

Session III

Approximation et Modélisation Appliquées aux Sciences de l'Environnement et des Ressources Naturelles

Urban life modelling on Croatian coastal areas and Islands

Agic Ante¹ & Mijovic Budimir²

¹Faculty of Chemical Engineering and Technology, aagic@marie.fkit.hr

²Faculty of Textile Technology, bmijovic@ttf.hr

University of Zagreb, Croatia

Abstract

The urban development of Croatian coast and island is greatly influenced by tourism development. The interpretation of urban life simulation processes may be useful tool in government planner's hands in the future urban development. The simulation of urban development becomes important to both public institutions and industry. Stressful urban life, induced by different climate in the various parts of Croatia, influences considerably the drive of the people to spend their holidays on Adriatic coast and islands. This is a phenomenon happening at a global European scale. A correct representation of these phenomena can be studied as part of global system. The Adriatic Sea is very sensitive to seasonal and interannual climatic variations (dominance of the Bura winds). Life style varied from rural to high urban society.

A modelling framework consist of two linked models – one for macro-level processes and another for the micro-level scale. Both components exchange results continuously during the simulation and get the data relevant for their level of detail from the same geographical database, such as GIS (Geographical Information Systems). At the macro-level scale, the modelling framework integrates several sub-models, representing the natural, social, and economic sub-systems. The micro-level model is developed on a cellular array with Cellular Automata transition rules. The morphology of coast and cities may be regarded as a balance between ordered and chaotic structuring elements, a phenomenon, which has already been identified for some cellular automata. To deal more realistically with interaction mechanisms such as segregation, diffusion, clustering and agglomeration, or repulsion and attraction, the integration of more cell states is a useful extension in the future.



Références

Couclelis, H., Cellular Worlds: A Framework for Modelling Micro-Macro Dynamics, *Environment and Planning A*, V. 17, pp. 585-596 (1985)

Application de l'analyse multi-échelle par ondelettes a la carte gravimétrique de la région d'Oujda (Maroc nord-oriental)

Hicham Aqil¹, Driss Khattach¹, Hamid Mraoui², Driss Sbibih²

¹ Labo (L3G) Géophysique, Géodynamique et Géoressources, Faculté des sciences, BP524, Oujda, Maroc.
khattach@sciences.univ-oujda.ac.ma

²Département de mathématiques et informatique, faculté des sciences, BP524, Oujda, Maroc.
sbibih@sciences.univ-oujda.ac.ma

Durant la dernière décennie l'analyse par ondelettes a été appliquée dans différents domaines, tels que dans le traitement d'image et en géosciences, comme une alternative à l'analyse de Fourier. En géophysique, ce traitement constitue l'analyse la plus moderne des champs de potentiel (gravimétrie et magnétisme) (Moreau et al. 1997 ; Homby et al.1999). La théorie du potentiel se prête parfaitement à une analyse multiéchelle par les ondelettes.

Nous présentons ici une application des ondelettes pour la détermination des contacts sur une carte gravimétrique, en se basant sur la méthode du gradient horizontal couplée à un changement d'échelle.

Les forts contrastes que montrent les données gravimétriques sont supposés résulter de discontinuités ou interfaces tels que les failles, les flexures, les contrastes des roches intrusives,... Pour l'analyse des contacts entre les structures géologiques, on utilise classiquement les méthodes basées sur la localisation des maxima locaux du module du gradient horizontal (Cordell et Grauch, 1982) ou total (signal analytique (Nabighian, 1984)) ou bien la méthode de la déconvolution d'Euler (Reid, 1990).

Le champ gravimétrique au-dessus d'un contact vertical mettant en présence des roches de densité différente est matérialisé par un bas du côté des roches de faible densité et un haut du côté des roches de haute densité. Le point d'inflexion se trouvera à l'aplomb de ce contact vertical. On peut se servir de cette caractéristique des anomalies gravimétriques pour localiser les changements abrupts de densité. Si le contact a un pendage, les maxima des gradients horizontaux se déplacent du côté du pendage, mais ceux-ci resteront près de ce contact pour des valeurs de pendage élevées.

Pour déterminer le sens du pendage des différents contacts, la carte de Bouguer est prolongée vers le haut à différentes altitudes. A chaque niveau les maxima du gradient horizontal sont localisés. En principe, les niveaux de prolongement les plus élevés correspondent aux contacts les plus profonds et vise-versa. Si les structures sont verticales, tous les maxima se superposent. En revanche le déplacement des maxima avec le prolongement vers le haut indique le sens du pendage.

La théorie du potentiel se prête parfaitement à une analyse multi-échelle par les ondelettes. En effet, cette analyse unifie différentes techniques classiques : elle traite des gradients prolongés vers le haut à une série d'altitudes. Les expressions des différentes opérations classiques sur le champ de potentiel prennent compacte et élégante dans le domaine des ondelettes, la plus importante est l'équivalence entre le concept de changement d'échelle et le prolongement vers le haut. En effet, la transformé en ondelettes des anomalies gravimétriques $\Delta g(x,y)$ à une certaine échelle $s=z/z_0$, peut être obtenue (voir Hornby et al. 1999) à partir des mesures faites sur le niveau z_0 par :

- 1-prolongement vers le haut à $z=sz_0$;
- 2-calcul du gradient horizontal ;
- 3-multiplication par s .

Pour une analyse multi-échelle des contacts, il suffit donc de chercher les maxima locaux du module des coefficients de l'ondelette pour différentes échelles s . La méthode de Blakely et Simpson (1986) a été adoptée pour la localisation de ces maxima. Pour réaliser ces différentes opérations, un programme informatique sous MATLAB a été développé.

Nous avons appliqué cette méthode à la carte gravimétrique de la région de Oujda-Angad Sidi-Bouhouria (Maroc nord oriental). Cette carte a été tracée à partir de 2166 stations qui ont permis de calculer une grille régulière ayant un pas de 250m. Elle montre la présence 1) d'anomalies positives au niveau des chaînes des Béni-Snasses où des terrains primaires affleurent, 2) d'anomalies négatives telle que l'anomalie allongée dans la direction E-W et générée par la cuvette de Bouhouria remplie de terrains plio-quadernaires et celle située au nord de la plaine d'Oujda Angad avec un allongement NE-SW et qui se continue dans le territoire Algérien, 3) de forts gradients qui matérialisent des changements brutaux de densité dans le sous-sol.

La superposition des maxima locaux déterminés à différentes échelles ($s=1$ à 9) met en évidence les différents contacts présents sur la carte. Les contacts linéaires correspondent généralement à des failles, alors que les contacts de forme circulaire sont les limites des diapirs ou de corps intrusifs. Le déplacement des maxima induit par l'accroissement de la valeur d'échelle ($s=1$ à 9) indique le sens du pendage des contacts.

Les résultats de cette étude montrent que l'analyse multi-échelle basée sur les ondelettes est un outil simple et efficace pour l'étude des contacts ou des failles à partir des cartes d'anomalies gravimétriques. Ces structures géologiques présentent souvent un grand intérêt dans la prospection hydrogéologique ou minière.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du PROTARS III N° D11/18

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Moreau F., Gilbert D., Holschnider M. and Saracco G., Wavelet analysis of potential fields, *Inverse problems*, vol.13pp.165-178, 1997.

Hornby, P., Boschetti, F. and Horowitz, F., Analysis of potential field data in the wavelet domain: *Geophysical Journal International*, 137, 175-196, 1999.

L. Cordell, V.G.S Grauch, Mapping basement magnetic zones from aeromagnetic data in San Juan Basin, New Mexico, in: *The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps*, SEG Publication, pp.181-197, 1982.

Nabighian M.N. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: *Fundamental relations*, *Geophysics*, 49, pp.957-966, 1984.

A.B. Reid, J.M. Allsop, H. Granser, A.J., Millett, I.W. Somerton, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, 55, pp. 80-91, 1990.

R.J. Blakely, R.W. Simpson, Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, *Geophysics*, 51, pp. 1494 -1498, 1986.

Modélisation du transport réactif des polluants inorganiques des sols vers les aquifères profonds

Mohamed Azaroual, Marie Pettenati, Arnault Lassin, Hélène Pauwels

3, av. C . Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans, France : m.azaroual@brgm.fr,
a.lassin@brgm.fr , h.pauwels@brgm.fr, m.pettenati@brgm.fr

Résumé

La connaissance des mécanismes de transfert de polluants inorganiques et organiques depuis le sol jusqu'au niveau des aquifères profonds et des rivières est un préalable pour développer les procédés de remédiation et de réhabilitation des sites pollués. Plusieurs modèles numériques de transport réactif impliquant les processus d'interaction physico-chimique entre phases (minéraux – eau – gaz) ont été développés ([1–3]), notamment pour la zone saturée en eau (ZS) des systèmes hydrogéologiques. En revanche, la zone non saturée en eau (ZNS) a été peu étudiée à cause de la complexité des phénomènes d'interaction physico-chimique s'y produisant, et parfois parce que l'ampleur de ces phénomènes est sous-estimée. Au mieux, la modélisation des processus d'interaction minéraux – eau – gaz est traitée en suivant les mêmes approches géochimiques que dans la ZS ([4,5]). En prenant explicitement en compte les processus capillaires et osmotiques, des études récentes ([6–8]) ont mis en évidence la particularité réactive de la ZNS. Ces aspects capillaires et osmotiques jouent un rôle important dans les simulations des phénomènes de transfert de masse au sein de ce sous-système, mais aussi vers les aquifères profonds et les rivières.

Ces considérations ainsi que l'étude présentée ici introduisent la nécessité de développer un outil de simulation du transport réactif assurant un continuum phénoménologique et méthodologique entre les deux sous-systèmes (ZNS et ZS). Mais en l'absence d'un tel outil, le travail de simulation se fait en deux étapes distinctes : 1) la solubilité des minéraux et des gaz dans les eaux porales de la partie non saturée des systèmes de drainage miniers acides est calculée à l'aide du code de calcul thermodynamique THERMO-ZNS ([9]) intégrant les phénomènes capillaires ; 2) les calculs de spéciation et d'indices de saturation sont réalisés à l'aide de PHREEQC [10], qui intègre les phénomènes osmotiques des solutions aqueuses réelles.

Le site de Loperec (Finistère, France) a été choisi pour l'application du concept en développement. L'exploration minière réalisée sur ce site à partir de 1991 a nécessité l'élaboration d'une galerie à une profondeur de 50 mètres sur 500 mètres de long dans des formations à minéralisation arséno-sulfurée, ménageant une zone non saturée en eau, soumise à des humidités relatives (HR) variables. Pour les calculs, des humidités relatives fictives, comprises entre 40 et 100%, ont été retenues pour analyser l'effet de la capillarité sur la solubilité des gaz et des minéraux. Le site de Loperec présente de fortes teneurs en métaux, et particulièrement en arsenic, dans les eaux d'exhaure (sortie de la galerie) suite à la cessation des travaux d'exploitation minière. Contrairement au cas général de drainage minier, les eaux issues de la galerie ne présentent pas de caractère acide. En effet, de puissantes formations carbonatées permettent de neutraliser l'acidité générée par l'oxydation de l'arsénopyrite. L'altération de la roche mère conduit toutefois à de fortes concentrations en arsenic et en fer dans le système. Le fer précipite à l'exhaure sous forme d'hydroxydes, tandis que les concentrations en arsenic peuvent atteindre de valeurs jusqu'à 100 fois supérieures à la norme de 10µg/l imposée par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme limite de potabilité de l'eau.

Dans la zone non saturée en eau, les calculs des concentrations dans les solutions porales sont effectués en supposant l'équilibre thermodynamique avec la minéralogie. La composition chimique de l'eau porale obtenue est ensuite directement « injectée » dans une colonne représentative du sous-sol, saturée en eau et de 10 m de hauteur. En d'autres termes, le temps de résidence des eaux porales dans la ZNS serait suffisamment élevé pour que l'équilibre thermodynamique y soit atteint. Suite à d'éventuels événements pluviométriques exceptionnels, comme les orages après la saison sèche, l'eau porale serait rapidement chassée vers la ZS sous-jacente. Bien que le continuum ne soit pas encore réalisé d'un point de vue numérique pour assurer l'échange et les transferts de masse entre les différentes unités (ZNS – ZS) cette analyse a permis de mettre en évidence le rôle joué par la zone non saturée dans la mobilité de l'arsenic notamment par l'effet de la solubilité des minéraux, des gaz et des réactions d'adsorption – désorption à la surface des hydroxydes de fer.

Du fait de la solubilité élevée des gaz réactifs (i.e., CO₂ et O₂) dans les eaux porales, les vitesses des réactions d'oxydation de l'arsénopyrite et de solubilisation des carbonates se trouvent amplifiées. De plus, l'effet de compétition des ions carbonates (CO₃⁻²) et arsénates (AsO₄⁻³) a été mis en évidence. Globalement, la solubilité des minéraux diminue avec la diminution de HR alors que, dans les mêmes conditions, la solubilité des gaz augmente. La décharge brutale (avant dégazage) des eaux porales dans la colonne d'eau saturée en eau accélère la progression du front redox mais remobilise les ions arsénates. Ces résultats en accord avec les observations de terrain montrent l'intérêt de la démarche proposée par [6–8], et encouragent à approfondir cette voie.

Références

- [1] BORIS M. VAN BREUKELEN, JASPER GRIFFIOEN, WILFRED F. M. RÖLING AND HENK W. VAN VERSEVELD, *Reactive transport modelling of biogeochemical processes and carbon isotope geochemistry inside a landfill leachate plume* Journal of Contaminant Hydrology, Vol. 70, 249-269, 2004.
- [2] J. SALAS AND C. AYORA, *Groundwater chemistry of the Okélobondo uraninite deposit area (Oklo, Gabon): two-dimensional reactive transport modelling*. Journal of Contaminant Hydrology, Vol. 69, 115-137, 2004.
- [3] JAMES G. BROWN, PIERRE D. GLYNN, *Kinetic dissolution of carbonates and Mn oxides in acidic water: measurement of in situ field rates and reactive transport modeling*. Applied Geochemistry, Vol. 18, 1225-1239, 2003.
- [4] P.L. SMEDLEY, D.G. KINNIBURGH, *A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters*, Applied Geochemistry, Vol. 17, 517–568, 2002.
- [5] K. U. MAYER, S. G. BENNER, E. O. FRIND, S. F. THORNTON, D. N. LERNER, *Reactive transport modeling of processes controlling the distribution and natural attenuation of phenolic compounds in a deep sandstone aquifer*, Journal of Contaminant Hydrology, Vol. 53, 341-368, 2001.
- [6] L. MERCURY, M. AZAROUAL, H. ZEYEN, Y. TARDY, *Thermodynamic properties of solutions in metastable systems under negative or positive pressures*, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 67, 1769–1785, 2003.
- [7] L. MERCURY L., Y. TARDY, *Response to the Comment by J. V. Walther on “Negative pressure of stretched liquid water: Geochemistry of soil capillaries.” (2001) Geochim. Cosmochim. Acta 65, 3391–3408; and “Thermodynamic properties of solutions in metastable systems under negative or positive pressures.” (2003) Geochim. Cosmochim. Acta 67, 1769–1785*, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol. 68, 2775–2780, 2004.
- [8] A. LASSIN, M. AZAROUAL, MERCURY, *Geochemistry of unsaturated soil systems: physico-chemical properties of capillary waters, aqueous speciation and solubility of minerals and gases*. Geochimica et Cosmochimica Acta (soumis en décembre 2004).
- [9] A. LASSIN, J.-L. PINAULT, M. AZAROUAL, *Thermodynamique de la zone non saturée en eau des systèmes géologiques : II. Elaboration d'un code de calcul spécifique*. Rapport BRGM/RP-52010-FR, 116 p, 2003.
- [10] D.L. PARKHURST, C.A.L. APPELO, *User's guide to PHREEQC (version 2) - A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculation*. Report 99-4259. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, 332 p., 1999.

Apport de la modélisation mathématique des données des longueurs de traces de fission nucléaire dans la reconstitution de l'histoire thermique et de surrection des zones internes de la chaîne du rif

Ali Azdimoussa

Laboratoire de Géophysique, Géodynamique et Géoressources, Département de Géologie, Faculté des Sciences, BP. 524, Oujda, Maroc.

Email : azdimoussa@sciences.univ-oujda.ac.ma

La méthode de datation par traces de fission est basée sur la fission spontanée de l'Uranium 238. Pour une étude régionale significative, cette méthode demande une récolte d'un bon nombre d'échantillons. Les minéraux à dater sont séparés puis montés sur des résines ou des téflons spécifiques. A fin de révéler les traces de fission dans ces minéraux, on procède à leur polissage suivi d'une attaque chimique appropriée. La technique de datation la plus utilisée est dite de détecteur externe qui se fait par fixation d'un kapton ou d'une mince couche de mica sur la surface révélée des minéraux avant leur irradiation neutronique dans un réacteur nucléaire. La dosimétrie neutronique déterminée grâce aux verres standards irradiés avec les échantillons et le rapport de la densité des traces fossiles sur celui des traces induites comptées respectivement sur les minéraux et sur leurs images correspondant dans le détecteur externe permettent une datation trace de fission (TF).

La stabilité des TF vis-à-vis de la température varie selon les espèces minérales. Cette caractéristique est de grande importance pour caractériser les modalités de refroidissement (ou de réchauffement) et d'exhumation (ou d'enfouissement) des régions étudiées grâce aux datations faites sur plusieurs types de minéraux (apatite, zircon, sphène,...) et/ou sur un même minéral mais sur des échantillons pris à des altitudes différentes.

L'apport des autres types de datations isotopiques, associées aux datations TF, permettent de reconstituer l'histoire thermique de la zone étudiée.

Nous avons appliqué ce type d'analyse dans la zone interne de la chaîne du Rif dans laquelle nous avons détecté un événement thermique daté d'environ 20 Ma (millions d'années) dépassant 330°C affectant les unités des Sebides et l'unité d'Akaili des nappes Ghomarides.

Pour reconstituer l'histoire finale de l'exhumation de la région, nous avons optimisé les données des longueurs de traces de fission confinées mesurées sur des échantillons d'apatites. La modélisation mathématique de ces longueurs par le programme Monte trax de Gallagher (1995), ont permis de reconstituer l'histoire de la surrection finale du secteur étudié. Cette optimisation est basée sur le traitement du problème direct au moyen d'un modèle de stabilité thermique des traces dans l'apatite.

Dans le modèle de Gallagher, on doit tout d'abord, après avoir déterminé l'âge apparent des apatites d'un échantillon ainsi que la distribution des longueurs de traces confinées, définir un nombre limité de "boîtes" dans un espace temps-Température. Les températures sont prises entre la température de surface et au plus 130°C, les âges entre 0 Ma et un temps maximum supérieur au temps apparent mesuré. A partir de là, le modèle fonctionne selon deux modes successifs :

Dans une première étape il fonctionne suivant un mode purement *stochastique* en prenant au hasard un point dans chacune de ces boîtes, définissant ainsi une histoire de refroidissement plus au moins complexe ou de réchauffement puis refroidissement. Le modèle de Gallagher peut produire, en quelques minutes, une cinquante ou une centaine de parcours aléatoires. Pour chacun, il calcule aussi, pour chaque parcours un paramètre de "*misfit*" entre ces prévisions et les données expérimentales, qualifiant ainsi leur plus ou moins bon accord avec ces dernières. Donc, pour apporter une histoire thermique, Monte trax prend en considération les paramètres de l'âge des traces, la moyenne des longueurs des traces

confinées et les fréquences de leur distribution ainsi que les erreurs respectives de tous ces paramètres. Le misfit est calculé suivant la formule suivante : $\Phi = \exp\{-|(\text{ageobs} - \text{agepred}/\delta\text{age})| - |(MTL\text{obs} - MTL\text{pred}/\delta MTL)| - |(SD\text{obs} - SD\text{pred}/\delta SD)|\}$;

Avec **ageobs** et **agepred** correspondent respectivement aux valeurs de l'âge calculé et de l'âge prédit par le programme, **MTLobs** et **MTLpred** correspondent respectivement à la moyenne des longueurs mesurées sur l'échantillon et à celle prédite par le modèle. **SDobs** et **SDpred** sont les déviations standards calculées respectivement sur l'échantillon et par le programme de Gallagher, δ correspond à l'incertitude relative sur les différentes valeurs mesurées.

