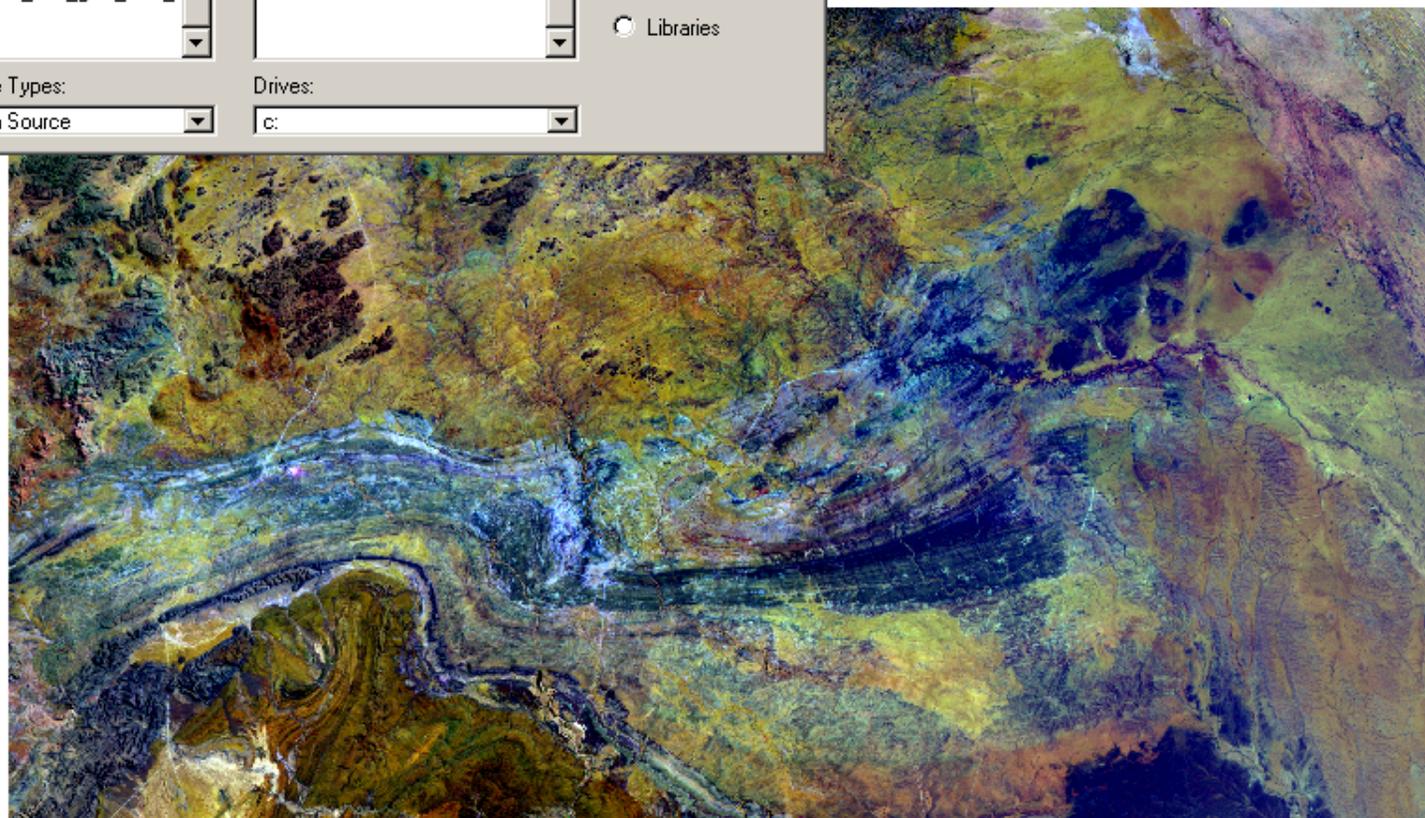


Scale 1: 518,917

659,133.31  
7,411,041.30

View2

2316d\_2317cver2.tif

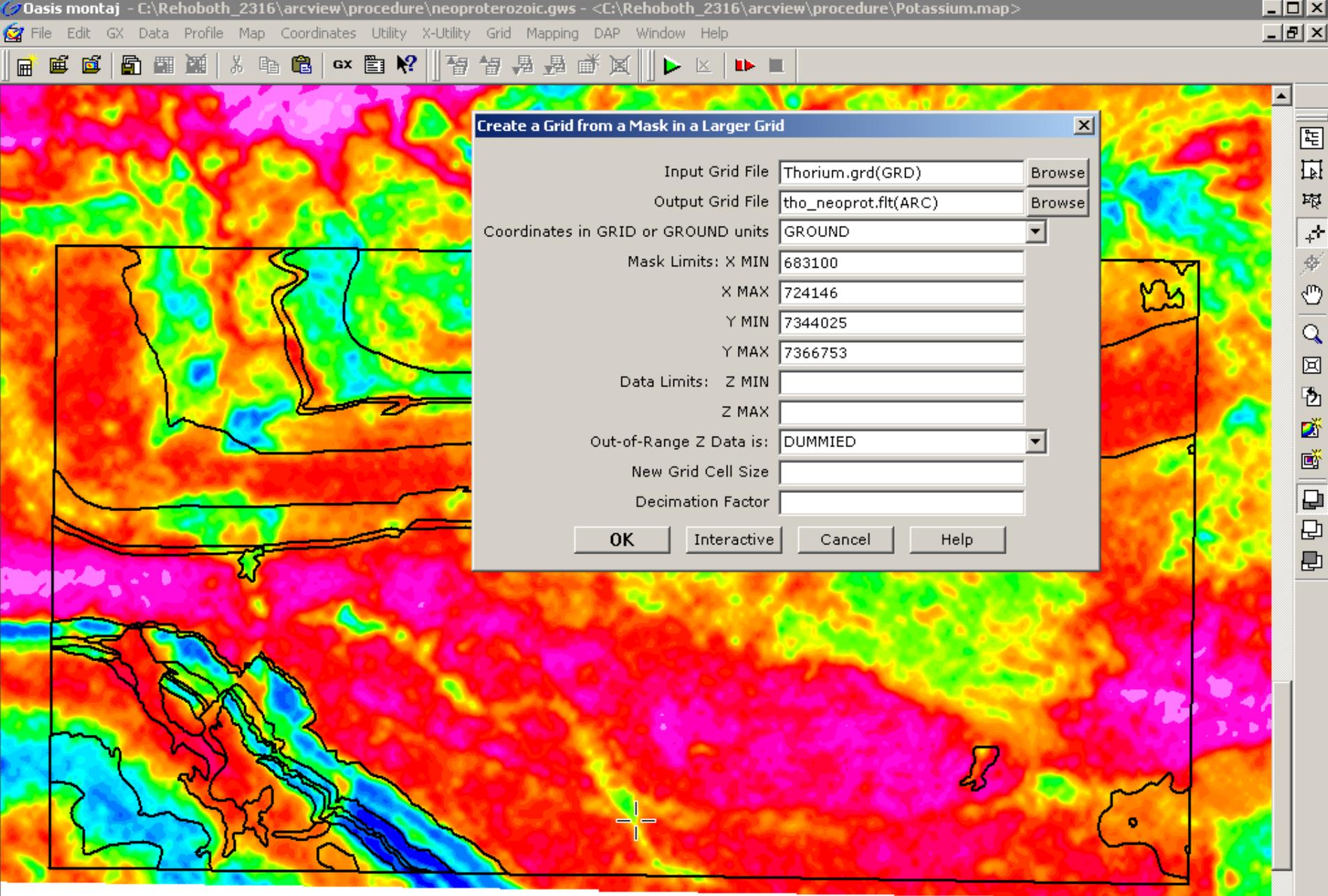


Ermapper → ArcView

• An image processed under Ermapper is imported in ArcView

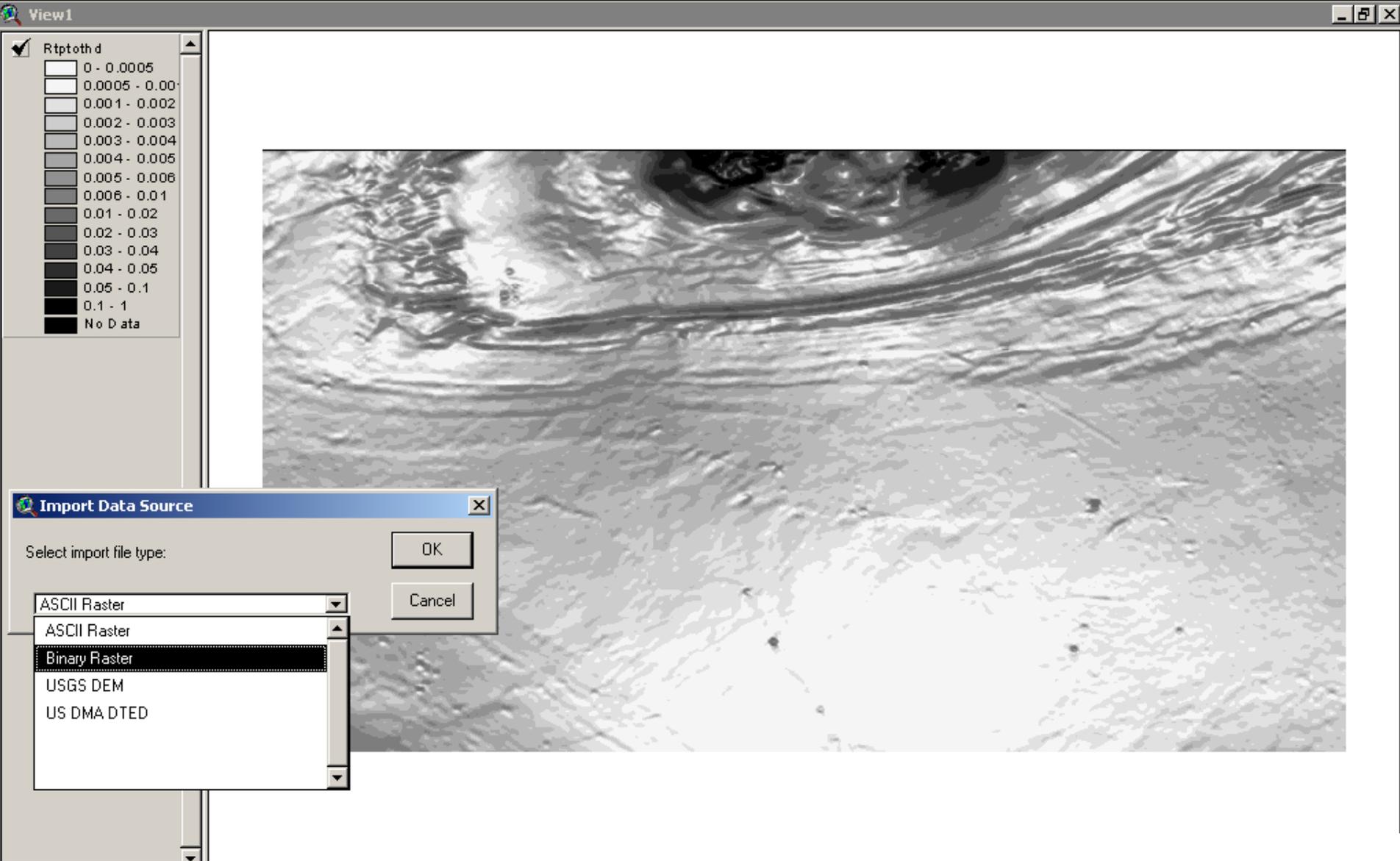
# Gestion des grilles

- Geophysical information is available through grids
- **Geosoft** and **Intrepid** are used to apply mathematic filters and produce different types of grids defined according to the need of the interpretation process
- Grids can be incorporated in the GIS environment if a special extension for grid management is available, **Spatial Analyst** for **ArcView**