On aperçoit donc que lorsque Φ tend vers 1, les résultats fournis par le programme sont identiques à celles déterminées expérimentalement et que Φ tend vers 0 si les résultats obtenus sont très différents de ceux déterminés par le programme de Gallagher.

Dans un second temps, à l'issue de ces parcours, le modèle constate que certaines histoires thermiques aboutissent à des prévisions de paramètres TF plus proches de ce qui est réellement mesuré dans l'échantillon étudié. Il utilise alors un "*algorithme génétique*", dont le rôle est de restreindre quelque peu la recherche des meilleurs parcours dans l'espace temps-Température.

Comme dans la première étape, le modèle de Gallagher teste à nouveau de 50 à 100 parcours à l'issue desquels, en fonction de la nouvelle série de valeurs trouvées pour le paramètre de *misfit*, il peut utiliser de nouveau son *algorithme génétique* pour une nouvelle série de tentatives d'histoires thermiques dans un espace t-T requalifié. En général, au bout d'une dizaine de ces étapes, le modèle propose une famille de parcours t-T relativement contraignante.

Concernant les limites d'application de cette méthode, on remarque que lorsque des histoires thermiques s'avèrent complexes, même en fournissant les mêmes données au programme, ce dernier propose parfois des histoires relativement différentes et un refroidissement final toujours rapide, c'est pourquoi la connaissance de la géologie régionale et des datations complémentaires sont nécessaires.

En appliquant le modèle de Gallagher à la répartition des fréquences des longueurs de traces confinées des échantillons des zones internes rifaines, le modèle propose une histoire de dénudation compatible aux données de la géologie régionale ; ainsi, l'histoire montre dans un premier temps une exhumation progressive débutant pendant la phase tectonique Miocène inférieur (20 ± 1 Ma), suivie d'un léger réchauffement au Miocène supérieur (7 ± 2 Ma) contemporain de la crise messinienne, puis finalement une surrection rapide plio-quadernaire (depuis 5 Ma) associée à la phase tectonique récente, de rapprochement entre les plaques africaine et européenne.

Références

Gallagher K., Evolving temperature histories from apatite fission track, Earth Planet. Sc. Lett., 136, 421-435, 1995.

Prédiction de la distribution spatiale de la vulnérabilité a la pollution de la nappe du cause d'Imouzzer Kandar en utilisant le système d'information géographique : évaluation par les méthodes Drastic et God

M. Azhimi¹, A. Lahrach¹, H. Kacimi²

¹Département de géologie, FST Fès

²Ecole Nationale d'Agriculture de Mèknès.

Résumé

L'eau souterraine constitue une ressource renouvelable très importante dans le Moyen Atlas Septentrional. Elle est exploitée essentiellement pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'agriculture.

L'urbanisation progressive du territoire, le développement des superficies aménagées pour l'agriculture, l'élevage et de nombreuses autres activités humaines, menacent cette eau dans sa qualité sans aucune surveillance obligatoire.

La présente étude a pour objectif, l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de la nappe souterraine du cause d'Imouzzer Kandar par les modèles DRASTIC et GOD et la comparaison des résultats obtenus de cette évaluation. Le modèle DRASTIC a été développé par l'U.S.E.P.A (Agence de protection de l'environnement des états unis) au laboratoire de recherche d'environnement Robert S. Kerr en 1985, il a été conçu pour être un système standardisé d'évaluation du potentiel de pollution des eaux souterraines. Il inclut sept paramètres qui peuvent influencer la pollution d'une région. Le modèle GOD est une méthode des systèmes paramétriques. Il s'agit d'une méthode conçue en Angleterre en 1987 par Foster et nécessite moins de paramètres que DRASTIC.

Par l'application de ces modèles, on a pu obtenir les résultats suivants :

- la restitution de la carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe souterraine ;
- La validation de l'estimation de la vulnérabilité de manière qu'une des méthodes est utilisée comme référence pour nos comparaisons et l'autre complète la validation de cette estimation.

La particularité de cette étude réside dans la présentation, pour la première fois et par l'application de ces modèles, la cartographie de la vulnérabilité à la contamination des eaux souterraines d'une des nappes du Causse Moyen atlasique. Ainsi, la carte obtenue présentera un outil très important pour aider la protection de la nappe souterraine étudiée.

Mots clés

Contamination - Vulnérabilité – DRASTIC - GOD - Protection des eaux souterraines - la nappe du cause d'Imouzzer Kandar.

Intérêt de la modélisation mathématique dans l'analyse de la morphodiversité en paléontologie

Ali Bachnou¹, Khadija Elhariri¹, Nouredine Alaa¹

¹ Faculté des Sciences & Techniques, Laboratoire de Géosciences & Environnement, Département de Géologie, B.P. 549 Guéliz – 40 000 Marrakech. E-mail : bachnou@fstg-marrakech.ac.ma

Résumé

Dans l'objectif de rechercher les critères de relation entre les organismes et donc d'établir un certain ordre dans leur diversité, le paléontologiste et le biologiste procèdent souvent par l'analyse et la quantification de la morphologie. Ce préalable, indispensable pour toute approche systématique et pour les interprétations qui en découlent, a été d'abord appréhendée par une méthodologie purement descriptive associée à des paramètres linéaires, anguleux, rapport ou combinaison de dimensions. Le résultat c'est que ces descripteurs morphologiques textuels et linéaires discrets ne donnent qu'une représentation quantitative approchée de la forme et de ses changements. Il en découle alors une difficulté de caractérisation de la forme et une perte de la valeur descriptive pour la distinction entre les différents taxons.

La modélisation mathématique de la morphologie des contours s'avère donc un descripteur bien approprié qui permet non seulement une quantification rigoureuse, mais également l'accès à des analyses plus fiables de la diversité morphologique. En effet, la morphologie du contour est transcrite en un modèle mathématique conforme. Ce modèle se présente sous forme des expressions suivantes dont le traitement est assuré par le programme WANMORPH (Bachnou, 2004) :

Pour le contour fermé :

$$R(\theta) = R_0 + \sum_{n=1}^N A_n \cos n\theta + \sum_{n=1}^N B_n \sin n\theta \quad \text{ou} \quad R(\theta) = R_0 + \sum_{n=1}^N R_n \cos (n\theta - \phi_n)$$

N : nombre de points digitalisés ; θ : angle polaire ; R_0 : rayon moyen ; R_n : amplitude ; ϕ_n : angle de phase et A_n , B_n correspondent aux coefficients de Fourier.

Pour le contour ouvert :

$$f(x) = C_0 + \sum_{n=1}^N C_n \cos\left(\frac{2\pi nx}{T}\right) + D_n \sin\left(\frac{2\pi nx}{T}\right)$$

N : nombre de points digitalisés ; x : la valeur mesurée lors de la digitalisation ; C_n , D_n : coefficients de Fourier et T : intervalle de définition du tracé.

Bien que les valeurs des termes de l'équation mathématique puissent être utilisées comme résultat final de la forme, elles représentent également les variables descriptives de la forme qui constituent une source de données pour l'analyse multivariée. Celles ci seront utilisées pour effectuer une analyse en composantes principales. Les plans factoriels correspondent alors à des espaces morphologiques à l'intérieur desquels se répartissent les individus analysés. Il est ainsi possible de déterminer des groupes pour lesquels les morphologies des contours présentent des similitudes.

EXEMPLES D'APPLICATION EN PALEONTOLOGIE

- Cas des Brachiopodes :

L'analyse de quatre espèces inclus dans le genre *Cererithyris* a montré que, sur la base des analyses uni- bi et multivariée, les variables dimensionnelles classiquement prises comme descripteur morphologique ne permettent pas d'apprécier quantitativement le degré de

différence entre les différentes espèces analysées. Mais l'application de la modélisation morphologique combinée à des tracés ouvert et fermé, a permis une meilleure discrimination morphologique de ces espèces. En conséquence, la quantification mathématique de la forme s'est avéré un élément important qui nous a permis d'accéder à des résultats significatifs de point de vue systématique.

- Cas des Ammonitina :

Chez les Ammonitina, une première modélisation géométrique basée sur l'analyse de Fourier a été réalisée (El Hariri et Bachnou, 2004). Elle fait suite aux traitements par la méthode des points homologues (El Hariri et al., 1996 ; El Hariri, 2001). Cette modélisation mathématique de la section du tour a pris en compte chaque point du tracé de la section nous permettant ainsi la transcription la plus parfaite du contour. Elle nous a permis de tester, confirmer et quantifier le degré de ressemblance et de dissemblances qui ressortent entre les différents représentants de la famille des Graphoceratidae.

L'analyse morphométrique appliquée aux Harpoceratinae (*Protogrammoceras* et *Fuciniceras*) du Maroc, puis leur comparaison avec une faune homologue d'Italie a été réalisée. Les calculs basés sur la reconnaissance de points homologues au niveau du tracé costal nous ont permis de définir quantitativement les dissimilarités morphologiques entre taxons.

Ainsi, l'usage de méthodes diverses ainsi que le choix de caractères morphologiques différents, permettra au paléontologiste moderne - maîtrisant les outils de la quantification géométrique des objets et conscient de la diversité morphologique - une confrontation des différents résultats obtenus par les différentes approches ainsi qu'une analyse de leurs degrés de cohérences permettant ainsi un meilleur contrôle des facteurs de discrimination.

- Cas des ostracodes :

Dans la Téthys occidentale, au cours des sondages profonds et les campagnes JOIDES (legs 13 et 42A) des individus appartenant au genre *Cyprideis* ont été attribués aux espèces *C. pannonica* (MEHES) et *C. tuberculata* (MEHES) par de nombreux auteurs. Malgré la ressemblance frappante de ces individus avec ces espèces, certains auteurs ont critiqué cette identification, notamment Brestenska, Jiricek, Krstic, Sokac et Carbonnel (in Carbonnel, 1978). La reprise de ce problème dans le contexte de la modélisation morphologique du contour a été réalisée. Il s'agit de comparer les différentes formes attribuées à *C. pannonica* et *C. tuberculata* avec les holotypes. Les résultats obtenus montrent que ces deux espèces gardent leur caractère endémique restreint à la Paratéthys.

De même, l'application de la modélisation morphologique à une population du genre *Protocythere*, provenant du Crétacé inférieur du Haut-Atlas occidental, a permis de différencier trois groupes morphologiques correspondant aux espèces *P. triplicata*, *P. bedoulensis* et à l'ensemble *P. praetriplicata*-*P. paquieri*. Cependant, l'existence d'une grande variabilité intraspécifique se confirme. Ainsi, la quantification mathématique du contour constitue déjà un élément discriminant en dehors des caractères qualitatifs. D'autre part, il ressort de cette analyse que les différences morphologiques entre les espèces *P. praetriplicata* et *P. paquieri* sont en relation avec le milieu.

Ainsi, la confrontation de la modélisation mathématique aux problèmes purement morphologique nous a permis de souligner d'une part son intérêt dans la caractérisation de la forme, d'autre part de ressortir son utilité dans l'accès à des résultats significatifs du point de vue systématique et paléogéographique.

Par ailleurs, en fournissant de véritables "signatures numériques" des morphologies, cette méthode peut trouver bien des applications dans d'autres domaines. C'est le cas, par exemple, des sciences de l'évolution que dans la gestion de la biodiversité liée à l'environnement par

comparaison directe avec les signaux physico-chimiques (fluctuation des polluants, facteurs hydrologiques...) et les réponses morphologiques potentielles des organismes (stress, normes de réactions...).

Références

Bachnou A., WANMORPH Visual Basic program : a tool for modelling, morphological quantification and comparison of closed contours of moderate complexity. Application in palaeontology, *Journal of African Earth Sciences*, 39/3-5, 557-565, 2004.

Carbonnel G., L'espèce *Cyprideis pannonica* MEHES, 1908 (Ostracoda) dans la Téthys au Messinien (Miocène). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 72, 79-97, 1978.

El Hariri K., Analyse morphométrique des côtes chez des *Graphoceratidae* (Ammonitina) du Maroc, *Revue Paléobiologie Genève*, 20 (2), 367-376, 2001.

El Hariri K. et Bachnou A., Describing Ammonite shape using Fourier analysis, *Journal of African Earth Sciences*, 39/3-5, 347-352, 2004.

El Hariri K., Neige P. et Dommergue J.L., Morphométrie des côtes chez les *Harpoceratinae* (Ammonitina) pliensbachiens. Comparaison des formes du Haut-Atlas (Maroc) avec celles de l'Apennin central (Italie), *C.R. Acad. Sci. Paris*, t.322, série IIa, 693-700, 1996.

Une méthode de choix des images de référence pour la compression des séquences animées, basée sur la détection des contours.

M. Benabdellah, F. Regragui, M. Gharbi, E. H. Bouyakhf.

Groupe de recherche en Informatique, Intelligence Artificielle et Reconnaissance de Formes.

Faculté des sciences de Rabat-Agdal.

benabdellahmed@hotmail.com, regragui@fsr.ac.ma, gharbi@fsr.ac.ma, bouyakhf@fsr.ac.ma.

Résumé

Notre objectif de cet article est de réaliser des expérimentations sur le choix des images de références dans le processus de compression de séquences vidéo. Nous avons utilisé la séquence *Kiss cool* et la séquence *news* pour faire nos expérimentations et donné enfin les résultats obtenus. L'idée de cet article est d'effectuer des tests sur la modification de la séquence d'encodage des images d'une séquence vidéo, afin d'apporter un gain sur le résultat obtenu. Certains tests ont permis de mettre en évidence le gain possible pour certaines séquences par la modification des images de références utilisées. Nous éloignons les images *Bidirectionnelles* et nous nous intéressons seulement aux images *intra* et *prédite*. La démarche consiste à rassembler dans un premier temps les images similaires. Une nouvelle séquence est donc reconstruite image par image en comparant chaque image aux autres, afin de sélectionner la plus proche. Nous faisons la soustraction de chaque image *Prédite* avec les autres images de la séquence après détection des contours. Le choix de l'image de référence pour chaque image *Prédite* se fait dans l'ordre suivant : nous prenons l'image de référence en premier, celle qui après soustraction avec l'image en question, donne un résultat contenant peu de points. Dans ce cas là l'image de référence choisie est la plus proche et sera la meilleure. Dans le cas contraire, nous prenons l'image de référence, celle qui après soustraction, contient plusieurs points gardant la même distance minimale. Nous prenons la distance minimale après comparaison avec les autres résultats des autres images.

Mots clés : RGB, YUV, DCT, GOP, MOP, ZigZag, MPEG, H.26L, JPEG, Image Intra, Image Prédite, Image Bidirectionnelle, EQM, PSNR.

Bibliographie

- [1] UIT-T. Recommandation H.263, version 2 "Codage vidéo pour communication à faible débit", 1998.
- [2] Rob Koenen. "Overview of the MPEG-4 standard" iso/iec jtc1/sc29/wg 11 n4030. Mars 2001.
- [3] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG. Joint Final Committee Draft (JFCD) of Joint Vidéo Specification (ITU-T Rec. H.264 – ISO/IEC 14496-10 AVC).
- [4] Majid Rabbani, Paul W. Jones. "Digital Image Compression Techniques", volume 7 of tutorial texts in optical engineering. SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA, USA, 1991.
- [5] Henri Nicolas. "Contribution à la création et à la manipulation des objets vidéo", PhD thesis, Université de Rennes 1, Institut de Formation Supérieure en Informatique et Communication, 2001.

- [6] M. Irani, P. Anandan, J. Bergen, R. Kumar et S. Hsu. "Efficient representations of vidéo sequences and their applications. Signal Processing : Image Communication", 8:327-351, 1996.
- [7] Guy Côté et Lowell Winger. "Progrès récents dans le domaine de la compression vidéo". IEEE canadian Review, 2002.
- [8] Nicolas DUMOULIN, "Compression de séquences vidéo et choix des images de références", Rapport de stage DEA Informatique, Université de Rennes 1-IFSIC, Juin 2003.
- [9] Charles WAGNER, "De l'image vers la compression", Rapport de Recherche de l'INRIA, Septembre 1993.
- [10] Monique COLINET, "Multimédia : Images-Sons-vidéos", CEFIS-Université Notre Dame de la Paix, Février 2001.
- [11] Jacques GUICHARD, Dominique NASSE, "Traitement des images Numériques pour la réduction du débit binaires", CENT-Paris, CCETT, France.
- [12] Grégoire MERCIER, Christian ROUX, Gilbert MARTINEAN, "Technologie du Multimédia", ENST Bretagne, F-29280 Brest, France, 15 Janvier 2003.

Etude de la fermentation de la pleuromutiline

Othmane Benkortbi¹, Salah Hanini¹, Fatiha Bentahar²

¹ LBMPT Université de Médéa (ALGERIE).

benkortbi_oth@yahoo.fr ; s_hanini2002@yahoo.fr ; mn_bouaziz@email.com

²LPT Université de Bab Ezzouar : USTHB (ALGERIE)

bentaharfatiha@yahoo.fr

Résumé

L'étude de la cinétique de fermentation de pleuromutiline dans les domaines pharmaceutiques, chimiques et agroalimentaire porte une grande importance dans la gestion du processus de fermentation [1].

Dans ces domaines les calculs et simulations numériques sont essentiels, car les expérimentations sont très difficiles mais par contre les prédictions sont vitales. Les modèles de cinétique de fermentation des antibiotiques sont représentés par des équations mathématiques décrivant le phénomène.

L'étude de la cinétique de fermentation de pleuromutiline a été réalisée dans un réacteur discontinu (batch) [2,3]. La cinétique mesurée de chaque paramètre (le *pH* ; la sédimentation et le dosage du sucre) est modélisée empiriquement par des expressions mathématiques simples pour prévoir avec précision l'écart moyen entre les valeurs standards de référence et les valeurs prélevées expérimentalement et d'autre part pour faciliter la manipulation, le traitement et le stockage des résultats pour mieux contrôler et améliorer l'opération de fermentation.

Par la suite on a choisi la modélisation par régression des paramètres physico-chimiques de fermentation, reposant sur des relations mathématiques uniquement descriptives (équations 1 à 3) [4-6].

ce iTM x r G v d pleuromutiline ; fermentation ; cinétique ; modélisation2

1. Model Logistique pour la détermination du pH (figure 1)

$$Y = \frac{(a_1 - a_2)}{\left[1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^p\right]} + a_2 \quad \text{où } a_1, a_2 \text{ et } P \text{ sont des constantes du modèle,} \quad (1)$$

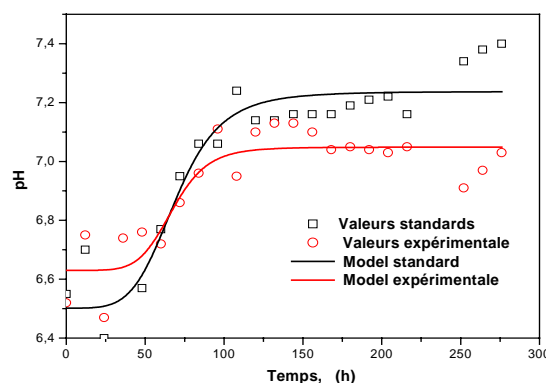


Figure 1. Validation du modèle Logistique avec les résultats expérimentaux.

2. Modèle Exp. 3P1Md pour la sédimentation (figure 2.)

$$y = \exp\left(\frac{a+b}{c+x}\right) \quad \text{où } a, b \text{ et } c \text{ sont des constantes du modèle} \quad (2)$$

x est concentration de la biomasse

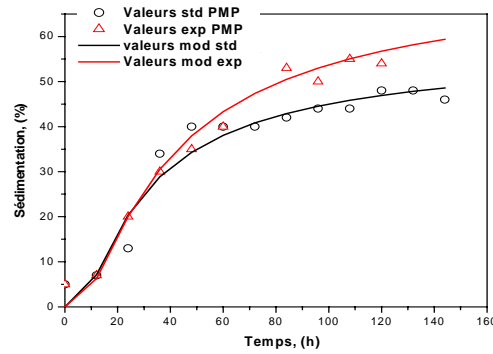


Figure2. Validation du exp.3P1Md avec les résultats expérimentaux.

3. Modèle YIDFERT, pour le dosage du sucre (figure 3.)

$$y = a + b \cdot \exp(-kx) \quad \text{où } a, b \text{ et } k \text{ sont des constantes du modèle} \quad (3)$$

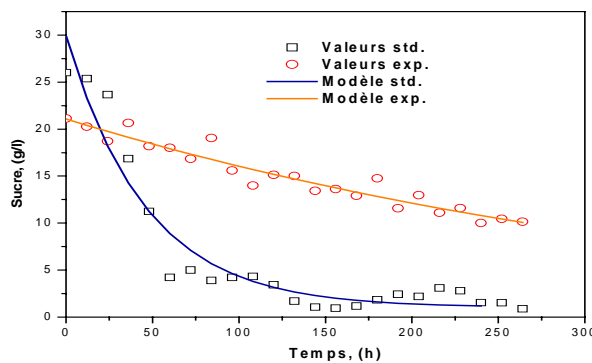


Figure 3. Validation du modèle de Yidfert avec les résultats expérimentaux.

Références

- [1] Murat Elibol, Ferda Mavituna A kinetic model for actinorhodin production by *Streptomyces coelicolor* A3(2), *Process Biochemistry* 34 (1999) 625–631.
- [2] Sudip Roy, Ravindra D. Gudi , K.V. Venkatesh, Sunil S. Shah Optimal control strategies for simultaneous saccharification and fermentation of starch, *Process Biochemistry* 36 (2001) 713–722.
- [3] Farah Diba h.& al A mathematical model describing the effect of temperature variations on the kinetics of microbial growth in solid-state culture, *Process Biochemistry* 40 (2005) 801–807.
- [4] Marcin Bizukojc, Stanislaw Ledakowicz The kinetics of simultaneous glucose and fructose uptake and product formation by *Aspergillus niger* in citric acid fermentation, *Process Biochemistry* 39 (2004) 2261–2268.
- [5] Primož Potocnik, Igor Grabec Empirical modeling of antibiotic fermentation process using neural networks and genetic algorithms, *Mathematics and computers in simulation* 49 (1999) 363-379.
- [6] Qian-Ling Zhang. Hong-Xu, a mathematical model for gluconic acid fermentation by *aspergillus niger*, *Biochemical Engineering journal* 369, RP China (2002) 1-5.

Modélisation de la croissance de la surface foliaire du cornet d'une plante du maïs

B. Bennouna¹, A. Lahrouni¹, J.-F. Ledent², S. Khabba¹, S. El Messoussi³

¹ Dpt de physique, Fac. Sci. Semlalia, B.P. 2390, Marrakech Maroc.

E-mail: lahrouni@ucam.ac.ma

² ECOP-Grandes Cultures, Place Croix du Sud, N° 2, 1348 LLN Belgique

³ Dpt de Biologie, Fac. Sci. Semlalia, B.P. 2390, Marrakech Maroc

La mise en place du système foliaire est un processus très important pour la production photosynthétique et la croissance des plantes. Il est la résultante (1) du rythme de sortie des feuilles qui est essentiellement fonction de la somme de températures, (2) du taux de croissance en surface du feuillage, et, (3) de la variété par l'intermédiaire du nombre total final de feuilles par plante. Ces différents phénomènes sont importants et jouent un rôle central dans les modèles grandes cultures tant pour estimer la surface photosynthétique que pour la définition des stades de développement (Lahrouni, A. et J.-F. Ledent, 1991).

En effet la plante du maïs développe une surface foliaire qui se compose d'une partie relative aux feuilles adultes qui évolue dans le temps sous forme d'une fonction en escalier, c'est la surface des feuilles dites déployées. Cette partie croît suivant le rythme de déploiement des feuilles. L'autre partie relative aux feuilles jeunes (encore en croissance) et dont l'évolution dans le temps est décrite par une fonction monotone. En fait, les feuilles en croissance sont celles du cornet, qui sont partiellement enroulées les unes sur les autres. Alors que la surface des feuilles déployées est constante (croissance nulle).

La littérature rapporte plusieurs travaux sur la modélisation de la surface foliaire des plantes du maïs en fonction du temps thermique (en somme de température). Mais, à notre connaissance, la modélisation utilisée jusqu'à présent fait apparaître uniquement une croissance globale du feuillage de la plante sans distinction de la part du cornet dans cette croissance. Sachant que le cornet contient une proportion de surface foliaire importante tout le long de la phase pré floraison.

Notre objectif dans ce travail est d'analyser les données relatives aux mesures de la surface foliaire du cornet puis de chercher une relation liant cette surface à un caractère facilement observable sur la plante. Ceci permettrait d'avoir une prise en compte de l'état du cornet dans les modèles de croissance et du développement du maïs.

Les expériences menées aux champs tant en Belgique (Lahrouni, 1990) qu'au Maroc (Rafik, 1996 et Bennouna, 2004) sur certaines variétés du maïs ont montré que, d'une part, que la relation liant le nombre de feuilles visibles, FV, au nombre de feuilles déployées, FD, est une évolution linéaire : $FV = aFD + b$. Cette relation, sur une plante, permet d'estimer le nombre de feuilles en croissance dans le cornet et montre qu'au moment de l'apparition de la dernière

feuille, le cornet contient la maximum de feuilles (4 à 5 feuilles en croissance). D'autre part, l'évolution de la surface foliaire du cornet en fonction du rythme de déploiement des feuilles de la plante a la forme d'une cloche. Cette forme a été représentée par une fonction exponentielle de la forme :

$$y_n = y_0 \exp \left[-v_0 (x_n - x_0)^2 \right]$$

Où y_n est la surface du cornet au moment t où la plante a x_n feuilles déployées ; y_0 est la surface maximale que l'on peut avoir dans un cornet (dépend essentiellement dans les conditions non stressées de la variété). Le paramètre v_0 positif est lié à la vitesse maximale de croissance (vitesse au moment où la dérivée seconde de y_n est nulle) et x_0 est le moment (exprimé en nombre de feuilles déployées) où le maximum de feuilles déployées est observé dans le cornet.

Références

Bennouna, B., Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, 2005

Lahrouni, A., CERES-Maize : Critique et adaptation du modèle, Application à l'étude des variations de rendement de maïs en Belgique. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, 1990.

Lahrouni, A. et J.-F. Ledent, Test des fonctions décrivant la mise en place du feuillage dans le modèle CERES-Maize. In: Picard D. (ed.) Physiologie et Production du maïs. AGPM, INRA, Paris, 437-443, 1991.

Rafik, M., CERES-Maize dans les conditions climatiques du Maroc, Analyse des modules de base. Thèse de 3^{ème} cycle ; Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, 1996.

Etude des images sismiques par ondelettes débruitage et détection des horizons

Youssef Bentaleb¹, Said El Hajji²

¹ Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Département de Mathématiques et Informatique, Groupe Analyse Numérique et Optimisation, BP1014, Rabat, Maroc
bentaleb@ucam.ac.ma

² Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Département de Mathématiques et Informatique, Groupe Analyse Numérique et Optimisation, BP1014, Rabat, Maroc
elhajji@fsr.ac.ma

Résumé

L'analyse des données sismiques pour l'étude des structures géologiques du sous-sol est un travail qui demande une connaissance du contexte géologique, ainsi l'interprétation des images sismiques en géophysique est une tâche qui n'est pas facile vue la qualité des données obtenues.

Cet exposé (travail) porte sur l'étude par une méthode des ondelettes de la section sismique (image sismique issue de la sismique réflexion[6]), il s'agit en fait de fournir un outil mathématique capable d'améliorer à la fois la perception visuelle de l'image et de mettre en valeur des zones d'intérêt (horizons) qui sont souvent « cachées » par le « bruit ».

La modélisation du signal sismique [1] est faite par une équation du type :

$$f(t) = G(t) [r(t) * (s(t) * re(t) * m(t))] + b(t) \quad (1)$$

- $G(t)$: Courbe de gain (l'amplitude moyenne du signal décroît très rapidement avec le temps suivant $G(t)$).
- $r(t)$: log de réflectivité ou trace impulsionnelle, elle représente l'enregistrement obtenu si l'impulsion sismique (onde émise) est une Dirac et sans bruit.
- $s(t)$: l'impulsion sismique : onde émise d'une source d'ébranlement provoquée par une explosion, chute de poids ou camion vibreur ou dégagement d'un volume d'eau (cas de sismique marine).
- $re(t)$: représente les réflexions multiples dans les couches supérieures (l'eau en sismique marine).
- $b(t)$: le bruit (ondes de Rayleigh, bruits d'appareillage, bruit naturels,...etc).

Une approximation de la trace sismique : signal sismique équation (1) est donnée par [2] :

$$f(t) = \sum_i r_i s(t - \tau_i) + br(t) \quad r_i, \tau_i \in \mathfrak{R} \quad (2)$$

Nous supposons que l'impulsion sismique s vérifie les hypothèses suivantes :

s est à support compact, symétrique et qu'aucune énergie n'est stocké dans le sol :

$$\int s(t) dt = 0$$

Après la suppression du bruit résiduel sur chaque trace sismique par une coupure des hautes fréquences à l'usage d'une transformée en ondelettes continue et de l'algorithme « à trous » de calcul invariant par translation [3], nous proposons une méthode améliorée de détections des horizons (couches de roches) les moins « épaisses », ce qui se traduit par la condition $|\tau_i - \tau_{i+1}| > 2T$ où $[-T, T]$ est le support de l'impulsion sismique s avec τ_i et τ_{i+1} sont les temps d'arrivée de deux réflexions successives, cette méthode repose sur la recherche des maximums locaux de la transformée en ondelettes continue de la fonction $f(2n.)$, $n > 0$ (équation (2)) pour un facteur d'échelle choisi.

Le choix de l'ondelette adaptée repose sur la qualité de celle ci, en effet, un « bon » choix au sens de nombre d'horizons détectés est de prendre comme ondelette l'impulsion sismique $s(2n.)$ puisque cette dernière vérifie un certain nombre de propriétés des ondelettes en particulier la condition d'admissibilité [4].

Nous présentons ainsi une méthode qui permet de dégager cette ondelette (sismique) à partir de la trace sismique.

Des comparaisons avec les résultats obtenus à partir d'autres ondelettes mathématiques dont la forme est « proche » de l'ondelette sismique (condition sur le support dans le domaine fréquentiel et/ou décroissance rapide dans le domaine spatial) sont faites pour justifier notre choix: l'ondelette d'I. Daubechies[5] avec un nombre de moments nuls ($N=2$) paraît convenable et d'autres ondelettes seront appliquées : ondelette spline et biorthogonale.

Des tests sous Matlab pour évaluer cette méthode et ces différents choix sont en cours.

Références

- [1] G. HENRY, *Géophysique des bassins sédimentaires*, TECHNIP.
- [2] K. H. WATERS, *Reflection Seismology- A Tool for Energy resource Exploration*. KRIEGER, Malabar, Florida, 1992.
- [3] S.G. MALLAT, *A theory for multiresolution signal decomposition : The wavelet representation*, IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell. 11(7):647-693, 1989.
- [4] Y. MEYER, *Ondelettes et opérateurs*, Hermann, Paris, 1990.
- [5] I. DAUBECHIES, *Ten Lectures on wavelets*. Number 61 in CBMS-NSF Series in Applied Mathematics. SIAM, Philadelphia, 1992.
- [6] M. LAVERGNE, *Méthodes Sismiques*, TECHNIP, IFP, 1986.
- [7] S. MALLAT, *Une exploration des signaux en ondelettes*, Ecole polytechnique/Ellipses, Paris, 2000.
- [8] E. BOURNAY, *Analyse d'Images par ondelettes application aux images sismiques*, thèse Université Joseph Fourier-Grenoble, 1997.

Modélisation des écoulements des eaux profondes de la plaine de Mejjate et sa bordure occidentale (Haouz occidental, Maroc).

Karima Boukhari¹, Sadik Er-Rouane², Abdeljalil Gouzrou³

¹ Laboratoire d'Hydrogéologie, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Bd du Prince Moulay Abdellah, BP2390, Marrakech 40001, Maroc. kabouk@yahoo.fr

² Laboratoire d'Hydrogéologie, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Bd du Prince Moulay Abdellah, BP2390, Marrakech 40001, Maroc. errouane@ucam.ac.ma

³ Direction Provinciale de l'Équipement de la Wilaya de Marrakech, Place du 16 novembre, Guéliz, Marrakech 40000, Maroc. agouzrou@yahoo.fr

Résumé

Depuis une trentaine d'années, on assiste à une diversification considérable des problèmes hydrogéologiques à résoudre. La surexploitation des aquifères et leur perturbation qualitative, nécessite la gestion et la protection de l'eau souterraine. Or, pour gérer les ressources en eau, il faut tout d'abord comprendre le fonctionnement de l'aquifère dans les conditions naturelles et prévoir l'influence de l'intervention humaine sur la qualité et la quantité de l'eau souterraine. Ce sont les objectifs de la modélisation.

La nécessité d'utiliser des instruments de prévision, des "simulateurs" ou "modèles", pouvant simuler le comportement des nappes d'eau souterraines dans des conditions naturelles et sous l'effet perturbateur de l'intervention humaine. Ces modèles ont pour but de transmettre les connaissances sous une forme synthétique, de visualiser l'influence des paramètres physiques, comme l'hétérogénéité ou l'anisotropie des perméabilités, et l'influence des conditions aux limites, comme l'hétérogénéité des infiltrations ou l'altitude des exutoires, sur les écoulements souterrains, de servir d'instrument d'expérimentation et de démonstration, et de contrôler, dans une certaine mesure, la cohérence des hypothèses que l'on fait sur les propriétés physiques du milieu et sur les conditions aux limites (infiltrations, pertes par évapotranspiration, niveau de la nappe).

Le secteur d'étude, d'une superficie de 2800 Km², représente la partie occidentale du domaine du Haouz, il se situe à 70 Km au Sud Ouest de Marrakech, il est délimité au Nord par les chaînons des Jbilet, au Sud par le Haut Atlas Occidental, à l'Est par l'oued N'Fis et à l'Ouest par le grand bassin d'Essaouira - Meskala. Avec le développement démographique et agricole et face aux années successives de sécheresses connues sur la plaine, comme sur tout le Maroc, une surexploitation des ressources en eaux a été constatée, les prélèvements et les apports ont été évolués d'une façon notable, ainsi la nappe de recouvrement présente un déficit du bilan général de l'ordre de 340 l/s (ENANAÂ, 2000).

Face à cette situation, une demande en eau qui augmente et une diminution importante des réserves d'eau plio-quadernaires, les exploitations s'orientent plus vers la nappe profonde : Eo-crétacée, ces formations Éo-crétacées incluent à la fois les calcaires Cénomano-turonien de la terminaison ouest de Mejjate (Imintanout, Taouloukoul, Zaouiet Sidi Abdelmoumen) et les calcaires éocènes du synclinal des Ouled Bou Sbaâ et ceux de la région ouest de Chichaoua appelés cuvette de l'oued El Biod (Bernert, 1973).

Cette nappe revêt donc une grande importance socio-économique pour la zone d'étude, ceci se concrétise dans les différents aspects, l'alimentation en eau potable du milieu urbain et rural, le débit total actuellement exploité dépasse 400 l/s et est appelé à augmenter dans

l'avenir, l'irrigation de plusieurs parcelles, le débit total actuellement exploité dépasse 300 l/s, la sollicitation est de plus en plus forte et plusieurs demandes de prises d'eau sont formulées.

Dans ce contexte, la nappe profonde fera l'objet d'un modèle de gestion de l'écoulement, ce dernier constituera un moyen de suivi qui permet de comprendre le comportement réel du système et prévoir son évolution dans le futur. Ceci nécessite d'élaborer au préalable un schéma conceptuel de la zone qui peut mettre en évidence la structure géologique de la nappe profonde, sa géométrie, sa piézométrie, son exploitation ; et permet de décrire les différentes relations hydrauliques existantes entre les niveaux et principalement les niveaux aquifères à savoir : les abouchements, les drainances.

Le modèle de la nappe profonde sera construit par la méthode de résolution numérique en éléments finis (Logiciel ModFlow). Ce logiciel est le standard pour l'étude et la modélisation des écoulements. C'est un modèle déterministe, tente de traduire au mieux les conditions physiques réelles du système aquifère, telles la structure du milieu, les conditions aux limites, la distribution spatiale des paramètres... Il est élaboré à l'aide des méthodes numériques (différences finies et éléments finis), puisque les écoulements des nappes à l'échelle régionale obéissent généralement à la loi de Darcy, selon une équation de type elliptique pour les deux régimes, permanent (équation de Laplace ou de Poisson) et transitoire (équation de Fourier). Le ModFlow permet alors de modéliser graphiquement le maillage, les propriétés et les conditions aux limites, de visualiser les paramètres d'entrée du modèle en 2 ou 3 dimensions, de simuler les écoulements et le transport de contaminants en milieu souterrain, de visualiser et d'interpréter les résultats de la simulation en 3D.

La fiabilité des données utilisées (qualité et quantité), permette de faire une meilleure modélisation.

Mots-clés : Mejjate, nappe phréatique, nappe Eo-crétacée, simulation, modèle, ModFlow.

Références

AMBROGGI R., et THUILLE G., – Haouz de Marrakech. Hydrogéologie du Maroc. Notes, Mém., Serv., Géolo., Maroc, n° 97, (1952).

BERNERT G., - Bilan de la nappe du Haouz. Etude Hydrodynamique en régime permanent. Plaine de Mejjate. 4/19 Mj 4, (1973).

ENANAA N., – Etude hydroclimatologique et hydrogéologique des aquifères de la plaine de Mejjate et sa bordure occidentale, simulation numérique des écoulements souterraines de la plaine de Mejjate (Maroc). Thèse de Doctorat, Univ. Tunis II, Fac. Sc. Tunisie, 205p, (2000).