- Calculation on the combination of grids and vector file can be done in the GIS environment, using extensions like **Spatial Analyst** or **SynArc**
- Supervised or unsupervised classification can be done using **SynArc**



- Grids are processed and windowed in Geosoft and exported as .flt file to ArcView

Geosoft



ArcView, Spatial Analyst

structural analysis using SynArc extension



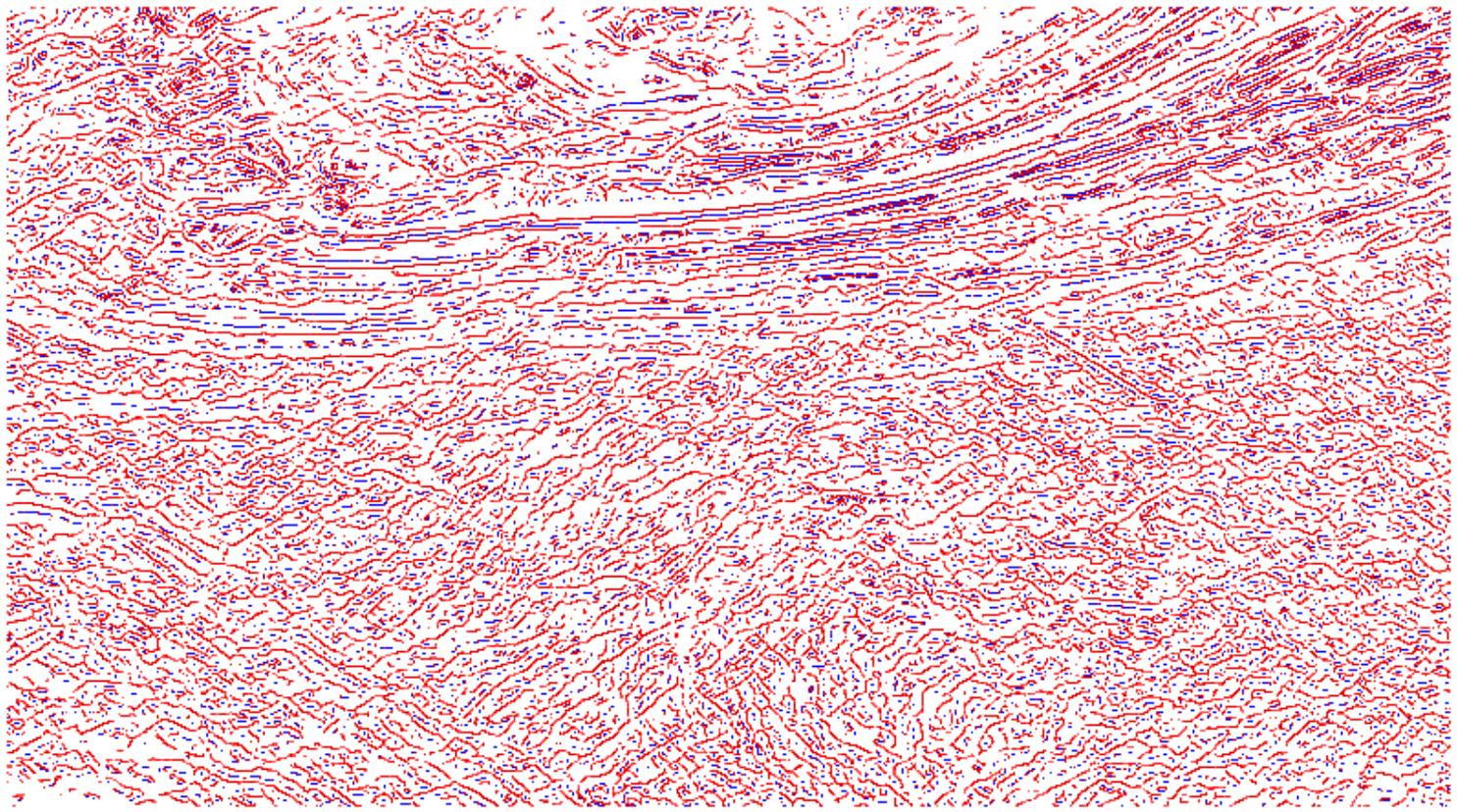
**View1**

Curv1

- 0 - 40
- 40 - 80
- 80 - 120
- 120 - 160
- 160 - 200
- 200 - 240
- 240 - 280
- 280 - 320
- 320 - 360
- No Data