RAZOKI B., – Mise en place d'un système de gestion de base de données pour la gestion des ressources en eaux souterraines de la plaine du Haouz (Meseta occidentale, Maroc). Thèse de Doctorat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sc. Marrakech, 166p, (2001).

Etude de l'élimination du bleu de méthylène dans l'eau par la sciure de bois

L. Dahbi¹, M. El kouali¹, M. Dahbi¹, S. Yousfi¹, M. Blaghen², M. Talbi¹

1-Laboratoire de Chimie Analytique et Physico-chimie des matériaux Faculté des Sciences Ben M'sick Université Hassan II – Mohammedia BP 7955 Sidi Othmane Casablanca E-mail : acsl@caramail.com;

2- Laboratoire de Microbiologie, Biotechnologie et Environnement, Faculté des Sciences Ain chock, Université Hassan II, Km 8 route d'El Jadida, B.P. 5366, Maroc

Résumé

Les résidus de transformation du bois tel la sciure de bois a été largement étudiée depuis quelques années par sa propriété d'adsorption et d'enlèvement des métaux toxiques contenus dans les effluents contaminés.

Ce travail propose un nouveau procédé d'élimination du bleu de méthylène par adsorption sur la sciure de bois l'hêtre.

Les points discutés portent sur les méthodes de préparation (lavage, séchage et tamisage), les conditions opératoires utilisées lors de l'adsorption, l'effet des principaux paramètres opératoires (temps de contact, pH de milieu aqueux, concentration granulométrie d'adsorbant).

Par ailleurs, l'exploitation des isothermes d'adsorption faisant appel à différents modèles classiques a montré que l'adsorption peut être régie par les isothermes de Langmuir et du freundlich.

A partir des valeurs des capacités maximales d'adsorption et des constantes d'équilibre, la sciure de bois utilisé s'avère efficace dans l'élimination des colorants.

Mots clés : Adsorption, Sciure de bois, Bleu de méthylène, Isotherme.

Modélisation cinétique de la compétition entre tumeur et système immunitaire.

Lobna Derbel¹, Pierre Emmanuel Jabin²

¹lobna.derbel@ens.fr,

Laboratoire d'Ingénierie et Mathématiques,

Ecole Polytechnique de Tunisie, BP 743, Rue El-Khawarezmi 2078 la Marsa, Tunisia.

²jabin@unice.math.fr,

Laboratoire de mathématiques J.A Dieudonné,

Université de Nice Sophia-Antipolis, Parc Valrose - F-06108 Nice Cedex 02, France.

Mots-clefs : Equations Cinétiques, Comportement asymptotique, Immunologie.

Résumé

On étudie de nouveaux modèles décrivant la réponse du système immunitaire à une attaque extérieure qui se manifeste par la présence de cellules étrangères dans le corps. Il en résulte une stimulation du système immunitaire dès qu'il détecte la présence du virus, il apparaît donc une compétition entre le virus et le système immunitaire. Cette compétition est modélisée à l'aide d'un système de trois équations couplées homogènes en espace, de type équations cinétiques (voir [1], [2]).

On introduit trois équations: une équation décrit l'évolution des cellules tumorales (ou virus), une équation décrit le système immunitaire et une dernière modélise l'effet de l'agression sur le reste de l'organisme. Chacune des cellules tumorales, du système immunitaire ou de l'environnement est décrite par une activité dont la signification varie d'un type de cellule à un autre.

L'activité du virus décrit sa virulence et sa capacité à affecter l'organisme. Pour le système immunitaire, l'activité décrit son habilité à défendre l'organisme et donc sa capacité à éliminer les corps étrangers, enfin l'activité du reste de l'organisme mesure par exemple la quantité de nourriture disponible pour la tumeur.

L'objectif est d'étudier le comportement asymptotique des solutions, lorsque le temps tend vers l'infini.

On montre, en utilisant des méthodes de compacité, que le système ne peut avoir que deux comportements:

1. Ou bien le système immunitaire gagne et dans ce cas, la tumeur a une activité qui tend vers zéro, le corps a une activité qui tend vers une constante qui représente l'activité du corps à l'état de santé normal de l'individu.
2. Ou bien la tumeur gagne, dans ce cas, on a un système immunitaire épuisé, qui a une activité nulle, mais qui a produit le nombre maximal de cellules qu'il peut, mais sans réussir à exterminer le virus, et l'activité du corps tend vers zéro lorsque le temps tend vers l'infini.

On donne aussi quelques illustrations numériques.

Références

[1] E. De Angelis and P. E. Jabin, *Qualitative Analysis of a Mean Field Model of Tumor-Immune System Competition*, Math. Models Methods. Appl. Sci., 13 (2003) 187–206.

[2] L. Derbel, *Analysis of a New Model For Tumor-Immune System Competition Including Long Time Scale Effects*, Math. Models Methods. Appl. Sci., 11 (2004) 1657-1681.

Generalization of a HLL scheme with artificial compression to nonhomogeneous hyperbolic systems: application to shallow waters equations.

Antonio Domínguez Delgado¹, Enrique D. Fernández Nieto², Sandra Martín Sánchez.³

¹ Departamento de Matemática Aplicada I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura ,
Avda. Reina Mercedes 2. Sevilla (Spain). Email: domdel@us.es

² Departamento de Matemática Aplicada I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura ,
Avda. Reina Mercedes 2. Sevilla. (Spain). Email: edofer@us.es

³ Departamento de Matemática Aplicada I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura ,
Avda. Reina Mercedes 2. Sevilla. (Spain). Email: sandramarsan@us.es

Abstract

In this work we study finite volume methods to approximate nonhomogeneous hyperbolic systems. We can find two types of finite volume methods: upwind schemes and centered schemes. They are several essential differences between both types of schemes, just from their deduction. In the books [5] and [7] can be found a description of both types of numerical schemes.

From a point of computational point of view the biggest difference is the type of numerical diffusion of the scheme: matricial diffusion of scalar diffusion.

An example of upwind scheme is the well-know scheme of Roe. For an homogeneous hyperbolic system, the scheme of Roe is defined by its numerical flux function, which requires the evaluation of an absolute value matrix. This matrix requires the calculation of the eigenvector matrix of the jacobiana of the flux, to inverse it and to multiply this two matrices with the diagonal matrix of the absolute value of the eigenvalues. We can speak in this case of a scheme with matricial diffusion.

However, the centered schemes, like Lax-Friedrichs or HLL among others, can be rewritten as schemes with scalar diffusion, and consequently cheaper from a computational point of view.

In this work we focus our study in the HLL scheme and its extension to the treatment of source terms, but the technique that we present here, can be easily applicable to another type of centered schemes.

The extension of numerical schemes of homogeneous hyperbolic systems to the non homogeneous case has been recently very large studied problem. For example, in [1] it is presented the extension of the scheme of Roe for shallow waters equations, in order to treat the source term due to the bottom topography. It is proven that the scheme conserves the stationary solution of water at rest. In [6] they present a numerical scheme which preserve all stationary solutions of a nonhomogeneous hyperbolic equation. They introduce the concept of well-balanced schemes. In the case of a nonhomogeneous system in [2] a systematic technique is built for the generalization of upwind schemes to non homogeneous systems. Also in [3] the concept of asymptotically well-balanced schemes is introduced. It is proven that the family introduced in [2] verifies this property: the scheme preserves, up to second order, all stationary solutions over a set whose measure of the complementaire tends to zero when the step of the space discretization also tends to zero.

In this work we study schemes with scalar diffusion, concretely a variant of the HLL method, and its extension to the treatment of source terms, as well as their application to shallow water equations.

As it is very well-known, an shortcoming of the methods that use escalar diffusion and concretely of the HLL, is that they introduce an excess of numerical diffusion in the approaches that they provides for the variables associated to the intermediate eigenvalues. To overcome this, we introduce a variant of the HLL method that incorporates a treatment technique for the intermediate field lineally degenerate, technique named artificial compression [4], that provides us our final scheme HLL-AC.

With shallow waters equation we can study the behavior of a fluid in areas like ponds, rivers or coastal areas. When the bottom on which the fluid circulates is non plane a term source appears. In the deduction of the equations of shallow waters, as vertical integration of the equations of Navier-Stokes, we can observe that the source term due to the bottom topography comes from the integration of the term of pressure, which is supposed to be hydrostatic. This motivates the importance of the correct approximation of this source term. For example, when we consider the stationary solution of water at rest, we are studying the approximation of the terms which comes from the hydrostatic pressure term. We also observe that, in analogy with the pressure terms of the Navier-Stokes equations, this is a term which makes necessary the use of of mixte or stabilized finite elements methods.

In this work it is proven that the extension of the scheme that we propose verifies the asymptotically well-balanced property, for any nonhomogeneous hyperbolic system and independently of the definition of the source term. Also, for shallow waters equations we prove that the stationary solution of water at rest is calculated in an exact way.

Finally, several applications are presented for shallow water equations. We carry out several stationary and not stationary tests as subcritical or supercritical cases as transcritical cases.

Références

- [1] A. Bermúdez – M.E. Vázquez Cendón, *Upwind Methods for Hyperbolic Conservation Laws with Source Terms*. Computer Fluids 23-8 1049-1071 (1994)
- [2] T.Chacón Rebollo, A. Domínguez Delgado, E.D. Fernández Nieto, *A family of stable numerical solvers for Shallow Water equations with source terms*. Computer Methods Appl. Mech. Eng. 192, 203-225 (2003)
- [3] T.Chacón Rebollo, A. Domínguez Delgado, E.D. Fernández Nieto, *Asymptotically balanced schemes for non-homogeneous hyperbolic systems- application to the Shallow Water equations*. C.R. Acad. Sci. Paris. 338, 85- 90. (2004)
- [4] E.D. Fernández Nieto, V. Martínez. *A Treatment of discontinuities for non linear systems with linearly degenerate fields*. Submitted (2005).
- [5] E. Godlewski – P.A. Raviart, *Numerical Approximation of Hyperbolic Systems of Conservation Laws*. Springer-Verlag, (1996).
- [6] J.M. Greenberg, A.Y. Leroux. *A Well-Balanced scheme for the numerical processing of source terms in hyperbolic equations*. SIAM J. Numer.Anal. Vol. 33-1. 1-16 (1996).
- [7] E.F. Toro. *Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics*. Springer (1997)

Modélisation 3D des structures magnétiques dans la région Amjar - Saidia

D. El Azzab*, **A. El Koulali***, **L. Seddaoui*** Et **B. El Mansouri****

Elazzab@menara.ma

* Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Faculté des Sciences et
Techniques Sais Fès. Département de géologie BP 2202 Fès – Maroc.

** Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences Kénitra, département de géologie

L'analyse de la carte aéromagnétique du champ résiduel et sa réduction au pôle ont permis de mettre en évidence des zones à contraste d'aimantation beaucoup plus étendues que les affleurements volcaniques dans la région susceptibles de les engendrer. L'anomalie magnétique montre l'individualisation de trois pics à partir de 120 nano-Teslas. L'un des trois sommets de l'anomalie, réduite au pôle, sont bien corrélés aux îles Chaffarine à l'Est, alors que les autres restent sans évidence au niveau de Kariate Arekmene et décalé vers le Sud par rapport au complexe volcanique de Gourougou à l'Ouest (figure 1).

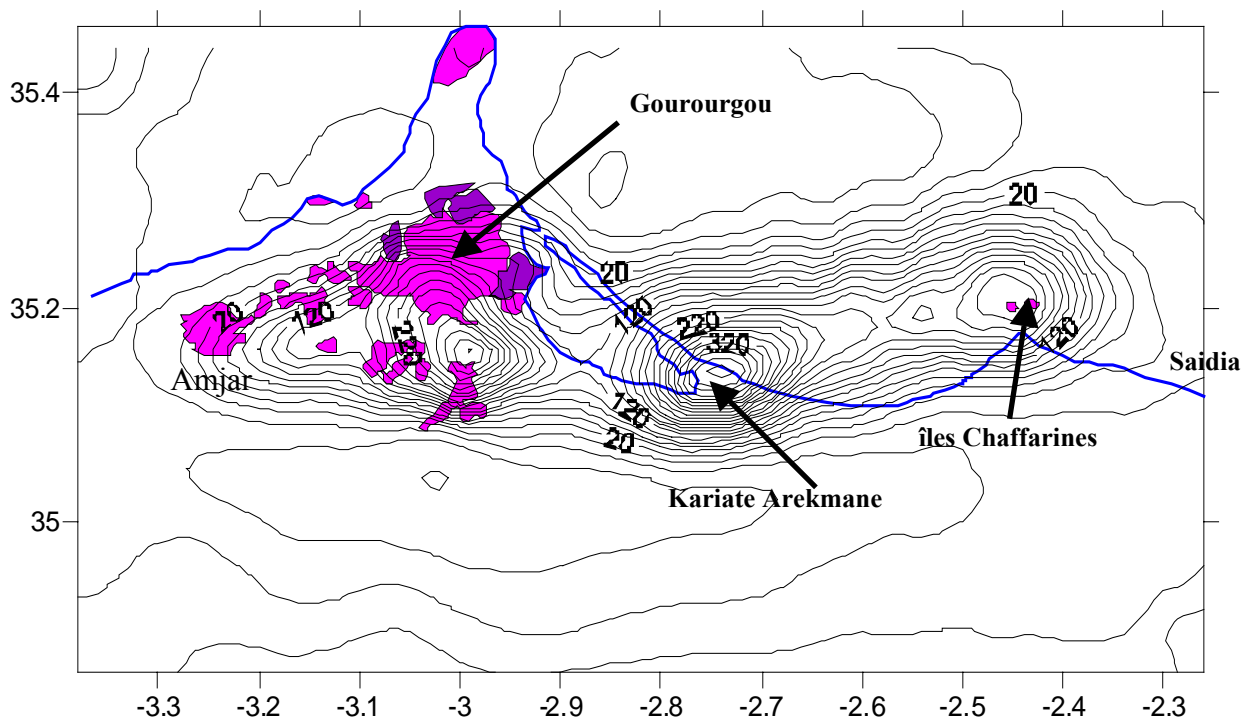


figure 1. Carte du champ magnétique résiduel réduit au pôle (la déclinaison = 0° et l'inclinaison = 50°) superposé à la carte géologique montrant uniquement les roches volcaniques.

La carte d'anomalies magnétiques montre clairement trois pics qui peuvent être associés à des édifices volcaniques enfouis en profondeur. Les trois pics sont superposés à une anomalie de taille plus grande allongée d'Est en Ouest. Cette dernière témoigne de la présence d'une base unique aux trois édifices, plus profonde qui serait donc une chambre magmatique fossile qui aurait alimenté les appareils volcaniques affleurants.

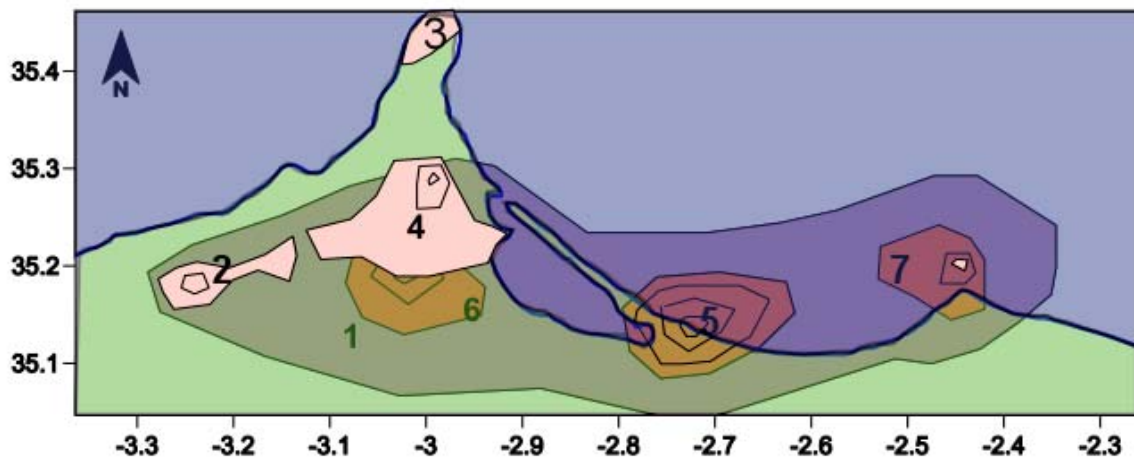
Afin d'évaluer la quantité de matériaux ayant causé l'anomalie observée nous avons effectué une modélisation tridimensionnelle de ces structures magnétiques. La méthode

utilisée est celle de Talwani. Elle permet de simuler les objets géologiques par des tranches, ce qui permet de mieux contraindre la forme.

Les formes des objets magnétiques, autres ceux qui affleurent sont inspirées de la carte réduite au pôle. L'intensité de l'aimantation a été mesurée sur quelques échantillons provenant d'un formage, puis à l'aide d'une inversion on a pu avoir une idée sur sa distribution sur la totalité de la zone à contraste d'aimantation. Elle est variable de 1 à 4.2 A/m. Nous avons calculé notre modèle avec une direction verticale. La profondeur des objets reste l'inconnu qui serait à rechercher à partir de plusieurs tests de calcul.

Le matériel volcanique responsable de l'anomalie observée, outre celui qui affleure, aurait une profondeur de 1.9 km et une épaisseur de 1.3 km. La base commune serait de longueur 80 km et de largeur 20 km (figure 2.). Le champ magnétique ainsi calculé est très comparable à celui observé (figure 1.).

Ces éléments soulignent l'importance des phénomènes magmatiques qui se sont produites dans le Maroc nord-oriental.



**1 : Base 2 : Amjar 3 : Cap des trois fourches 4 : Gourougou 5 :Kariat Arekmane
6 : Nador Ouest 7 : Iles chaffarines**

Figure 2 : Structures synthétiques responsables de l'anomalie observée (les sources 1, 5, 6, 7 sont enfouies en profondeur ; alors que 2, 3, 4 et le sommet de la source 7 affleurent).

**Apport de la modélisation statistique a la compréhension des mécanismes
d'épuration des eaux usées par lagunage a haut rendement : cas de
l'élimination de l'azote et du phosphore**

H. El Halouani, K. Dssouli, M. Sbaa, E. Gharibi

Centre de l'Oriental des Sciences et Technologie de l'Eau, Université Mohammed Premier,
Oujda, Fax. 056 50 06 03

E-mail. elhalouani@sciences.univ-oujda.ac.ma

Résumé

Le lagunage à haut rendement est un système d'épuration des eaux usées qui représente une alternative viable pour l'élimination à la fois des charges polluantes organiques, azotées et phosphorées contrairement aux systèmes intensifs qui sont spécifiques surtout à l'élimination de la pollution organique. Cela fait du lagunage à haut rendement un écosystème complexe représentant un grand nombre de relations fonctionnelles. Le recours à la modélisation permet une meilleure appréciation des conséquences de cette complexité, et de comprendre le fonctionnement des mécanismes prédominants dans ce système d'épuration des eaux usées.

Le modèle envisagé est un modèle de type statistique par opposition aux modèles déterministes. Cependant il ne s'agit pas d'un modèle empirique dans la mesure où il impose la formulation d'hypothèses causales supposées à priori. Le but de cette modélisation est donc de vérifier que les données expérimentales répondent aux hypothèses formulées comme elles sont assemblées dans le modèle conceptuel. Afin de comprendre les mécanismes d'élimination de la pollution azotée et de la pollution phosphorée dans un lagunage à haut rendement, la méthode statistique utilisée est l'analyse des coefficients de direction ou « **path analysis** ». L'objectif de la modélisation que nous présentons est d'aboutir à une meilleure interprétation des mécanismes régissant l'élimination des pollutions azotées et phosphorées (variables à analyser) dans le lagunage à haut rendement en fonction d'un certain nombre d'autres variables de l'écosystème considéré (variables explicatives) à savoir les variables climatiques, biologiques, chimiques, etc.