Rtpthod

- 0 - 0.0005
- 0.0005 - 0.001
- 0.001 - 0.002
- 0.002 - 0.003
- 0.003 - 0.004
- 0.004 - 0.005
- 0.005 - 0.006
- 0.006 - 0.01
- 0.01 - 0.02
- 0.02 - 0.03
- 0.03 - 0.04
- 0.04 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 1
- No Data



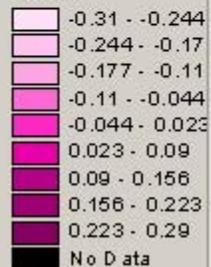
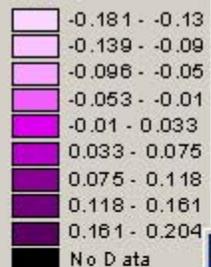
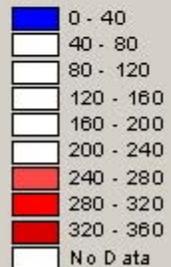
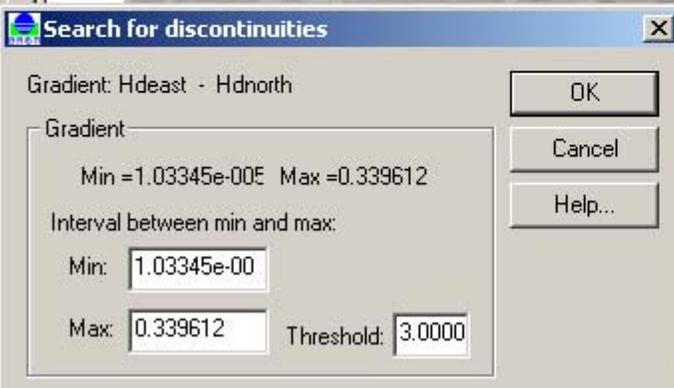
ArcView, Spatial Analyst, SynArc

- The horizontal curvature provides an image of the structural pattern



View1

 SYN2.SHP

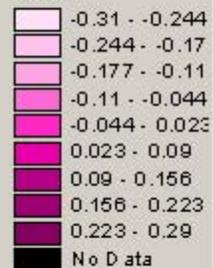
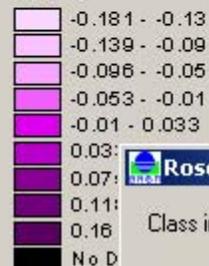
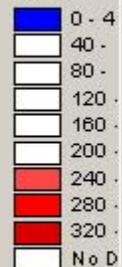
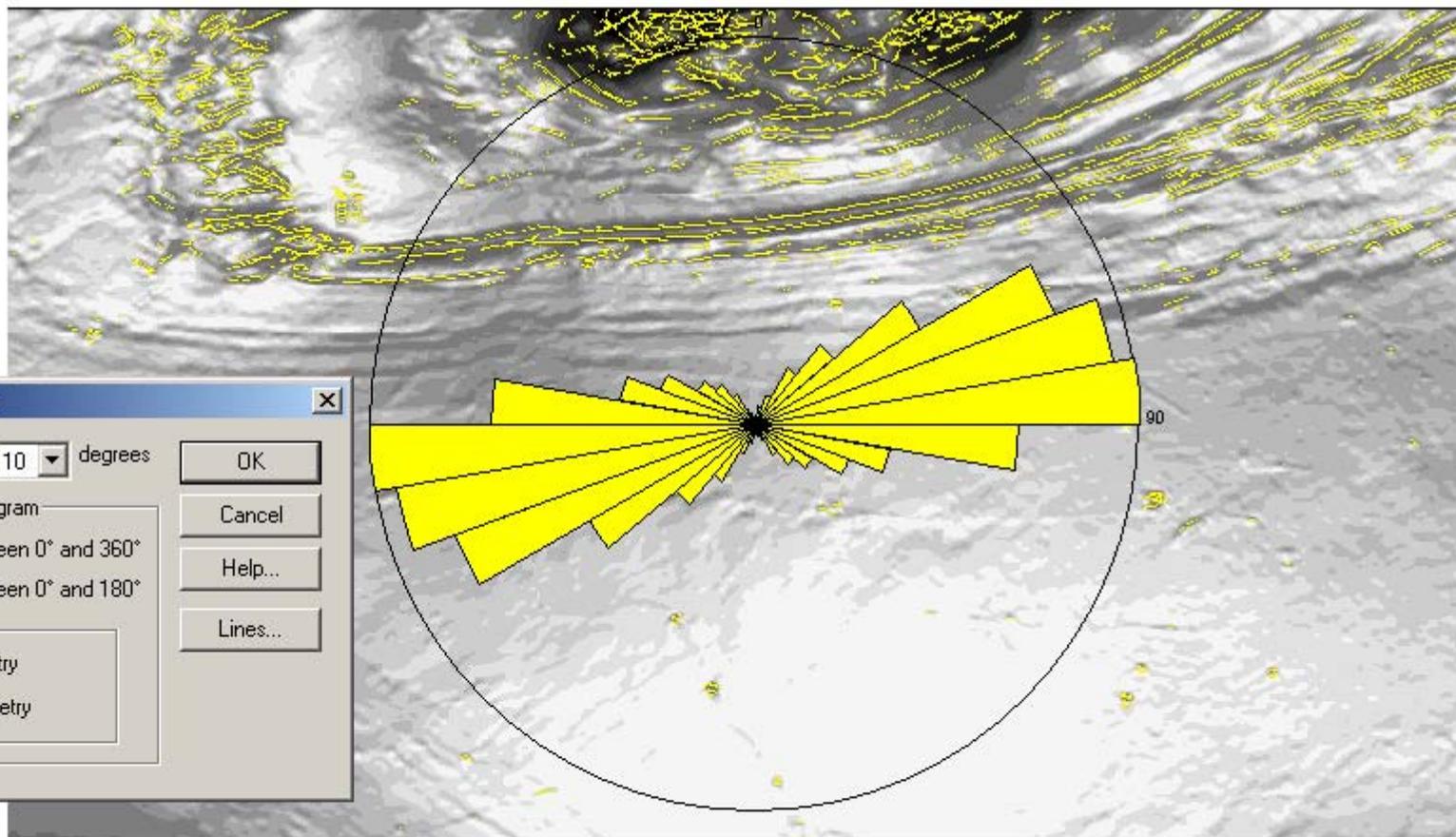
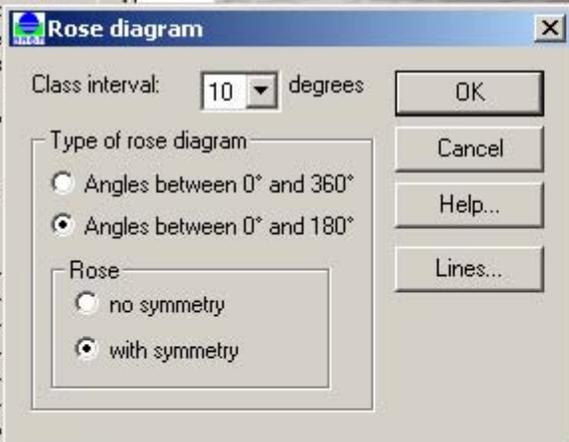
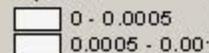
 Hdnorth

 Hdeast

 Curv1

 Rtnorthd


to a search of discontinuities along the horizontal gradients of the magnetic field



View1

 SYN2.SHP

 Hdnorth

 Hdeast

 Curv1

 Rtpothd


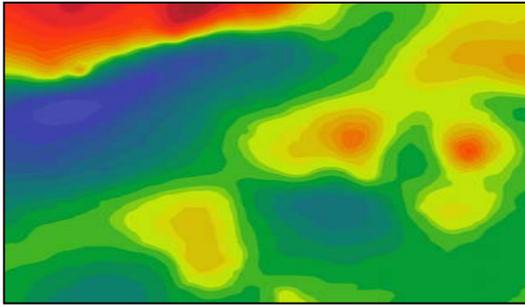
ArcView, Spatial Analyst, SynArc

- Rose diagrams provide a statistical approach of the structural pattern

# Le schéma structural

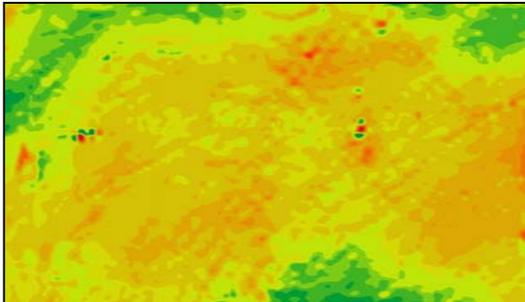
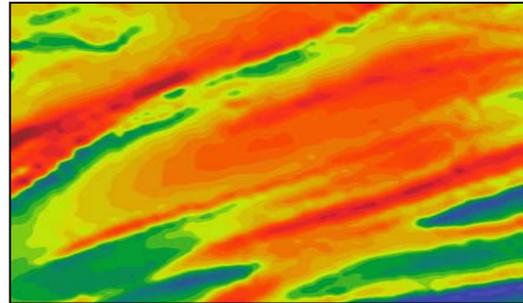
- Les structures sont révélées par des linéaments magnétiques sécants ou produisant la réorientation des structures régionales ou des lithologies
  - Faulting, folding or shearing can be deduced from linear textures, en-echelon structures, continuity vs discontinuity, arcuate shape, structural or metamorphic alteration...
- Anomalies sont décrites suivant: Forme, Longueur d'onde, Amplitude, Direction, niveau de fond, Texture (Linéaire vs planaire)

# Caractérisation des anomalies



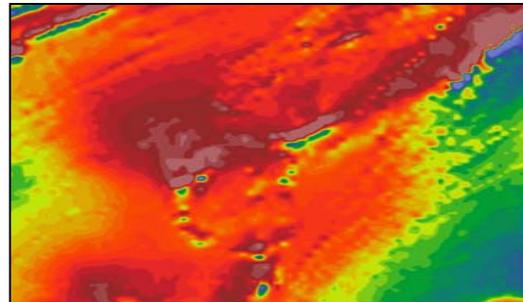
Shape: Circular  
Wavelength: Long  
Amplitude: Med / Low  
Strike Directions: NE  
Background: Normal  
Texture: Planar

Shape: Stretched  
Wavelength: Long / Short  
Amplitude: Medium  
Strike Directions: NE  
Background: Normal  
Texture: Plano-linear

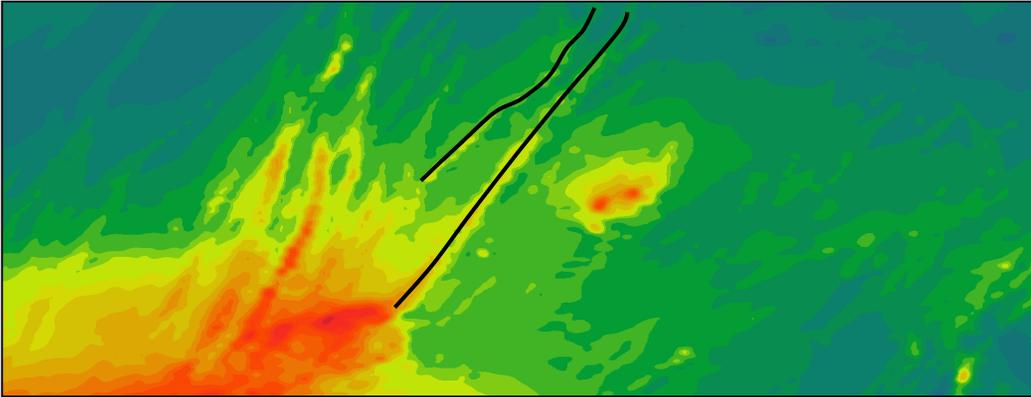


Shape: Random  
Wavelength: Short  
Amplitude: Low  
Strike Directions: NNE, NE  
Background: Med / High  
Texture: No

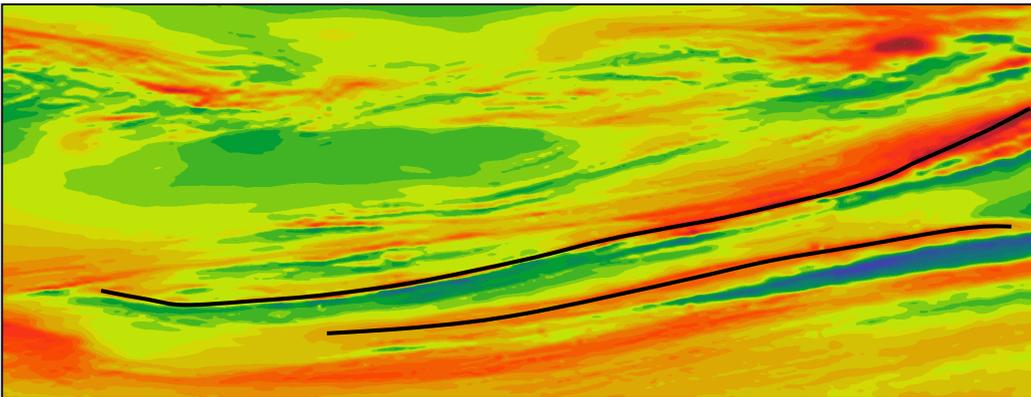
Shape: Random  
Wavelength: Short  
Amplitude: High  
Strike Directions: NE, ENE  
Background: High  
Texture: Planar