Mots clés : lagunage à haut rendement, eaux usées, traitement, azote, phosphore, modélisation, coefficient de direction.

Using of the FAO-56 model for estimating actual evapotranspiration of olives orchards in semi arid region.

S. Er-Raki^{1*}, A. Chehbouni^{1,2,3}, N. Guemouria¹, J. Ezzahar¹, R. Hadria¹, A. Chehbouni¹

¹ FSSM : Faculté des Sciences Semlalia (Université Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco)

² CESBIO : Centre D'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO, Toulouse, France)

³ IRD-Mexique : Institut de Recherche pour le Développement (Mexique).

*Corresponding author: s.erraki@ucam.ac.ma

Knowledge of evapotranspiration is useful for different aims like water budget calculations, climatological and meteorological studies. In arid regions evapotranspiration is a significant and often the dominant water flux leaving the Earth's land surface. Nearly all the inputs in the form of rain is lost through evapotranspiration therefore this parameter is of great importance in controlling watering schedule and determining crops productivity. Hence, estimates of evapotranspiration and its components transpiration and evaporation are of crucial importance in dynamic crop-weather models, irrigation models and SVAT models. Although many approaches were developed and adapted for various applications, there is still a remarkable range of uncertainty for reliable estimation of evapotranspiration. Many of these uncertainties are the result of poor model input data quality, but others are related to the used method itself and its sensitivity to various environmental conditions.

Within the Tensift river basin (region of Marrakech, central Morocco), the "SudMed" project focuses on developing methods that use remote sensing data in junction with field observations and numerical tools such as the FAO model and soil-vegetation-atmosphere-transfer models to estimate time-space variation of water needs and consumption. In the present study we focused our effort on the use of the FAO-56 model (Allen et al., 1998) to estimate the crop evapotranspiration, crop transpiration and soil evaporation over an olive tree site in the Tensift basin. The simulated actual plant transpiration by the FAO-56 crop coefficient model was compared with scaled sap flow measurements. Comparison of simulated components of evapotranspiration (soil evaporation and plant transpiration) with the measurements shows that the model simulates reasonably well the plant transpiration and soil evaporation prior to irrigation. However, the results were poor for the period succeeding irrigation. The estimated values of crop coefficient by the FAO-56 model for olive trees at three crop growth stages (initial, mid season and maturity) were 0.6, 0.65 and 0.65. Therefore, the values of crop coefficients found in this study were lower than suggested by FAO-56. This reduction might be due to various water and agronomic stresses.

References:

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage, Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.1998

Numerical simulation of the effect of the drainage water salinity on the ecosystem in Siwa oasis, western desert, Egypt

Gad, M. I. M.* and Saafan, T. **

*Head of Mathematical Modeling Unit, Desert Research Center, Cairo, Egypt.
e-mail : drmohamedgad @ yahoo.com

** Prof. of Irr. & Hyd. Faculty of Engineering, Mansoura University

ABSTRACT

Siwa Oasis suffers from serious soil-water salinization problem. The environmental impact of this problem on Siwa Oasis ecosystem was simulated. The predicted future changes of the ecosystem due to the presence of hyper-saline lakes, which collect the drainage water, were simulated in this paper through application of suitable numerical model (**2D - VDTRANS**). Under the initial condition of the hyper-saline lake water salinity (**140 g/l**), the model results showed that the salinity of the soil water of the cultivated area with ground elevation less than **-17.5 m.a.m.s.l** will reach **8 g/l** after **1100** days. This means unsuitable water for irrigation-reuse. In addition, the increase in the water level of Aghormi lake by **30 cm** causes the soil water salinity to increase by **60%** after **1100** days until the ground elevation of **-11 m.a.m.s.l**. Also, the dryness of Aghormi lake causes the salinity of the soil water to increase by **90%** of the recorded values after **1100** days through a distance of **1.5 km** east of the lake.

Recommendations concerning salt reduction in the soil zone through improvement of irrigation and drainage techniques are focused in this paper. Both increasing of Aghormi-lake's water level via draining the excess water in this lake and dryness of it lake is not recommended. Also the construction of interceptor drain to drain the excess irrigation water in Siwa lake is recommended.

Key words : Soil-water salinization, 2D-VDTRANS, Aghormi lake, Drainage techniques, Interceptor drain.

Marge de rendement du blé en fonction du nombre d'irrigations dans les conditions de Marrakech : étude par simulation

Rachid Hadria¹, Abderrahmane Lahrouni¹, Benoît Duchemin², Saïd Khabba¹, Salah Er-Raki¹, Jamal Ezzahar¹, Abdelghani Chehbouni²

¹FSSM – Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

²CESBIO – Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, France

Correspondant : r.hadria@ucam.ac.ma

Résumé

Depuis une vingtaine d'années, avec le perfectionnement des systèmes de mesures sur le terrain et le développement et la puissance des ordinateurs, la modélisation de la croissance des plantes de grandes cultures est un domaine dans lequel on a fait des progrès considérables. Nous assistons de plus en plus à l'apparition d'un grand nombre de modèles qui sont élaborés pour intégrer le développement et la croissance des cultures, parmi lesquels on peut citer CERES-Wheat (Ritchie 1985) or ARCWHEAT (Weir et al. 1984), STICS (Brisson et al., 1998, 2002), etc. Ces modèles peuvent retenir l'intérêt des spécialistes pour différentes raisons: la prédiction des rendements ou du comportement de la culture, la planification d'expériences destinées à tester certains facteurs susceptibles d'affecter la croissance et le rendement, le test par simulation d'hypothèses qu'il serait difficile d'étudier de façon purement empirique, l'interprétation des différences de rendement suivant les lieux et les années et des anomalies éventuellement observées, la cartographie d'une région en fonction des rendements possibles, etc. Un autre aspect des modèles est qu'ils constituent un résumé précis des connaissances (ou d'une partie importante d'entre elles) que nous avons sur le comportement d'une culture, tenant compte des liens et des interactions entre les divers grands processus qui interviennent.

Le modèle STICS (Simulateur multidisciplinaire pour des cultures standard) est un modèle dynamique de fonctionnement des cultures à pas de temps journalier conçu comme un outil de simulation opérationnel en conditions agricoles (Brisson et al., 2003). Parmi un ensemble de variables clef qu'il simule, STICS simule le bilan hydrique et le rendement en grain en fonction du forçage climatique, du type de sol et des itinéraires techniques utilisés et en particulier les dates d'irrigation et les quantités d'eau apportées. La validation et l'application de ce modèle dans des zones semi arides a déjà donné des résultats satisfaisants au niveau d'estimation de l'évapotranspiration des plantes et du rendement du blé dur (Rodreguez et al., 2004, Hadria et al., soumis à IJRS).

Dans ce travail, nous avons utilisé le modèle STICS pour simuler la marge des rendements possibles du blé dans les conditions du Haouz de Marrakech en fonction du nombre d'irrigations. En effet la plaine du Haouz est une région à climat semi aride où l'eau est un des facteurs essentiels du rendement. Pour se faire, nous avons tout d'abord analysé 15 années de données climatiques, enregistrées dans 5 stations qui sont réparties sur la plaine, pour obtenir les caractères d'un climat moyen de la région. Nous avons surtout identifié les fréquences et les quantités de précipitations les plus importantes. Ceci nous a permis de choisir un climat réel qui présente des caractères proches du climat moyen et qui a été utilisé dans nos simulations. Dans une seconde étape, nous avons fait un choix de date de semis du blé et une répartition des dates d'irrigations possibles tout le long du cycle qui permettent de surmonter progressivement le stress hydrique dû à la rareté et à la mauvaise répartition des précipitations. Ainsi nous avons obtenu la relation liant les irrigations au rendement moyens de notre région.

Remerciement

Cette étude est soutenue par le 5^{ème} PCRD de l'union européen via les programmes WATERMED ("WATER use Efficiency in natural vegetation and agricultural areas by Remote sensing in the MEDiterranean basin", <http://www.uv.es/ucg/watermed>) et IRRIMED ("Improved management tools for water-limited irrigation: combining ground and satellite information through models", <http://www.irrimed.org>).

Références

- Brisson N., Mary B., Ripoche D., Jeuffroy M.H., Ruget F., Nicoullaud B., Gate P., Devienne-Baret F., Antonioletti R., Durr C., Richard G., Beaudoin N., Recous S., Tayot X., Plenet D., Cellier P., Machet J.M., Meynard J.M., and Delécolle R., STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances, I. Theory and parametrization applied to wheat and corn, *Agronomie*, **18**, 311–346, 1998.
- Brisson N., Ruget F., Gate F., Lorgeou J., Nicoullard B., Tayot X., Plenet D., Jeuffroy M-H., Brouthier A., Ripoche S., May B. and Justed E., STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances, II. Model validation for wheat and maize, *Agronomie*, **22**, 69–92, 2002.
- Brisson N., Gary C., Justes E., Roche R., Mary B., Ripoche D., Zimmer D., Sierra J., Bertuzzi P., Burger P., Bussièrre F., Cabidoche Y.M., Cellier P., Debaeke P., Gaudillère J.P., Hénault C., Maraux F., Seguin B., and Sinoquet H., An overview of the crop model STICS. *European journal of agronomy*, **18**, 309–332, 2003.
- Hadria R., Duchemin B., Lahrouni A., Khabba S., Er-Raki S., Dedieu G., and Chehbouni A., "Monitoring of irrigated wheat in a semi-arid climate using crop modelling and remote sensing data : Impact of satellite revisit time frequency", submitted to International Journal of Remote Sensing (IJRS).
- Ritchie J.T. and Otter S., Description and performance of CERES-wheat: a user-oriented wheat yield model, *US department of agriculture ARS*, **38**, pp. 159-175, 1985.
- Rodriguez J.C., Duchemin B., Hadria R., Watts C., Khabba S., Boulet G., Garatuza J., Chehbouni A., Lahrouni A., and Palacios E., Wheat yield estimation using remote sensing and the STICS model in the semi-arid valley of Yaqui, Mexico. *Agronomie*, **24**, 295–304. 2004.
- Weir A.H., Bragg P.I., Porter J.R., Rayner J.H., A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *J. Agric. Sci.* **102** 371-382, 1984.

Prédiction de l'irradiation journalière à l'aide des réseaux de neurones MLP

Radouane Iqdour¹, Abdelouhab Zeroual²

Département de Physique, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia
BP 2390, Marrakech 40000, Maroc

¹ r.iqdour@ucam.ac.ma

² zeroual@ucam.ac.ma

Résumé

L'énergie solaire est renouvelable et écologique. Contrairement aux combustibles fossiles, l'énergie lumineuse du Soleil peut être exploitée pratiquement partout sur la terre. Elle est polyvalente de surcroît : elle produit de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et de l'énergie mécanique [1]. Les systèmes d'énergie solaire et les autres applications d'énergies renouvelables sont la seule solution techniquement viable, économiques et respectueuses de l'environnement, pour fournir de l'énergie aux communautés rurales isolées.

Quand un héliotechnicien envisage l'installation en un lieu donné d'un ou de plusieurs capteurs solaires, il a besoin de connaître le mieux possible le rayonnement solaire au lieu même d'utilisation. Ce rayonnement constitue la grandeur physique principale à l'entrée de tous les systèmes solaires de conversion même les plus élémentaires. La connaissance des caractéristiques statistiques des séquences par exemple des irradiances journalières est nécessaire pour la conception et le calcul des performances des systèmes solaires. Ces séquences d'irradiation peuvent être obtenues à partir des mesures existantes, mais malheureusement les réseaux de mesures du rayonnement solaire sont encore actuellement peu développés. Pour surmonter ces difficultés, la solution alternative consiste à estimer le rayonnement solaire à partir des données climatologiques disponibles telles que la température, l'humidité, la précipitation et la couverture nuageuse qui sont enregistrées presque partout dans le monde dans des stations météorologiques.

Etant donné que le rayonnement solaire est un processus stochastique, il a été montré que les séquences de l'irradiation journalière peuvent être également décrites et simulées par des modèles de type de chaîne de Markov, ou des séries de Fourier, en construisant des modèles statistiques[2]. D'autres modèles qui ont attiré l'attention sont ceux qui utilisent les données antérieures pour prédire les observations futures (prévision). Ces modèles sont basés sur l'approche de la régression et appelés modèles autoregressifs (AR), autoregressifs à moyennes ajustées (ARMA). Ce genre de modèles a fait l'objet de plusieurs travaux, et les résultats

obtenues montrent leur efficacité dans la prédiction ou la simulation des données solaires d'irradiation horaire ou journalière[3-4].

D'autres modèles ont vu leur apparition et leur développement à partir des années 80' parmi ces modèles on trouve les réseaux de neurones. Parmi l'ensemble des réseaux de neurones existants aujourd'hui, on peut dire que le MLP (Multi-Layered Perceptron) est la structure qui permet de réaliser les applications les plus diverses à savoir par exemple la reconnaissance des formes, classification et compression d'information. Un réseau MLP est constitué d'un ensemble fini de neurones organisées en couches successives. La première couche est appelée couche d'entrée, la dernière est la couche de sortie et les couches intermédiaires sont les couches cachés. L'apprentissage du réseaux MLP qui consiste à calculer les poids de connections entre les neurones se fait à l'aide de l'algorithme dite de descente de gradient qui a pour principe de modifier les poids à chaque itération dans la direction opposée à celle du gradient de la fonction de coût [5-7].

Dans ce travail nous avons appliqué les réseaux multicouches MLP pour la prédiction de l'irradiation journalière mesurée sur une surface horizontale sur le site de Dakhla. l'algorithme d'apprentissage utilisé pour calculer les poids des neurones se base sur la version Polack-Ribière des gradients conjugués. Les résultats montrent que les réseaux MLP sont capables de prédire l'irradiation journalière avec un grand degré de précision, et donc de générer les données solaires dans le cas de l'indisponibilité de ces mesures.

Références

- [1]M. Iqbal. An introduction to solar radiation . Academic Press, 1983.
- [2]U. Amato and al. Markov process and Fourier analysis as a tool to describe and simulate daily solar radiation. Solar Eng. Vol.37, N°3, pp 179-194, 1986.
- [3]A. Zeroual, M. Ankrim, AJ. Wilkinson. Stochastic modelling of daily global solar radiation measured in Marrakesh, Morocco. Renewable Energy , 6 (7), pp. 787-793, 1995.
- [4]S. Safi, A. Zeroual. Modelling solar data using high order statistics. A.M.S.E., Advances in Modelling & Analysis. Vol. 6, N°1, 2, pp. 1-16. Advances D-2001.
- [5] Polak, Computational Methods in optimisation: a unified approach, Editions Academic Press, 1971.
- [6]J.J. Hopfield, Neural Networkx and physical Systems with emergent collective computational abilities, Proceeding of the Natl, Acad. Sci n°798, pp. 2554-2558, 1982.
- [7] M. J. D. Powell, Restart Procedures for the Conjugate Gradient Method, Mathematical Programming, Vol.12, pp.241-254, 1977.

**Modélisation de l'interaction fluide – roche
dans le gisement d'or de Tiouit (anti-Atlas, Maroc)**

Abderrahim Jettane¹ & Fouad Benckroun²

¹Département de Géologie. Faculté des Sciences. B.P.524, Oujda, Maroc. Jettaneabderrahim@yahoo.fr

²Département de Géologie. Faculté des Sciences. B.P.20, Eljadida, Maroc.fbenckroun@caramail.com

Résumé

Les mécanismes de précipitation de l'or dans le gisement de Tiouit (Anti-Atlas, Maroc), sont contrôlés par les changements physico-chimiques au sein du fluide minéralisateur suite à sa réaction particulière avec les minéraux sulfurés du stade I (pyrrhotite, arsénopyrite et pyrite I). Le modèle proposé considère le transport de l'or par le fluide aqueux relativement salé, ayant circulé dans un environnement sulfuré (fissures à minerai du stade I) et précipitant l'or dans ces conditions. Le calcul de la composition de la solution infiltrante a été effectué pour les conditions justifiées par l'analyse paragenétique et microthermométrie à savoir ; 400°C - 500 bars, 1.7 m NaCl, une fugacité d'oxygène proche de l'équilibre pyrrhotite – pyrite et un pH tamponné par l'assemblage minéral quartz - feldspath alcalin - muscovite. De telles conditions expriment le transport de l'or particulièrement sous forme sulfurée.

La modélisation numérique de l'interaction fluide – roche (réalisée par un programme de transfert de masse élaboré par B. MOINE de Toulouse, France), révèle que la diminution de l'activité de H₂S et de la fugacité d'oxygène, enregistrée lors de la transformation de la pyrrhotite en pyrite ; permet la précipitation de quantités significatives d'or (3 µg/kg de solution, soit 43% de Au total). En outre, on souligne l'importance de la précipitation de sulfures en tant que processus de dépôt de l'or, transporté par des complexes sulfurés (**HAu(HS)₂**^o, Au(HS)^o, Au(HS)₂⁻ ...) et ce à température relativement élevée (**400°C**).

Modèle hydrodynamique de la nappe phréatique du Rhis-Nekor (région d'Al Hoceima)

H. Jounaid*, A. Labyed*, N. El Yamine*, A. Larabi**

*Laboratoire d'Hydrogéologie, Département Génie Minéral, EMI, BP 765, Rabat-Agdal.

** Laboratoire d'Identification et de Modélisation de l'Environnement Naturel, Département Génie Minéral, EMI, BP 765, Rabat-Agdal.

La plaine du Rhis-Nekor, située au nord du Maroc, présente un potentiel hydro-agricole de taille pour la région d'Al Hoceima. Elle emmagasine sur toute sa superficie une nappe phréatique considérée comme l'une des plus importantes du domaine rifain.

L'étude géologique, géophysique et hydrogéologique a permis d'identifier un réservoir aquifère constitué par des alluvions d'âge plio-quadernaire ayant une épaisseur moyenne de 240 m. Son substratum schisteux s'enfonce du sud vers le nord sous la couverture plio-quadernaire. L'ensemble fonctionne comme une nappe libre qui circule du sud vers le nord selon un gradient hydraulique variable entre 5 % en amont et 0.1 % en aval.

Pour mieux intégrer les projets de mise en valeur de l'eau dans le développement de la plaine et pour mieux gérer les besoins en eau, de plus en plus croissant, pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable, un modèle mathématique de la nappe du Rhis-Nekor a été élaboré. Le modèle en régime permanent a pu reproduire la piézométrie de référence avec une assez bonne précision, il nous a permis de chiffrer les éléments du bilan de la nappe et de restituer la carte des perméabilités jusqu'alors mal connues. Les coefficients de perméabilité obtenus s'échelonnent entre 10^{-4} m/s et 10^{-3} m/s dans la zone centrale, entre $0.4 \cdot 10^{-4}$ m/s et 10^{-4} m/s dans la zone côtière et entre $0.1 \cdot 10^{-5}$ m/s et $4 \cdot 10^{-5}$ m/s le long des bordures.