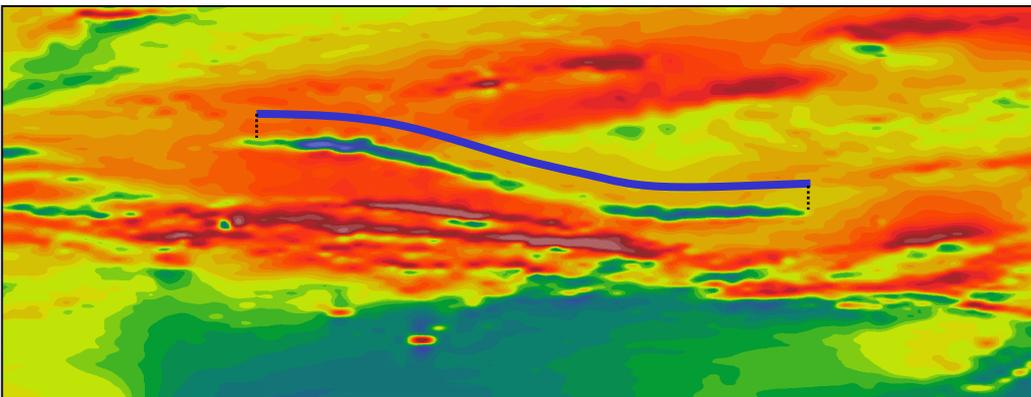
# Direct structural markers



Directly indicated magnetic linear structure interpreted as dyke



Directly indicated magnetic linear structure interpreted as bound to lithology

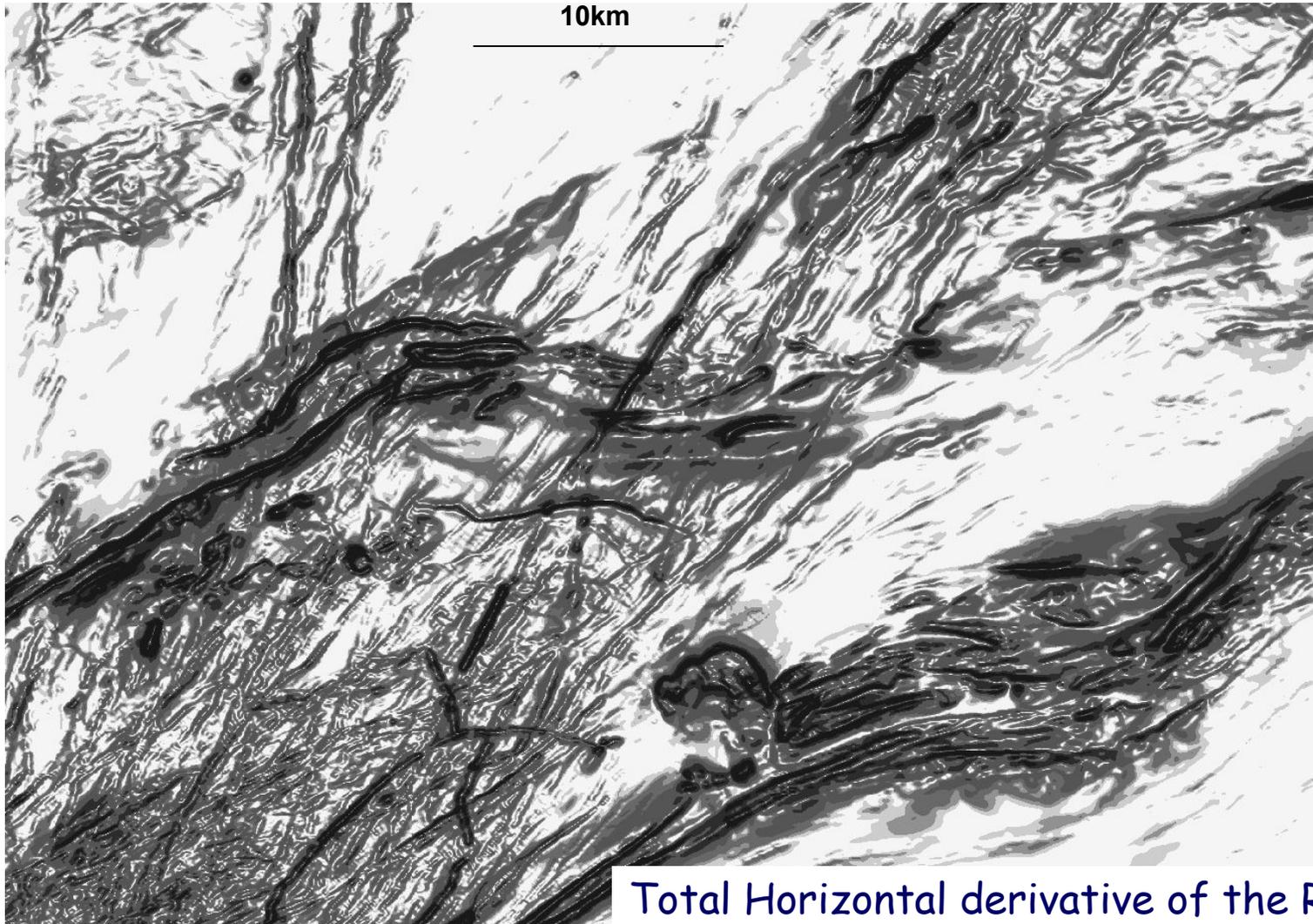


Directly indicated magnetic linear structure interpreted as bound to lithology with remanent magnetization

# Basic structures illustrated

- Caldera, dyke network
  - Folding and boudinage
  - Faulting and fracturing, Shearing
  - Pressure shadow, En-echelon structures
  - Linear textures (stretching, intersection)
  - Tectonic indentation
  - Structural or metamorphic alteration of primary signal
- Analyse and underline the structures on the following images of 2 areas

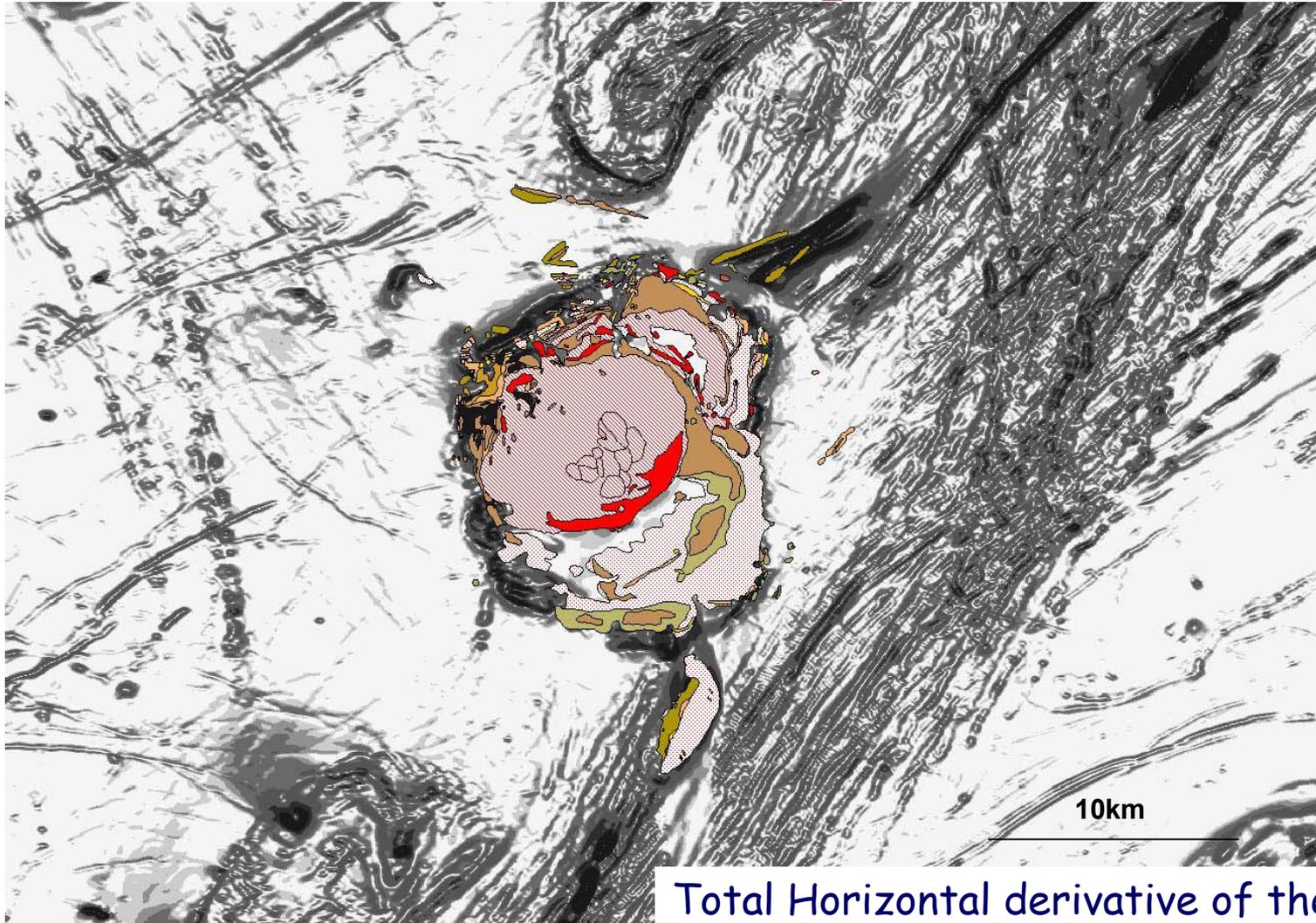
# Doleritic dyke network



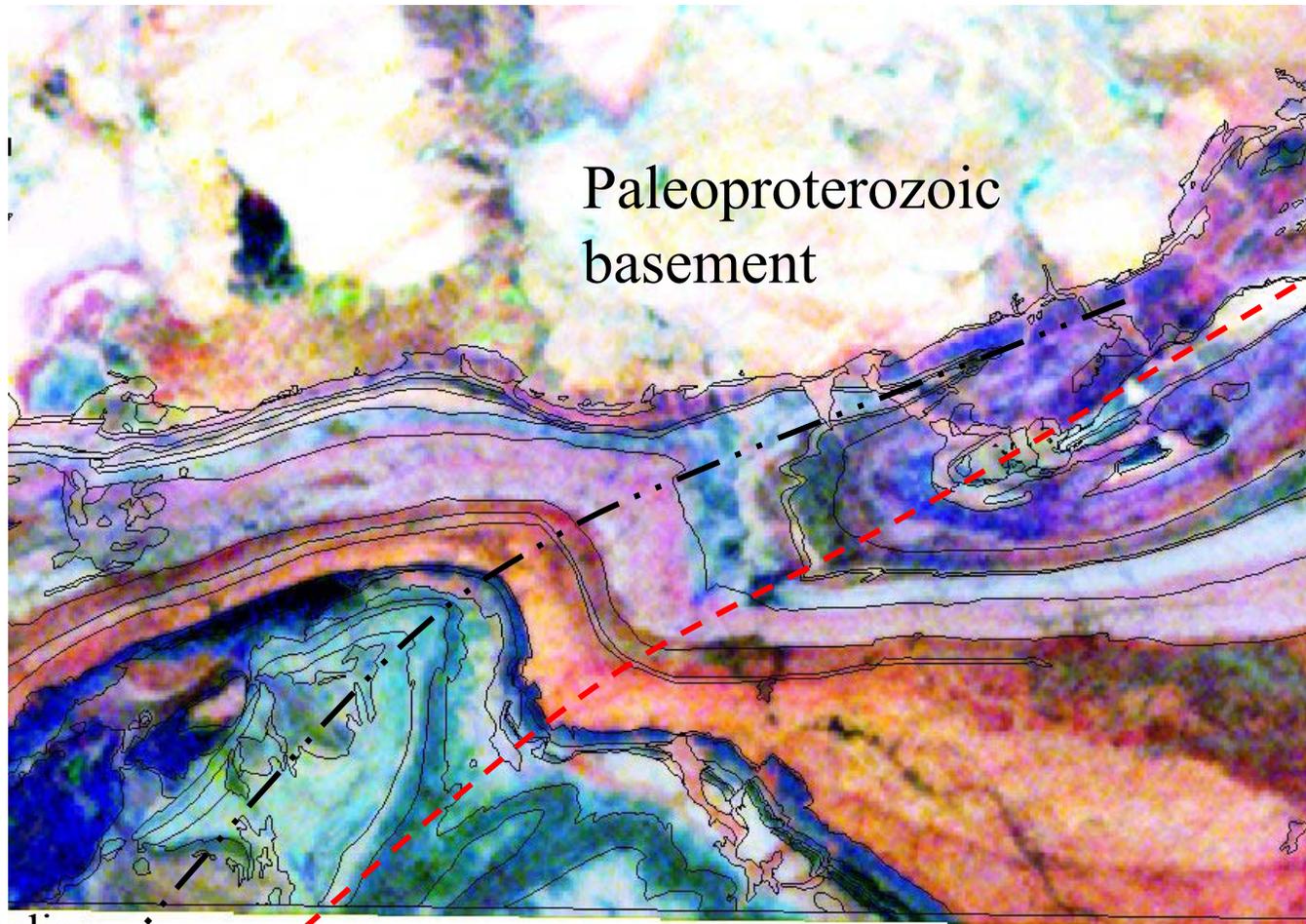
# Caldera, the Cretaceous Paresis Damara Alkaline Complex



# Caldera, the Cretaceous Paresis Damara Alkaline Complex



# Foreland evolution and folds



Neoproterozoic  
Foreland of the  
Damara orogen  
(S margin)