Le modèle en régime transitoire a abouti à une porosité efficace allant de 3 % à 8 % et à un historique des entrées et des sorties de la nappe permettant d'orienter avantageusement toute directive de gestion des ressources en eau. Ce bilan montre aussi que d'importantes quantités d'eau, estimées à 955 l/s en 1995, continuent à se déverser dans la mer. Des scénarios d'exploitation ont été proposés pour réduire ces pertes au profit de l'irrigation du secteur littoral. Ces scénarios ont montré que La zone centrale se présente comme la plus favorable à la mise au point d'un dispositif de captage permettant des prélèvements estimés à 100 l/s sans affecter l'équilibre de la nappe.

Mots clés : Rhis-Nekor, Nappe phréatique, Hydrogéologie, Modélisation, Ecoulement, Prévisions.

A simple method for analysing the structure of maize ear

Saïd Khabba¹, Abderrahmane Lahrouni¹, Jeans-Fançois Ledent², Rachid Hadria¹

¹ Département de physique, Faculté des Sciences Semlalia, B.P 2390, Marrakech, Morocco.

E-mail : khabba@ucam.ac.ma.

² ECOP Grandes Cultures, Université Catholique de Louvain, 2 pl. de la Croix du Sud, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

1. Introduction

Maize plant is very sensitive to low temperatures, especially during grain filling (Ledent, 1988). The temperature of maize kernels within the ear has direct effects (Tollenaar and Bruulsema, 1988) and indirect effects on grain growth (Ledent, 1988) and these may be attributed to effects on the grain itself or on the functioning of the ear as for example the transfer of assimilates from the vegetative parts of the plant through the rachis to the grains.

The temperatures within the ear are affected by the thermal characteristics of the different parts of the ear: thermal diffusivity and thermal conductivity. These depend on the elements (water, air and solid) which constitute the ear, the quality of contact between them, the geometrical properties and the porosity of the different parts of the ears. Unfortunately, few data on thermal characteristics of maize ears are available. They have generally concerned measurements of mean properties of whole ears or of the separate layers (husk, kernel and cob) under a very limited set of conditions or stages of development.

Recently, khabba et al. (1999) had determined the overall thermal properties (conductivity k^* and heat capacity c^*) of each layer of maize ears using an identification method. These implicitly take into account the percentage of component elements (water, solid, air), contact quality of those elements (manner in which they are combined and affect temperatures and heat fluxes), geometry of the medium and water vapor transfer.

In this work, a simple method is presented to determine volume percentages of water, solid matrix and air in each layer, as a function of moisture content and overall heat capacity. In a further step, the thermal conductivity was calculated taking into account these volumes and the results were used to show how heat is transferred through the different components of the layers.

2. Methods

2.1. Volume percentages of different phases

The maize ear is a non-homogenous structure consisting of a three concentric cylinders : 1) the husk (outer layer) is formed by the overlapping husk leaves, 2) the cob (the central layer), and 3) the median zone is formed by the grains. In each layer of the ear, heat capacity may be expressed as follows

$$c^* = v_w c_w + v_s c_s + v_a c_a \quad (1)$$

where c_a , c_s and c_w are respectively heat capacity of air, solid matrix and water and v_a , v_s , and v_w their respective volume fraction. The sum of v_a , v_s , and v_w is equal to one

$$v_w + v_s + v_a = 1 \quad (2)$$

Since the mass density of air is negligible in comparison with those of water and solid matrix, the volume of the latter in each layer may be written in the following form

$$V_w = M_T \frac{M}{100 \rho_w} \quad \text{and} \quad V_s = M_T \frac{100 - M}{100 \rho_s}$$

where M_T is the total mass of the layer and M its moisture content (per cent, wet basis) and ρ_s and ρ_w are respectively mass density of solid matrix and water.

The relationship between the volume fraction of the water and of the solid matrix is then

$$v_s = \chi v_w \quad (3)$$

where $\chi = \frac{(100 - M) \rho_w}{M \rho_s}$. Using equation (1), (2) and (3) the volume percentage of water and air in each layer may be written

$$v_w = \frac{c^* - c_a}{c_w + \chi c_s - (1 + \chi) c_a} \quad \text{and} \quad v_a = 1 - (1 + \chi) v_w$$

2.2. Overall thermal conductivity calculated from volume percentages

In general, the overall conductivity of each layer of maize ears depends on the geometry of the medium. Three case of heat conduction are considered

$$k^* = v_w k_w + v_s k_s + v_a k_a \quad (\text{weighted arithmetic mean; conduction in parallel}) \quad (4)$$

$$\frac{1}{k^*} = \frac{v_w}{k_w} + \frac{v_s}{k_s} + \frac{v_a}{k_a} \quad (\text{weighted harmonic mean; conduction in series}) \quad (5)$$

$$k^* = k_w^{v_w} k_s^{v_s} k_a^{v_a} \quad (\text{weighted geometric mean, mixed conduction}) \quad (6)$$

3. Results

The obtained results show that the volume percentages of air and solid increased when moisture content decreased, and inversely for volume percentage of water. Values of air for the husk layer were much higher than those for the cob and kernels layer. They were within the ranges 23.2-31.5%, 1.4-7.6% and 7.3-12.7% respectively. v_a was much lower than v_w and v_s especially for the cob and the kernel layer. Volume percentages of water were higher than those of the solid matrix for the upper values of moisture content ($M \geq 68\%$ for husk layer and $M \geq 58\%$ for both cob and kernel layer) and inversely for the lower values of M .

The results of volume percentages were used to calculate the overall thermal conductivity k^* using equations (4-6). The obtained values were compared to those estimated by khabba et al. (1999). The average absolute differences between the estimated values and those calculated using equations (4), (5) and (6) were 0.063, 0.143 and 0.012 W/m K respectively for the cob, 0.096, 0.145 and 0.022 W/m K respectively for the kernel layer and 0.096, 0.136 and 0.037 W/m K respectively for the husk layer. Thus the calculated values using equation (6) (weighted geometric mean of k_w , k_s and k_a) appear to be more consistent with those obtained with the model estimation. The results suggest that the structure and orientation of each layer is such that conduction takes place not purely in series, nor purely in parallel.

References

- Ledent, J.-F., Grain growth of maize after local application of subzero temperature : thermal properties of ears. *Agronomie*, 8, 301-308, 1988.
- Tollenaar, M., Brunlsema, T.W., Effects of temperature on rate and duration of kernel dray matter accumulation in maize. *Can. J. Plant Sci.*, 68, 935-940, 1988.
- Khabba, S., Ledent, J.-F., Lahrouni, A., Developpement and validation of model of heat diffusion of maize ear. *Agric. For. Meteorol.* 97 (2), 113-127, 1999.

Un système de règles floues pour la modélisation approximative: Application a la reconnaissance d'odeur

Mohamed Kissi¹, Mohammed Ramdani²

¹ Faculté des Sciences et Techniques, B. P.: 146, Mohammedia, Maroc. kissi_m@yahoo.com

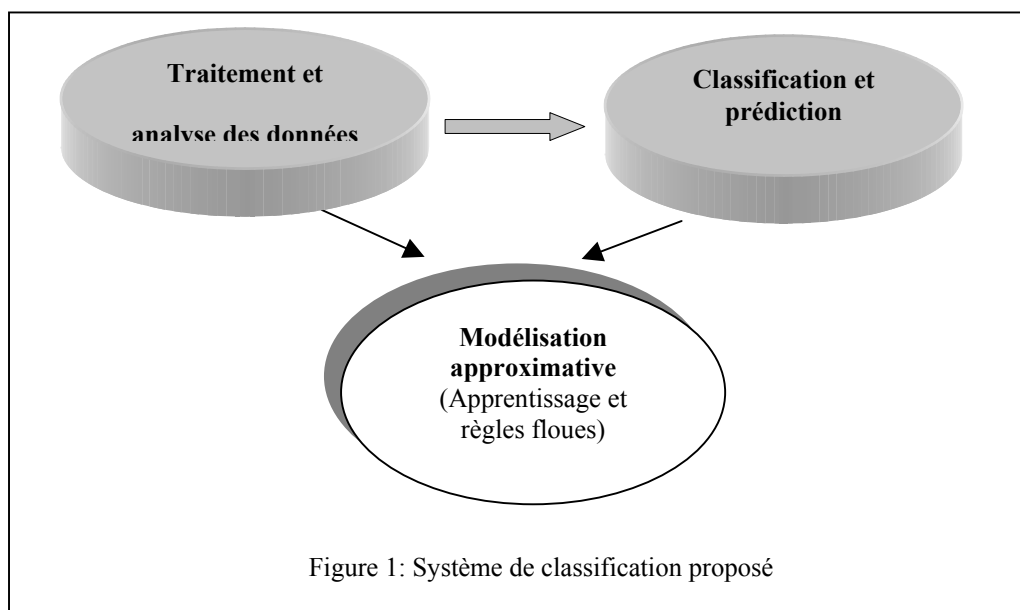
² UFR Systèmes d'information réactifs et ingénierie des systèmes intelligents, FST
Mohammedia B. P.: 146, Maroc. ramdani@uh2m.ac.ma

Résumé

L'évaluation de l'odeur par l'homme est un champ de recherche complexe. Ceci explique le nombre important d'articles qui proposent des méthodes pour l'analyse des données sensorielles [1], [2]. Cependant, dans ce domaine, la subjectivité des informations expérimentales, des connaissances expertes imprécises et les différents profils odorant de molécules similaires, empêchent d'établir, par modélisation, des systèmes prédictifs du type: Relation Structure-Odeur (RSO) robustes. L'utilisation de nouveaux outils d'apprentissage automatique (réseaux de neurones, arbres de décision, clustering...) et d'optimisation (recuit simulé, algorithme génétique...), adaptés à l'exploitation de la diversité moléculaire, peut améliorer la compréhension du rôle des variables qui caractérisent l'odeur et, par conséquent, le développement de modèles prédictifs.

Parmi les différentes méthodes, les techniques dérivées des concepts de la Logique Floue (LF) fournissent des solutions intéressantes aux problèmes de classification dans le cadre des catégories imprécises [3], parmi lesquels s'insère l'olfaction. Ces concepts regroupent un ensemble de principes mathématiques capables de modéliser l'information à l'aide de fonctions d'appartenances. Très proche de la pensée humaine, la LF met en jeu un ensemble de règles d'utilisation courante. Elle permet de se rapprocher de la réalité afin de mieux exploiter les bases de données sur les odeurs.

L'objectif de notre travail est de combiner les techniques de LF aux arbres de décision et algorithmes génétiques, pour élaborer un système de classification (Figure 1). Nous avons montré la capacité de cette approche à établir des modèles RSO robustes sur deux séries différentes de composés olfactifs: camphre et bois de santal. En effet, les modèles prédictifs les plus performants ont permis de classer correctement les odeurs d'un ensemble de molécules test avec un taux de prédiction supérieur à 82% [4], [5].



Références

- [1] Zakarya D., Cherqaoui D., Esseffar M., Villemin D., Cense J. M., "Application of neural networks to structure-sandalwood odour relationships", J. Physical chemistry, 10, p. 612-22, 1997.
- [2] Audouze, K., Ros, F., Pintore, M., & Chretien, J.R. "Prediction of odours of aliphatic alcohols and carbonylated compounds using fuzzy partition and self organising maps (SOM)". *Analisis* 28(7), p. 625-632, 2000.
- [3] Bouchon-Meunier B, "La logique floue et ses applications", Edition Addison Wesley, France, 1995.
- [4] Kissi M., Bouchon-Meunier B., Ramdani M., Zakarya D.: "Interaction homme-machine pour la prédiction de l'odeur", In Proceedings of the 9th International Conference IPMU, Annecy, France, Volume 1, p. 63-67, 2002.
- [5] Ramdani M., Kissi M., Bouchon-Meunier B., "Man-Machine Interaction to Extract Features of Odorous Molecules". In: D. Ruan, X. Zeng (Eds.), *Intelligent Sensory Evaluation: Methodologies and Applications*, p. 255-268, 2004.

Étude des métaux lourds dans le sédiment marin profond aux larges d'Alger et de Jijel

Matmed A, Boulahdid M.

matmed_assia@yahoo.fr
cael2@hotmail.com

Résumé

Ce travail entre dans le cadre de l'étude de la pollution marine profonde et s'intègre dans le projet RAF/7/04 initié et réalisé par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique et les pays de la rive sud de la mer Méditerranée. Ce travail concerne l'étude de la pollution inorganique par les métaux lourds. Ces derniers sont parmi les produits à usage industriel déversés dans le milieu marin par les cours d'eau et par voie éolienne. Ces éléments métalliques nous les retrouvons dans l'eau, dans le sédiment et dans le biotope.

Deux carottes sédimentaires ont été prélevées au large d'Alger et dans la région Ouest de la baie de Jijel à des profondeurs de 960 m et 270 m et des longueurs de 32 et 30 cm respectivement par un carottier de type Reneick. Le choix de ces deux sites a été effectué selon les sources potentielles de pollution.

Les échantillons ont été traités et analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) de marque HITACHI, modèle Z-5000 équipé de four et flamme par correction effet Zeeman pour la détermination des concentrations du zinc, manganèse, nickel, plomb, cadmium, cuivre et chrome. Cette méthode de traitement adoptée donne des résultats fiables, précis et reproductibles, elle est principalement utilisée pour déterminer dans l'environnement les niveaux de concentration en métaux lourds.

Pour tous les métaux étudiés, nous avons utilisé des solutions standards. La calibration du spectrophotomètre est réalisée à partir de quatre solutions (S_0 , S_1 , S_2 , S_3) de concentrations croissantes, seul S_0 est toujours le même.

La technique d'évaluation de la qualité consiste à l'utilisation d'un système de courbes de contrôle. Les courbes nous permettent de vérifier si nos résultats se situent dans les limites acceptables d'exactitude et de précision. La destination première de ce matériel de référence (AIEA-405) est le contrôle des résultats.

Pour notre étude, quatre séries ont été effectuées. Pour chaque série, une valeur de l'échantillon d'intercalibration est enregistrée.

Références :

- Asso, A., 1982. Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule *Perna-Perna* (L), dans la région d'Alger. *Mémoire de Magister en Océanologie Biologique, Université d'Aix-Marseille II, 138 p.*
- Alloway, B.J., Ayres, D.C., 1997. Chemical principles of environmental pollution. *Second edition, Ed. Blackie Academic and Professional, London, 395 p.*
- Audigie, C., Dupont, G., Zonzain, F., 1985 a. Principes des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN. Tome 1, 2^{ème} édition, 190 p.*
- Audigie, C., Dupont, G., Zonzain, F., 1985 b. Principe des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN. Tome 2, 2^{ème} édition, 190 p.*
- HITACHI, 1999. Flame atomization analysis guide for polarized zeeman atomic absorption spectrometry, 69 p.
- HITACHI, 1999. Graphite furnace atomization analysis guide for polarized zeeman atomic absorption spectrometry, 75 p.
- HITACHI, 2000. Model Z-5000 series polarized zeeman atomic absorption spectrophotometer (maintenance, manual) -I- 3 p.

Congrès International MAMERN, 09-11 Mai 2005, Oujda, Maroc.

- IAEA, 1997. Standard operating procedure for trace metals determination. *Marine environmental laboratory*, 44 p.
- IAEA, 2001. The analytical performance study for the MEDPOL.Region: determination of trace elements and methyl mercury in estuarine sediment sample IAEA-405, 64 p.
- Lagha, A.,1998. Introduction à la théorie d'émission et de l'absorption atomique. *OPU*, 71 p.
- PERKIN-ELMER, 1982. Analytical methods for atomic absorption spectrometry. *Chap. 9*, 8 p.
- Pinta, M.,1979. Spectrométrie d'absorption atomique. Application à l'analyse chimique. *Masson - ORSTROM*. Ed.,Tome I, 2^{ème} édition, 262 p.

Etude des effets de l'agitation et de l'aération sur le traitement des margines dans un bioréacteur par réalisation d'un modèle mathématique

S. Mdaghri Alaoui^{1*}, F. Errachidi², F.-Z. El Hassani¹, H. Aissam¹, M. Merzouki¹, M. Benmilh¹.

1 : Laboratoire de microbiologie de l'environnement Université sidi Mohamed Ben Abdallah Faculté des sciences Dhar mehraz BP : 1796 Atlas-Fès Maroc.

2 : Laboratoire de Biotechnologie, Université Sidi Mohamed Ben Abdelah Faculté des sciences Dhar Mehraz, BP : 1796, Atlas-Fès, Maroc.

*Auteur de correspondance : E-mail, mdaghrialaouis@yahoo.fr

Résumé :

Le traitement biologique des déchets solides et liquides fait appel au génie fermentaire à travers des bioréacteurs solides (solide state fermentation) et liquides (submerged fermentation). Ces bioréacteurs permettent le contrôle de plusieurs paramètres cinétiques du biotraitement.

Le traitement des effluents liquides des huileries dans des bioréacteurs se heurte aux contraintes diffusionnelles de la matière (oxygène, CO₂...). Notre contribution scientifique focalisée sur le traitement des margines dans un bioréacteur de 2 litres par un champignon basidiomycète vise l'optimisation de deux facteurs physicochimiques (agitation et aération) affectant significativement l'efficacité du biotraitement. Dans cette étude nous avons réalisé une modélisation mathématique par la méthode de planification d'expérience. Les fonctions de réponse ont été limitées sur la réduction des composés phénoliques toxiques pour l'environnement (Y_{cp}), la diminution de la pollution exprimée en Demande Chimique en Oxygène (DCO) (Y_{DCO}) et la décoloration (Y_{dec}) de ces effluents qui peut faciliter l'autoépuration. Les résultats montrent que les trois fonctions de réponses ne sont pas congénères et reflètent l'influence des facteurs étudiés ainsi que leurs interactions sur les rendements Y_{cp} , Y_{DCO} et Y_{dec} .

Mots clés : Bioréacteurs, optimisation et planification d'expériences.

Caractérisation des hydrocarbures purs, de leurs mélanges et des fractions pétrolières par les réseaux de neurones artificiels

Kahina Mezioud¹, C. E. Chitour², F. Souahi²

¹ Ecole Nationale Polytechnique, Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles
Département de Génie Chimique, 10 Avenue Hacén Badi El Harrach Alger
k_mezioud@yahoo.fr

² Ecole Nationale Polytechnique, Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles
Département de Génie Chimique, 10 Avenue Hacén Badi El Harrach

Résumé

Le pétrole et ses dérivés servent également dans l'industrie des produits pharmaceutiques, des engrais, du plastique, des matériaux de construction, des peintures, des vêtements, et aussi pour produire de l'électricité.

La connaissance des propriétés physico-chimiques du pétrole et des fractions pétrolières a toujours été un souci majeur pour l'ingénieur en génie chimique, en raffinage et en pétrochimie. La maîtrise de toutes les étapes de fabrication et de transformation des produits pétroliers, depuis l'acheminement du pétrole des puits jusqu'au stockage des produits finis passe par une parfaite connaissance des caractéristiques du pétrole et de ses dérivés.

L'obtention de ces caractéristiques commence par des essais préliminaires sur le pétrole brut et ses différents produits. Des méthodes d'analyse ont été développées et normalisées pour déterminer les principales caractéristiques physico-chimiques qui vont conditionner leurs traitements ultérieurs et pour que les contrôles, effectués par les différentes parties, soient comparables. Ces spécifications correspondent à des normes (ASTM, AFNOR, DIN, ...).

L'expérience fournit la majorité des propriétés, mais dans la plupart des cas, elle présente un certain nombre de limitations du fait de sa complexité, du coût élevé et du temps de manipulation souvent important. Les investisseurs, recherchant une rentabilité à moindre coût, revoient à la baisse le financement de la recherche dans le domaine pétrolier, ce qui a pour effet l'apparition de nouvelles méthodes dites prédictives qui permettent de gagner temps et argent. Des corrélations ont été proposées par différents auteurs.

Les réseaux de neurones sont en passe de devenir une composante importante de l'aide à la décision. Technique fortement stimulée par la vogue du Data-Mining, l'analyse neuronale arrive aujourd'hui à un degré de maturité lui permettant de traiter un bon nombre de problèmes de grande complexité.

Notre étude consiste à développer une méthode basée sur les réseaux de neurones artificiels pour déterminer les principales caractéristiques des hydrocarbures, de leurs mélanges et des fractions pétrolières, elle est fondée sur une représentation mathématique d'un neurone biologique, avec ses notions de mémorisation, d'apprentissage et de généralisation.

Dans notre travail, nous présenterons les résultats de simulation obtenus pour chaque groupe de propriétés. Nous avons appliqué notre méthode à pas moins de dix-sept (17) propriétés.

- Dans un premier temps, nous avons estimé les propriétés physiques et thermodynamiques des hydrocarbures purs, des trois familles les plus répandues dans les fractions pétrolières à savoir les n-paraffines, n-alkylcyclohexanes et les n-alkylbenzènes, en n'utilisant que deux propriétés facilement accessibles et qui sont la densité et la température d'ébullition.

- Dans la deuxième partie nous avons procédé à l'identification des caractéristiques des mélanges d'hydrocarbures de compositions connues composés de plusieurs constituants, en utilisant l'hypothèse d'additivité, dans le but de simuler une fraction pétrolière.

- La troisième partie a consisté en la caractérisation des coupes pétrolières issues de pétroles algériens qui sont des mélanges complexes d'hydrocarbures.

Une présentation des résultats ainsi qu'une comparaison avec les corrélations les plus citées dans la littérature a été effectuée pour rendre compte de l'efficacité et de l'importance de cette nouvelle méthode.

Les réseaux établis dans chaque cas ont donné des résultats intéressants puisque l'erreur maximum ne dépasse pas 2 %. La comparaison des résultats estimés par la méthode proposée avec ceux calculés par différentes corrélations données dans la littérature traduit la fiabilité des modèles et leur pouvoir prédictif.

Nous avons voulu démontrer par ce travail les réels avantages de l'utilisation des RNA pour la détermination des propriétés du pétrole. Les résultats obtenus donnent un aperçu des capacités des réseaux de neurones.

Références :

1. E.Davalo et P.Naim. Des réseaux de neurones, Edition EYROLLES (1993).
2. G.Dreyfus, J-M-Martinez, M. Samuelides, M.B.Godon, F.Badran, S. Thiria, L. Hérault, sous la direction général de Gerard Dreyfus, réseaux de neurones : méthodologie et application. Edition Eyrolles (2002).
3. C.Touzet, les Réseaux de Neurones Artificiels, introduction au connexionnisme cours exercices et travaux pratique
4. Michel Weinfeld ; Les réseaux de neurones ; techniques de l'ingénieur
5. Jean François Jodouin, Les réseaux de neurones, Edition Hermes (1994).

Apport de la géochimie et la modélisation a l'étude des eaux de nappe phréatique des deux périmètres irrigues de la région du Tadla (Maroc)

Jamila Ouardi¹, Abderahmane Elghmari¹, Vincent Valles², Abdelaziz Elbouadili³

¹ Laboratoire de Télédétection et de SIG appliquée aux Géoscience de l'Environnement, BP 523, FST Béni-Mellal (Maroc) jouardi@yahoo.fr

² Laboratoire d'Hydrogéologie Université d'Avignon (France)

³ UFR de Chimie et Science de l'Environnement, BP 523, FST Béni-Mellal (Maroc)

Résumé

L'introduction et le développement des systèmes irrigués ont permis la mise en valeur des terres arables des zones arides. C'est ainsi que depuis une centaine d'années, de grands périmètres ont été construits développant la filière agricole des pays concernés. Cependant, ces pratiques d'irrigation à grande échelle ont modifié le fonctionnement des sols conduisant parfois à la baisse de leur fertilité par le processus salinisation. Plus de 20 % des terres cultivées sur le globe seraient aujourd'hui affectées à des degrés de dégradation variables par la salinisation (Tyagi, 1996).

Dans les périmètres irrigués de la région du Tadla, les phénomènes de salinisation et de sodisation ont pris un rythme croissant et constituent un risque de détérioration de la qualité des sols et affectent profondément les rendements agricoles. Pour ce faire, une étude géochimique descriptive visera à préciser les processus impliqués, la modélisation thermodynamique tentera d'établir l'influence des divers processus sur l'hétérogénéité observé.

L'étude géochimique montre que les teneurs en sulfate et en calcium évoluent différemment à cause d'une alcalinité résiduelle calcite + gypse de signe différent selon le périmètre considéré. Il en résulte un risque de sodisation très différent entre Beni Moussa et Beni Amir.

L'activité ionique des espèces aqueuses a été calculée grâce au modèle AQUA (Vallès et al, 1992). Ce modèle d'association ionique a été spécialement adapté au cas des solutions salines jusqu'à des forces ioniques de 1 ou 2. A partir du pH et de la température mesurés sur le terrain ainsi que de l'analyse chimique réalisé en laboratoire, il permet de calculer les activités des espèces aqueuses ainsi que la pression partielle équilibrante en CO₂. Ces données permettent de connaître l'état de saturation des solutions par rapport aux différents minéraux.

Ce Modèle permet aussi de simuler l'évolution de la composition chimique des eaux lors de leur concentration sous l'effet d'un climat aride, en intégrant les échanges ioniques entre la solution et la capacité d'Echange Cationique et aussi les précipitations ou dissolution des minéraux.

La Modélisation géochimique montre que la différence entre les Béni Amir et les Béni Moussa peut s'expliquer par l'alcalinité résiduelle et l'alcalinité résiduelle généralisé.

Références

- TYAGI, N. (1996). Salinity management in irrigated agriculture. Dans : *Sustainability of irrigated agriculture*/ Pereira, L. S. (réd.), p. 345–358.
- VALLÈS, V. & DECOCKBORNE, A. M. (1992). Elaboration d'un logiciel de géochimie appliqué à l'étude de la qualité des eaux. Dans : *Altération et restauration de la qualité des eaux continentales*, p.27–30, Port-Leucate.

Approximation du rayon d'impact des émissions de poussière (RTP) de la cimenterie Holcim-Oujda: Usage de l'ACP et du SIG

Oujidi.M¹, Bengamra.S¹, El Kharmouz.M². Bastida J³ & Esteve V⁴

1 : Laboratoire de Géodynamique et Valorisation des Bassins Sédimentaires, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Mohamed Premier, Oujda. Email : oujidi@yahoo.fr

2 : Laboratoire d'Hydrobiologie et Ecologie générale, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université

Mohamed premier, Oujda.

3 : Université de Valencia Espagne

4 : Université de Castillo Espagne



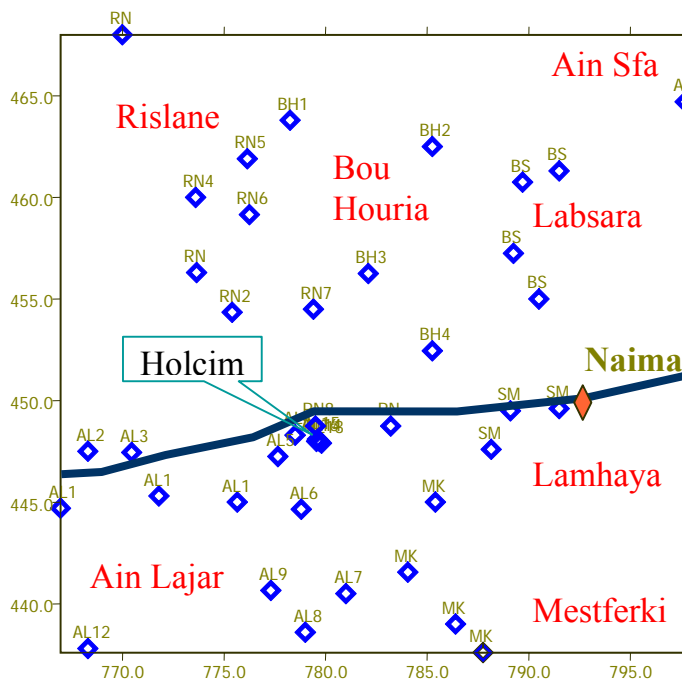
L'industrie cimentière génère des poussières à chaque étape du procédé de fabrication de ciments : Tirs de mines, extraction, transport, stockage, manutention, production, etc. Toutefois, les poussières issues de la cheminée de l'usine sont les plus faciles à mesurer et celles qui sont réglementées. Les autres types de poussières peuvent également être émises en quantités significatives. Les émissions sont en générale d'origine minérale et pourraient avoir un impact sur les environnements récepteurs tel que l'air, l'eau, le sol et le couvert végétal.

Dans le but d'approcher l'impact des poussières émises par la cimenterie Holcim-Oujda sur l'air, 41 capteurs passifs ont été installés dans les communes avoisinantes de Holcim : 16 à Ain Lahjar, 9 à Rislane, 4 à Bou Houria, 4 à Labsara, 3 à Naima, 4 à Mestferki et 1 à Ain Sfa. La récupération des échantillons des capteurs passifs est mensuelle et ce pendant 3 ans correspondant à la durée du projet d'étude. Au laboratoire, on sépare soigneusement la fraction solide de diamètre supérieur à 45 μm de la fraction liquide due aux précipitations et ce par un processus de filtration. Ensuite les résidus solides collés sur les filtres sont séchés dans un dessiccateur sous vide pendant 48h avant d'être pesés. Ainsi, l'unité des RTP est le $\text{mg}/\text{m}^2.\text{j}$.

La représentation cartographique des RTP par le SIG au niveau de partie centrale du couloir Oujda-Taourirt a révélé une élévation des RTP au voisinage immédiat de l'usine, témoignant de l'influence de la cimenterie sur l'atmosphère.

Par ailleurs, l'analyse chimique par fluorescence aux rayons X (FRX) et l'analyse mathématique par l'ACP ont mis en évidence que le CaO pourraient être utiliser comme traceur pour suivre l'impact de la cimenterie. Ainsi, le rapport CaO/SiO_2 pourrait être utilisé comme marqueur de la part des poussières industrielles sur les poussières naturelles déposées dans les différents capteurs passifs.

Après novembre 2001, date correspondant à l'installation des filtres à manche au niveau de la cheminée de l'usine, il y a eu une réduction importante des émissions de poussières de la cheminée Holcim. Ainsi, le maximum d'émission atteint en avril 2001 est de l'ordre de 350 tonnes alors qu'en avril 2002 les émissions ont diminué jusqu'à 10 tonnes. Par ailleurs on a noté, dans 99 % de la surface du secteur d'études, une réduction la pollution primaire particulaire (CaO), cette réduction s'échelonne de 0,23 à 17%.



Position des capteurs passifs dans le secteur d'étude

Le rayon d'impact de la cimenterie s'est réduit de 13 Km à 8 Km en moyenne. Toutefois, dans 98 % de la surface du secteur d'études il y a augmentation de la pollution primaire et/ou « secondaire » de SO₃ et cette augmentation s'échelonne de 0,03 à 0,47% il est fort probablement dû au stockage à l'air libre du combustible fossile (coke de pétrole).

Mots clés : atmosphère, Holcim, poussières, impact, filtres à manches, RTP, FRX, ACP.

Cette étude a été réalisé dans le cadre du PROTARS III N° D11/18

Some possibilities of the approximative determination of the composition of the orthorhombic carbonate solid solutions with crystallographic parameters

Pavle Tancic¹

¹ Geoinstitute, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia and Montenegro, Europe, e-mail: pavletan@infosky.net

Abstract

In the first part of such investigations (Tancic, 2003) there were investigated some possibilities of the approximative determination of the composition of the orthorhombic carbonate solid solutions with crystallographic parameters.

Theoretically it was presumed that crystallographic parameters vary linearly with composition and that this dependence is along the line which join the end members. In that case it could be applied the following equation:

$$x_A = 100((C_B - C_{AB}) / (C_B - C_A)),$$

where are:

x_A – content of the phase A (in 1/100 mol.%),

C_A – value of the adequate crystallographic parameter of the phase A,

C_B – value of the adequate crystallographic parameter of the phase B, and

C_{AB} – value of the adequate crystallographic parameter of the solid solution of the phase A and phase B,

nevertheless $C_B > C_A$, i.e. phase B has bigger ionic radius than phase A.

As fundament for these mathematical calculations there were taken crystallographic parameters for aragonite, strontianite, cerussite and witherite from the literature datas (Swanson and Fuyat (1954), Keller et al. (1989), Kern et al. (1993) and Martin and McCarthy (1993)).

By this equation it was investigated CaCO_3 - SrCO_3 system.

There were calculated compositions of the known $(\text{Ca,Sr})\text{CO}_3$ carbonates, which were compared with their chemical compositions. Also, there were compared calculated and actual chemical compositions which were obtained through the equations from the literature datas.

From the results of the investigations for the system of the orthorhombic carbonates CaCO_3 - SrCO_3 , it was established that there is linearity of crystallographic parameters by composition. That linearity is maybe not completely ideal, meaning to coincide with the line which join the end members, but it is very similar for $d_{132\text{meas}}$, $d_{132\text{calc}}$, b_0 , V_0 and D_m . On the other hand, for a_0 , c_0 and D_x deviation is more noticable.

In the second part of these investigations (Tancic, 2004a), with the same equation there were calculated compositions of the known $(\text{Sr,Ba})\text{CO}_3$ and $(\text{Pb,Ba})\text{CO}_3$ orthorhombic carbonates, which were compared with their chemical compositions. Also, there were compared calculated and actual chemical compositions which were obtained through the equations from the literature datas.

From the results of the investigations for the systems SrCO_3 - BaCO_3 and PbCO_3 - BaCO_3 it was also established that there is linearity of crystallographic parameters by composition.

In the system $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$ obtained values for SrCO_3 are very similar for d_{130} , d_{202} , d_{222} , d_{241} , d_{151} and V_0 , something poorer for d_{220} , d_{221} , d_{041} , d_{132} , a_0 and c_0 , while the deviation is something more noticeable for b_0 and D_x .

In the system $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ obtained values for PbCO_3 are very similar for d_{220} , d_{132} , d_{241} and c_0 , something poorer for d_{130} , d_{221} , d_{202} , d_{222} , d_{151} and V_0 , while the deviation is something more noticeable for d_{041} , a_0 , b_0 and D_x . However, these results should be taken with reserve, because there were investigated only one sample which was available.

With comparison of all of these results for the systems $\text{CaCO}_3\text{-SrCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$ and $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ it was established that the best results were obtained through crystallographic parameters d_{130} , d_{202} , d_{132} , d_{222} , d_{241} , d_{151} and V_0 , something poorer through d_{220} , d_{221} and d_{041} , while poor results were obtained through D_x .

By dependence of the system which was investigated, from the unit cell dimensions (a_0 , b_0 and c_0) there were obtained different results, and because of that it should be use their average values.

Also, best is to use the average values of the results obtained from all of the calculations.

As the result of all of these previous investigations (Tancic, 2003 and 2004a), there were constructed two-component diagrams for all of the systems of the orthorhombic carbonates: $\text{CaCO}_3\text{-SrCO}_3$, $\text{CaCO}_3\text{-PbCO}_3$, $\text{CaCO}_3\text{-BaCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-PbCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$ and $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ (Tancic, 2004b).

At these two-component diagrams for the $\text{CaCO}_3\text{-SrCO}_3$ and $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$ systems variation is represented with the full lines, because in these systems there is something frequently appearance of the bigger isomorphous exchange.

For the $\text{CaCO}_3\text{-PbCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-PbCO}_3$ and $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ systems variation is represented with the dashed lines, because in these systems there is limited isomorphous exchange.

For the system $\text{CaCO}_3\text{-BaCO}_3$ variation is represented with the dotted line, because in this system there is very limited isomorphous exchange.

Also, application of these diagrams is not limited only to the natural solid solutions, yet it could be used at the synthetic solid solution systems.

References

1. Keller, L., Rask, J. and Buseck, P., Aragonite, JCPDS 41-1475, Arizona State Univ., Tempe, AZ, USA, ICDD Grant-In-Aid, 1989.
2. Kern, A., Geyer, A. and Eysel, W., Witherite, JCPDS 45-1471, Miner.-Petrog. Inst., Univ. Heidelberg Germany, USA, ICDD Grant-In-Aid, 1993.
3. Martin, K. and McCarthy, G., Cerussite, JCPDS 47-1734, North Dakota State Univ., Fargo, ND, USA, ICDD Grant-In-Aid, 1993.
4. Swanson, H. E. and Fuyat, R. K., Strontianite, JCPDS 05-0418, Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539, III, 56, 1954.
5. Tancic, P., Determination of the composition of the orthorhombic carbonate solid solutions with crystallographic parameters, Part I: Theory, possibilities and mathematical calculations for the $\text{CaCO}_3\text{-SrCO}_3$ system, Bulletin of Geozavod, vol. 53, p. 161-184, Belgrade, 2003.
6. Tancic, P., Determination of the composition of the orthorhombic carbonate solid solutions with crystallographic parameters, Part II: Mathematical calculations for the $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$ and $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ systems, Bulletin of Geozavod, vol. 54, Belgrade, (in press), 2004a.
7. Tancic, P., Determination of the composition of the orthorhombic carbonate solid solutions with crystallographic parameters, Part III: Two-component diagrams for the $\text{CaCO}_3\text{-SrCO}_3$, $\text{CaCO}_3\text{-PbCO}_3$, $\text{CaCO}_3\text{-BaCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-PbCO}_3$, $\text{SrCO}_3\text{-BaCO}_3$, and $\text{PbCO}_3\text{-BaCO}_3$ systems, Bulletin of Geozavod, vol. 54, Belgrade, (in press), 2004b.