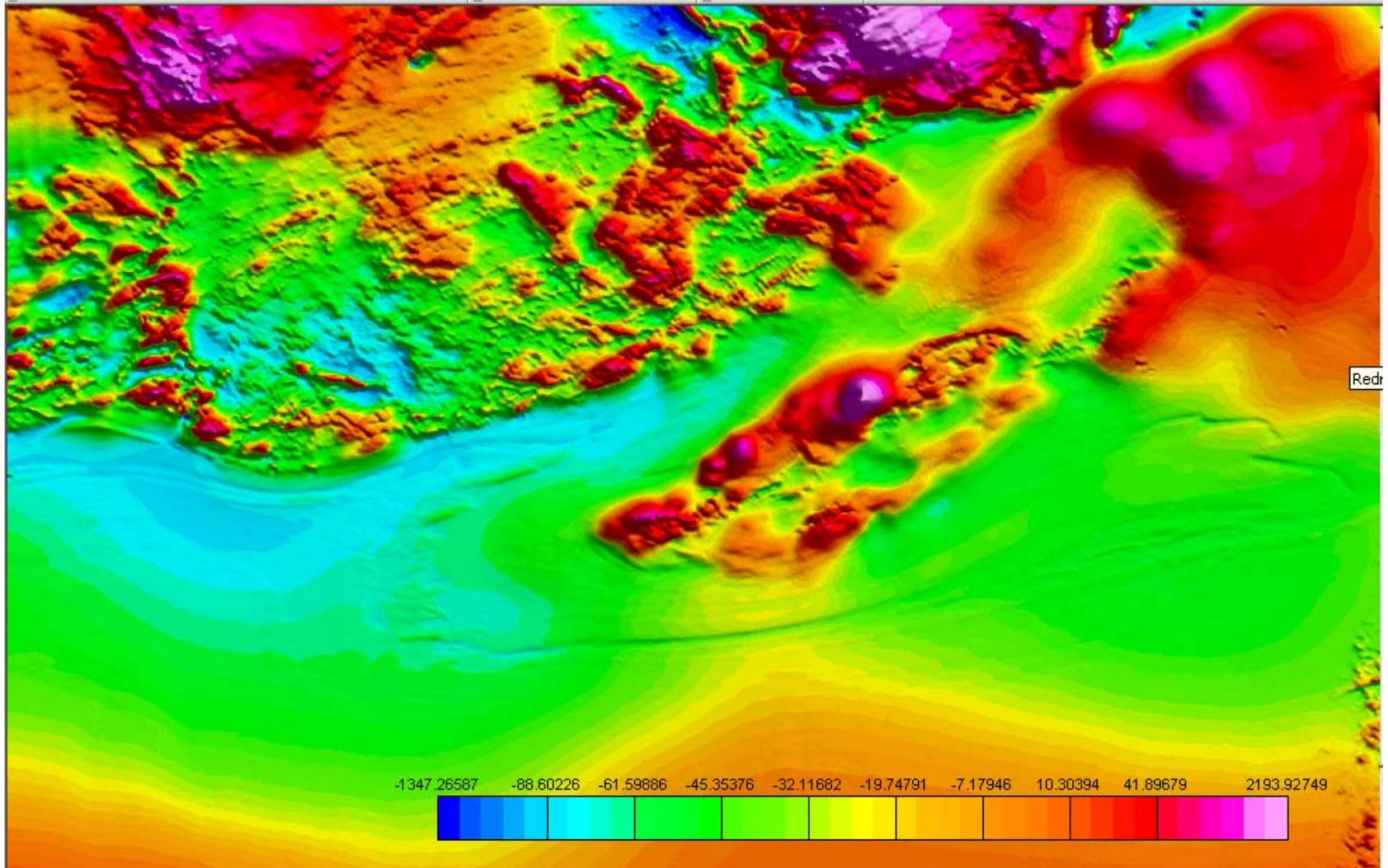
Syncline

Anticline

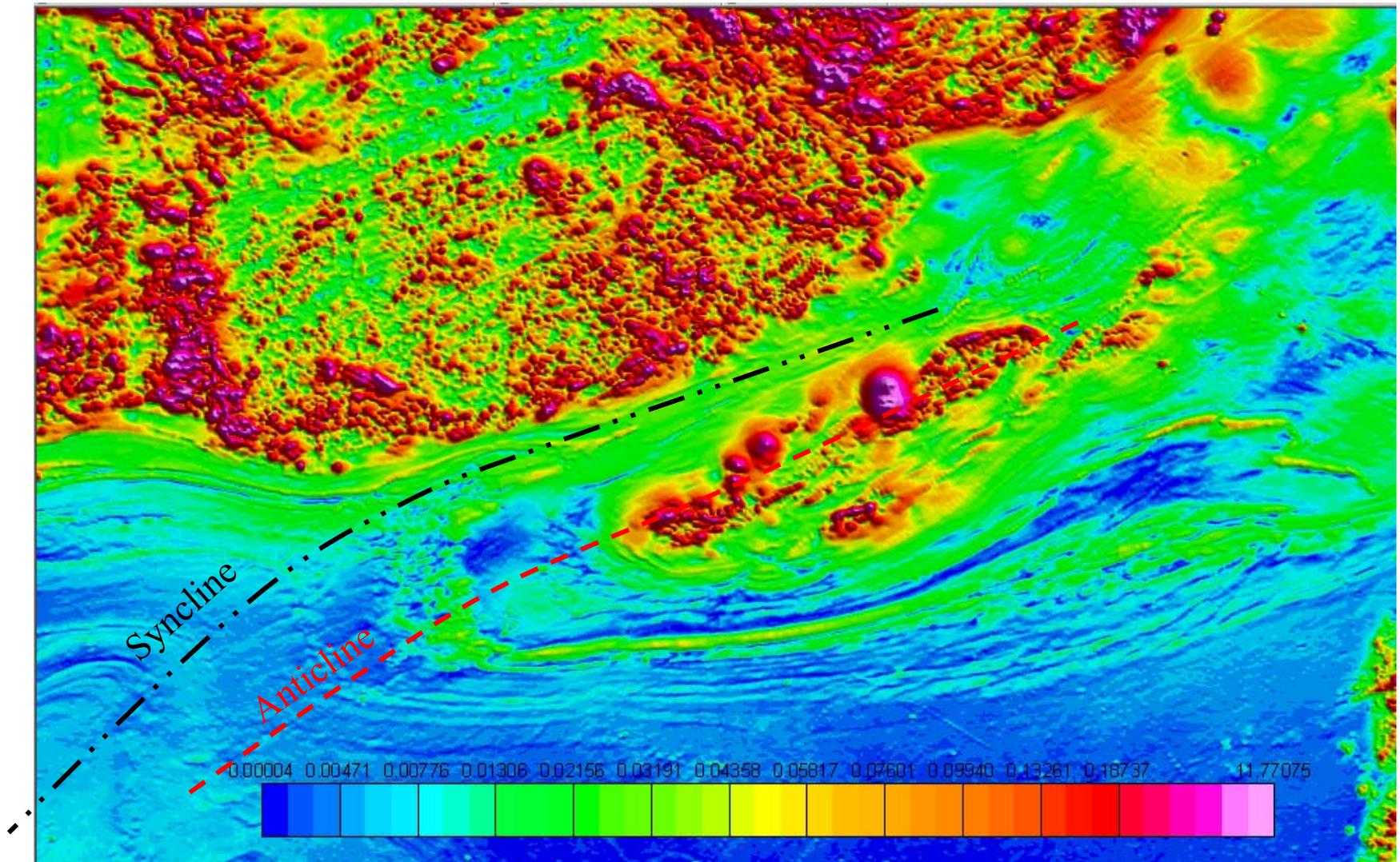
10km

Ternary map of radioelements

# Magnetic field reduced to the pole



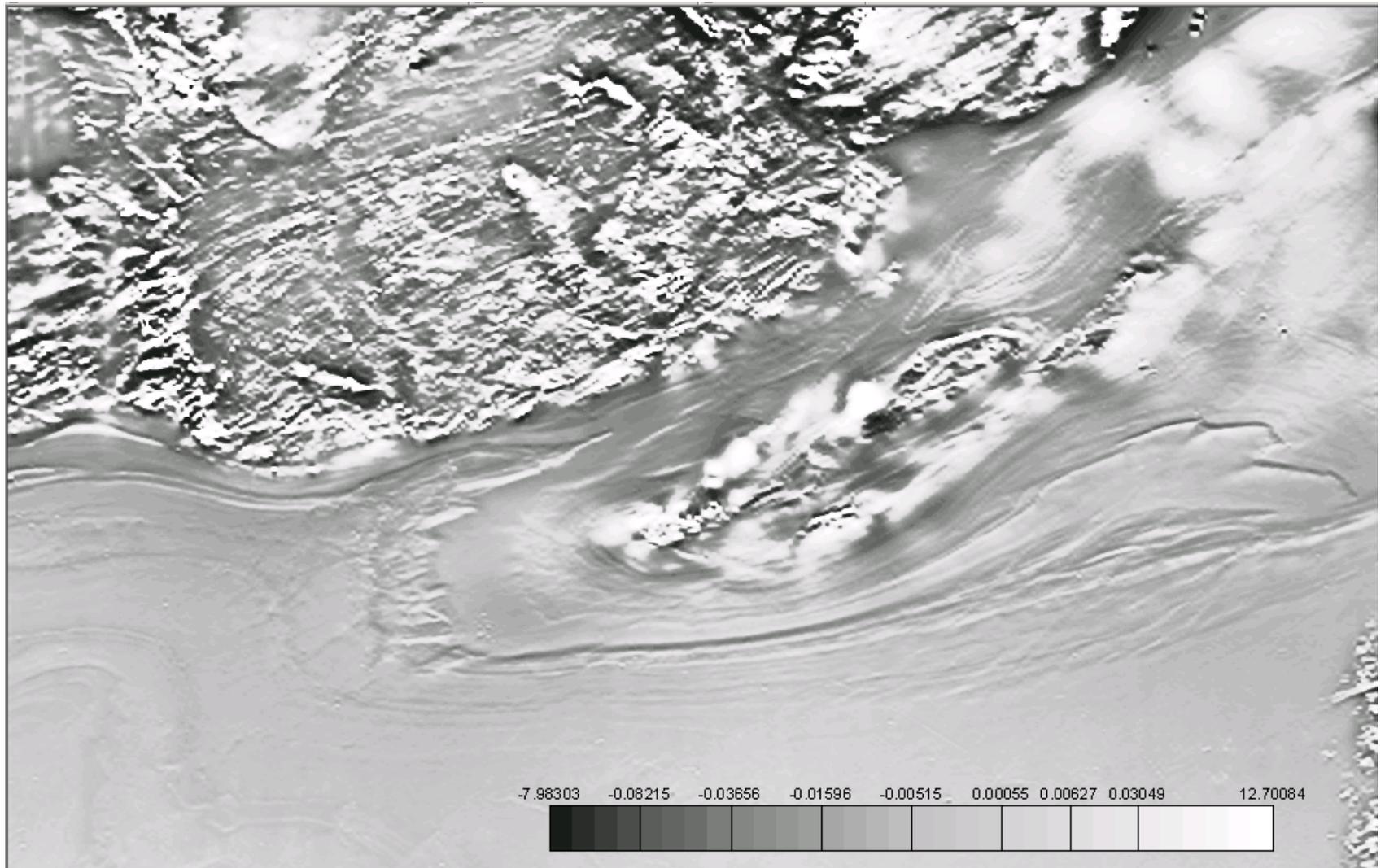
# Foreland evolution and folds



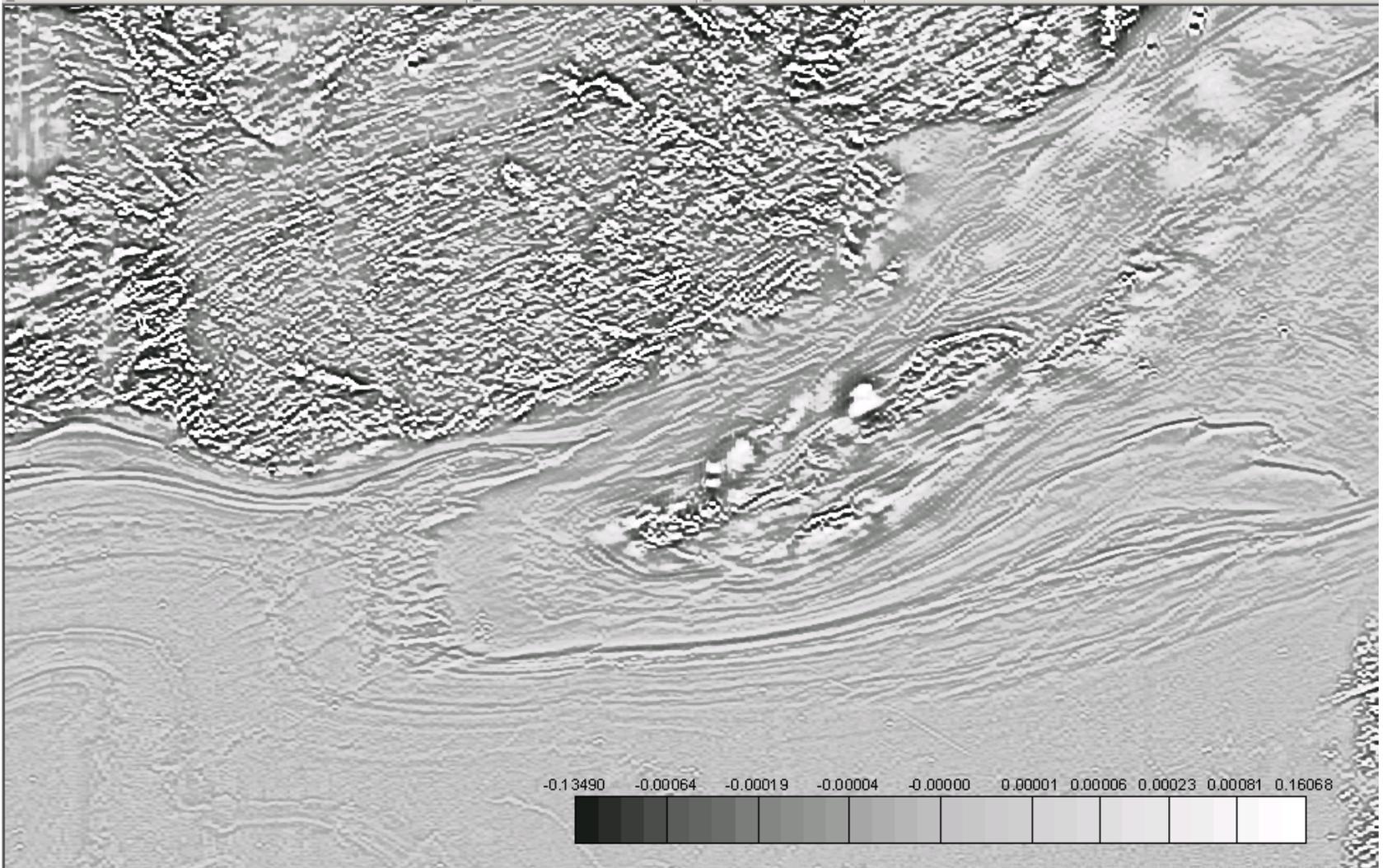
10km

Analytical signal of the magnetic field

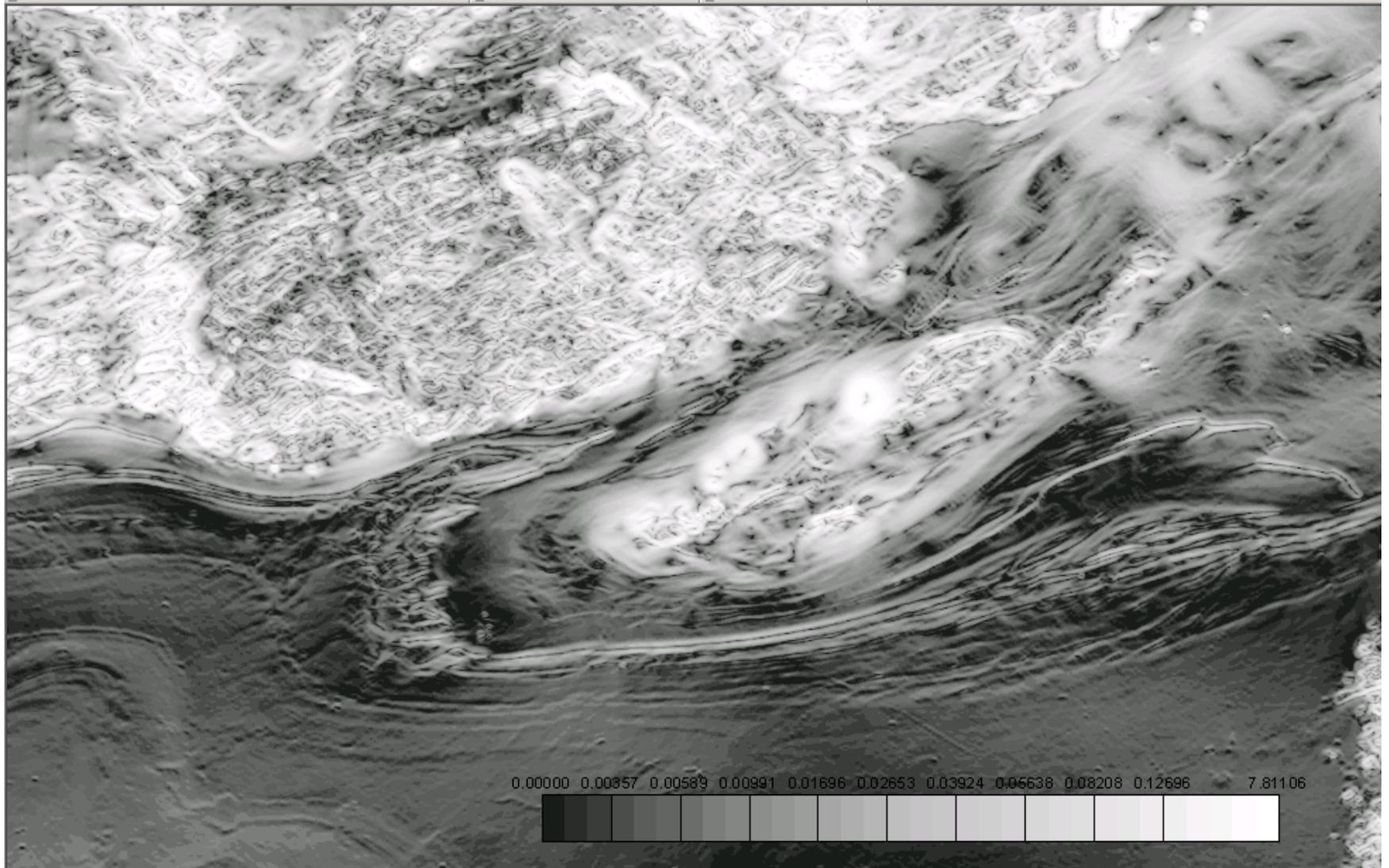
# 1st vertical derivative of the RTP



# 2ème Dérivée Verticale de la Réduite au Pole



# Dérivée horizontale Totale de la RTP



# Conclusions

- Les systèmes d'Information Intégrés Géologiques et Géophysiques fournissent de nouveaux outils pour l'interprétation des données géophysiques et la réévaluation des données géologiques régionales
- Les progrès de la connaissance scientifique résulte principalement de la combinaison de lots de données multi-sources comme
  - *nouvelles informations et lots de données résultant de la combinaison des lots de données existant*
  - *la cohérence de chaque point, line ou surface interprétée peut être testée instantanément avec toute image ou grille affichée*