Usage du SIG pour l'étude de la distribution spatiale de l'abondance des uvigerines et de l'indice de pélagisme : application à la détection de courants d'upwelling.(océan atlantique, Maroc)

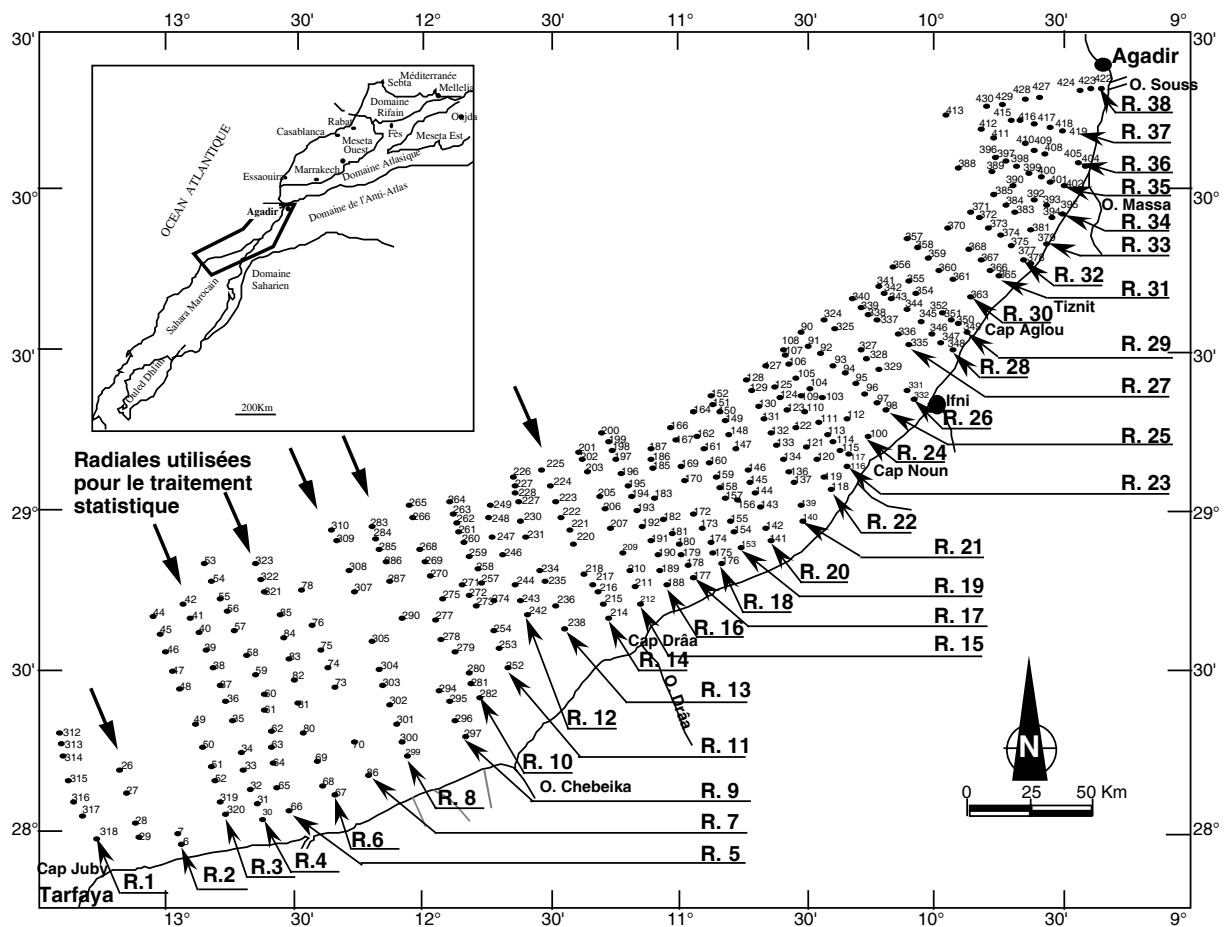
Halima Rezqi¹, Mostafa Oujidi¹, Mohamed Boutakiout², Mostafa Labraimi²

¹Université Mohamed I, Fac. Sciences Oujda, Laboratoire de Géodynamique LGVBS, BP 525 (Maroc)
rezqi@sciences.univ-oujda.ma

²Université Mohamed V, Fac. Sciences Rabat, Laboratoire d'océanographie BP 1014 (Maroc)

Résumé

La distribution des populations de foraminifères a été étudiée dans 450 prélèvements de sédiment de surface répartis selon 38 radiales le long de la côte atlantique NW africaine entre Cap Ghir et cap Juby (Maroc).



Cette étude a permis de déterminer l'expression des courants d'upwelling dans les sédiments de surface et ce par la variation des taux de productivité des formes benthiques et planctoniques. En effet ces variations sont induites par les apports trophiques des courants d'upwelling. Ainsi les foraminifères planctoniques présentent une abondance élevée (5000 individus/g de sédiment) dans les secteurs soumis à l'action de ces courants et sont notamment représentés par les espèces *Globigerina bulloides* et *Orbulina.universa*. Par ailleurs les foraminifères benthiques montrent une abondance considérable des Uvigerines bien particulièrement l'espèce *Uvigerina Pygmaea*, qui est considérée comme bio marqueur de courants d'upwelling.

Congrès International MAMERN, 09-11 Mai 2005, Oujda, Maroc.

L'usage du SIG pour l'étude de la distribution spatiale de l'abondance des uvigerines et de l'indice de pélagisme, basé sur la méthode d'approximation de la triangulation linéaire a permis de localiser trois cellules d'upwelling, elles sont traduites par la diminution de la valeur de l'indice du pélagisme et par l'inflexion des courbes de cet indice au niveau de la plate-forme externe. D'un autre coté, la projection spatiale de cet indice a fait ressortir une similitude entre les orientations des courants d'upwelling enrichies en nutriments et les zones de forte productivité de foraminifères planctoniques et les uvigerines.

Cette étude a été réalisé dans le cadre du PROTARS III N° D11/18

Apport de la modélisation hydrogéologique à la reconnaissance de la nappe du plio-quaternaire dans le plateau de Meknès (Maroc)

Sahbi H., Chadli K., Tabyaoui F.Z., A. El Ouazani

Laboratoire de Géophysique Appliquée et d'Hydrogéologie (L.G.H), Faculté des Sciences de Meknès, E-mail : hsahbi@fsmek.ac.ma; chkhal2002@yahoo.fr; faztabyaoui@yahoo.fr

Résumé

L'étude géologique complétée par des campagnes géophysiques dans plateau de Meknès a permis d'identifier deux réservoirs potentiels. Un aquifère profond liasique constitué de calcaires et de calcaires dolomitiques, et un autre superficiel plio-quaternaire correspondant à des calcaires lacustres, à des sables, et à des grès et conglomérats. Les variations de faciès et d'épaisseur, ainsi que le degré de fracturation, induisent une grande variabilité dans la distribution des caractéristiques hydrodynamiques des aquifères. L'étude de la fluctuation de la piézométrie des nappes ces deux dernières décennies, a montré que les niveaux d'eau ont baissé, suite à la sécheresse et à l'accroissement de la demande.

Dans le cadre de ce travail, nous avons adapté le logiciel Modflow pour modéliser la nappe phréatique du plio-quaternaire. Dans la modélisation de l'écoulement de l'eau souterraine avec ou sans transport de masse ou d'énergie, les équations fondamentales proviennent de deux sources :

- La loi de conservation du moment, dont la loi de Darcy pour un milieu poreux en est un exemple :

$$q = K \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1)$$

avec q : Flux volumique, k : perméabilité de Darcy, h : charge hydraulique

- L'équation de continuité qui exprime la conservation de la masse :

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = S_s \frac{\partial h}{\partial t} + W(x, y, t) \quad (2)$$

Avec : q_x, q_y, q_z : flux entrant ou sortant à travers la nappe, h : charge hydraulique, S_s : Coefficient d'emmagasinement, t : Temps, W : flux d'échanges verticaux par unité de volume.

La combinaison des équations (1) et (2) moyennant des hypothèses simplificatrices, conduit à l'établissement d'une équation aux dérivées partielles représentant le modèle conceptuel de l'écoulement en trois dimensions dans un milieu poreux isotrope : c'est l'équation fondamentale du mouvement qui s'écrit :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$

avec : K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : perméabilités selon les trois directions de l'espace (x,y,z) ; h : charge hydraulique ; S_s : l'emmagasinement spécifique du milieu poreux ; t : temps ; W : flux d'échanges verticaux par unité de volume.

L'équation (3) ci-dessus qui régit l'écoulement de l'eau en milieu poreux peut être transformée sous la forme suivante :

$$[A] * [h]^m = [q] \quad (4)$$

avec : $[A]$: matrice des composantes multiplicatives des charges hydrauliques ; $[h]_m$: vecteur des charges hydrauliques des mailles actives au temps t_m ; et $[q]$: vecteur à composantes connues dépendantes du temps et de l'espace.

L'équation (4) est valable à l'intérieur du domaine d'écoulement (domaine de définition). Par conséquent, des conditions supplémentaires sont à ajouter pour résoudre cette équation et trouver une solution unique. Il s'agit des conditions aux limites et des conditions initiales en régime transitoire. Les conditions aux limites dépendent du type d'écoulement : nappe captive, nappe phréatique, zone saturée ou non saturée. Il s'agit des conditions de Dirichlet, qui portent sur la variable h imposée ; et des les conditions de Neumann, qui portent sur le flux imposé ; les conditions de Fourier ou de Cauchy et les conditions de surface libre ou de suintement.

Les équations de base régissant l'écoulement sont des équations aux dérivées partielles, qui ne possèdent pas de solutions analytiques pour des applications réelles, en raison de la géométrie complexe du domaine et des propriétés hétérogènes et anisotropiques des matériaux constituant l'aquifère. Par conséquent, des méthodes et des techniques numériques sont employées pour approcher la solution. Lorsque ces techniques numériques sont employées, les équations aux dérivées partielles sont transformées en un système d'équations algébriques (4) dont les inconnues sont les charges hydrauliques. Ce système est résolu par l'utilisation de techniques itératives ou d'autres méthodes directes. Les modèles mathématiques numériques d'écoulement hydrodynamique sont à base de différences finies, d'éléments finis. Le logiciel ModFlow, utilisé dans le cadre de ce travail, permet d'approcher la solution de l'équation de l'écoulement par la méthode de différence finie.

Pour résoudre ce système linéaire (4), le logiciel ModFlow dispose de quatre méthodes de calcul itératif, dont la procédure S.S.O.R que nous avons utilisée au cours de nos simulations. Cette procédure consiste en la résolution du système ci-dessus par blocs successifs.

Le modèle élaboré pour la nappe profonde du plateau de Meknès en régime permanent a pu reproduire la piézométrie de référence avec une assez bonne précision. Il nous a permis également de chiffrer les éléments du bilan et de restituer la carte de perméabilité par maille. Dans le panneau de Meknès, des valeurs de perméabilités assez uniformes et basses (3.125 à 33.333 m/j) ont été nécessaires pour permettre l'écoulement à travers la faille de Boufekrane-Haj Kaddour, alors que les perméabilités les plus élevées sont enregistrées dans le panneau d'El Haj Kaddour (5.357 à 212.122 m/j).

Le modèle calé par la suite en régime transitoire a donné un coefficient d'emmagasinement de l'ordre de 10^{-4} et a permis de corréler les débits de sources et les niveaux piézométriques calculés. Le bilan établi pour la période 1988-1998, période pour laquelle les données sont complètes, montre un accroissement important des prélèvements par forages destinés à l'alimentation en eau potable et pour les besoins d'irrigation.

Le scénario proposé pour la gestion des ressources en eau pour période 1998-2010 à l'issue d'une séquence hydrologique moyenne et des prélèvements croissants montre que la demande en eau prévue sera toujours satisfaite si en tient compte de la situation actuelle.

Mots clés : Plateau, Meknès, Nappe, profonde, phréatique, modélisation, bilan hydrogéologique

Références :

- BEAR J. (1979).- Hydraulics of groundwater. Ed. Mac Graw-Hill, New York, 567p.
- BENAABIDATE L. (2000).- Caractérisation du bassin versant du Sebou : hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des sources thermales. Thèse d'état, Fès, 290 p.
- BONNET M. (1978).- Méthodologie des modèles de simulation en hydrogéologie. Thèse d'état, Institut national polytechnique, Lorraine.

Congrès International MAMERN, 09-11 Mai 2005, Oujda, Maroc.

CHADLI K., SAHBI H., ESSAHLAOUI A., EL OUALI A., TABYAOUI F.Z, ET EL OUAZZANI A. (2004).- Contribution de la modélisation mathématique à l'étude hydrogéologique de la nappe phréatique du plateau de Meknès. Colloque international sur la gestion et la préservation des ressources en eau. Meknès, 24 - 25 septembre 2004, p55.

DASSARGUES A. (1995).- Modèles mathématiques en hydrogéologie. Ed. Did. Pedag. Bucarest. 131p.

MAC DONALD., PARTNERS. (1990).- Etablissement et mise au point du modèle de gestion des nappes du bassin Fès-Meknès. Dépt. Coop. Tech. Pour le développement. Nations Unies.

SAHBI H. (1997).- Contribution à la modélisation des effets topographiques en prospection géoélectrique, application a des structures de géométrie de surface et souterraine complexe. Thèse de Doctorat en Sc. Appl, Univ. de Liège, Belgique

Contribution à l'étude des structures magnétiques d'un ferrofluide par simulation numérique

E.H. Sayouty¹, A. Abahazem¹, M. Hait¹, Y. Labaye² & J.M. Grenèche²

1- Laboratoire de Physique Nucléaire, unité : Méthodes Nucléaires d'Analyse.

Université Hassan II, Faculté des sciences Aïn Chock. B.P. 5366 Maârif, Km-8- Route d'El Jadida, Casablanca - Maroc

2- Laboratoire de Physique de l'Etat Condensé, CNRS UMR 06087

Université du Maine-Faculté des Sciences ,72085 Le Mans Cedex 9, France

* E-Mail : hassayout@yahoo.fr , Fax : 21222230674

Résumé

Au cours de la seconde moitié du siècle dernier, la technologie a connu une évolution très remarquable, grâce à l'émergence d'un nouveau champ disciplinaire, celui des nanotechnologies qui a pour but de fabriquer les nanomatériaux dont les applications sont multiples dans le domaine de l'industrie électronique (stockage d'information, capteurs...), chimique et pharmaceutique.

Les propriétés physiques de ces matériaux peuvent être approchées à l'aide de différentes techniques de calcul formel ou numérique. Parmi les techniques numériques on distingue la dynamique moléculaire, les calculs ab-initio, la méthode des éléments finis ...

Nous présentons ici l'étude numérique par la méthode de Monte Carlo de la répartition de nanoparticules magnétiques dans un ferro-fluide en film mince [1]. Nous discuterons de l'applicabilité de tels modèles à la description de la répartition spatiale des nanoparticules.

Références

[1] J. Richardi, L. Motte, M.P. Pileni, Mesoscopic organizations of magnetic nanocrystal: the influence of short-range interactions, Current Opinion in Colloid and Interface Science, 9, 185-191, (2004) .

Modélisation des traitements de la pollution du milieu récepteur par les eaux usées, les lixiviats et les déchets solides au niveau de la région orientale du Maroc

M.Sbaa¹, A.Beloual I², M.Elkharmouz¹, E.Gharibi³ ET H.Elhalouani¹

1-Laboratoire d'Hydrobiologie et Ecologie Générale. Université Mohammed Premier. Faculté des Sciences. Oujda. Centre de l'Oriental des Sciences et Technologies de l'Eau.Oujda.Maroc. msbaa@sciences.univ-oujda.ac.ma

2- Ingénieur Informaticien, bamine@yahoo.com

3- Centre de l'Oriental des Sciences et Technologies de l'Eau, Université Mohammed Premier. Oujda. Maroc.

L'objectif de cette étude est de proposer une modélisation générale d'un Système d'Information. Cette modélisation se décline en un modèle où nous récapitulons les différentes *données* relatives à la gestion d'un milieu récepteur et un modèle de *traitements* où nous proposons un séquençement type des activités relatives à la production, la transformation et la mémorisation de ces données (Fig 1&2).

Le formalisme utilisé dans cette modélisation s'inspire de la méthode française MERISE. Cette méthode nous a permis de proposer un modèle pour la gestion du milieu récepteur dans ses quatre composantes principales (sol, végétal, nappe, fleuve) : un modèle conceptuel de données et un modèle conceptuel de traitement. Ces deux modèles seront à la base de la construction d'un système d'information autour d'une base de données informatisée.

Ce système d'information, géré par une agence de l'environnement de la région économique de l'oriental, permettra de créer un lien entre les différents intervenants dans la sauvegarde du milieu récepteur de la région économique de l'oriental.

Mots clés : Oriental, pollution, modélisation, milieu récepteur, Merise,

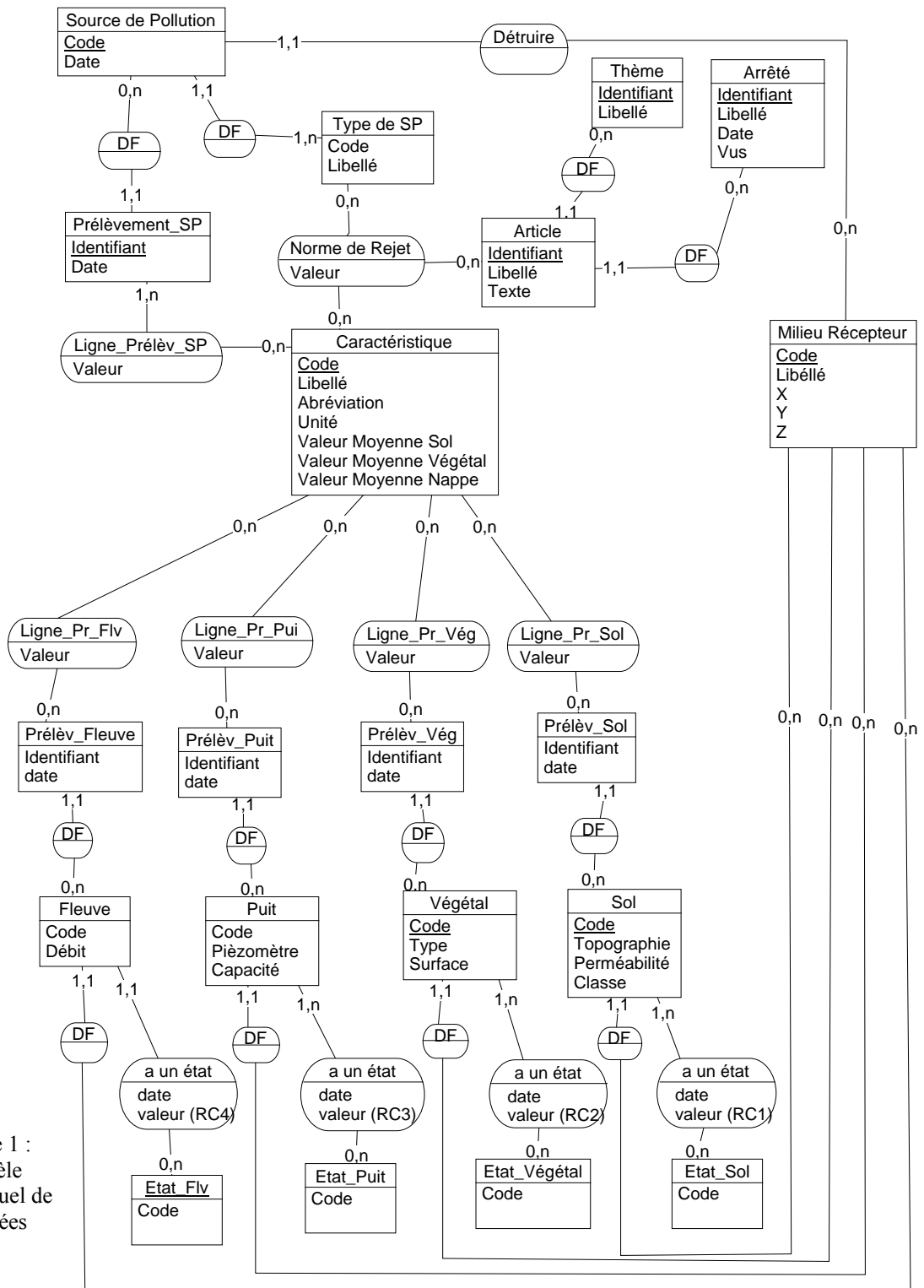


Figure 1 :
Modèle
Conceptuel de
Données

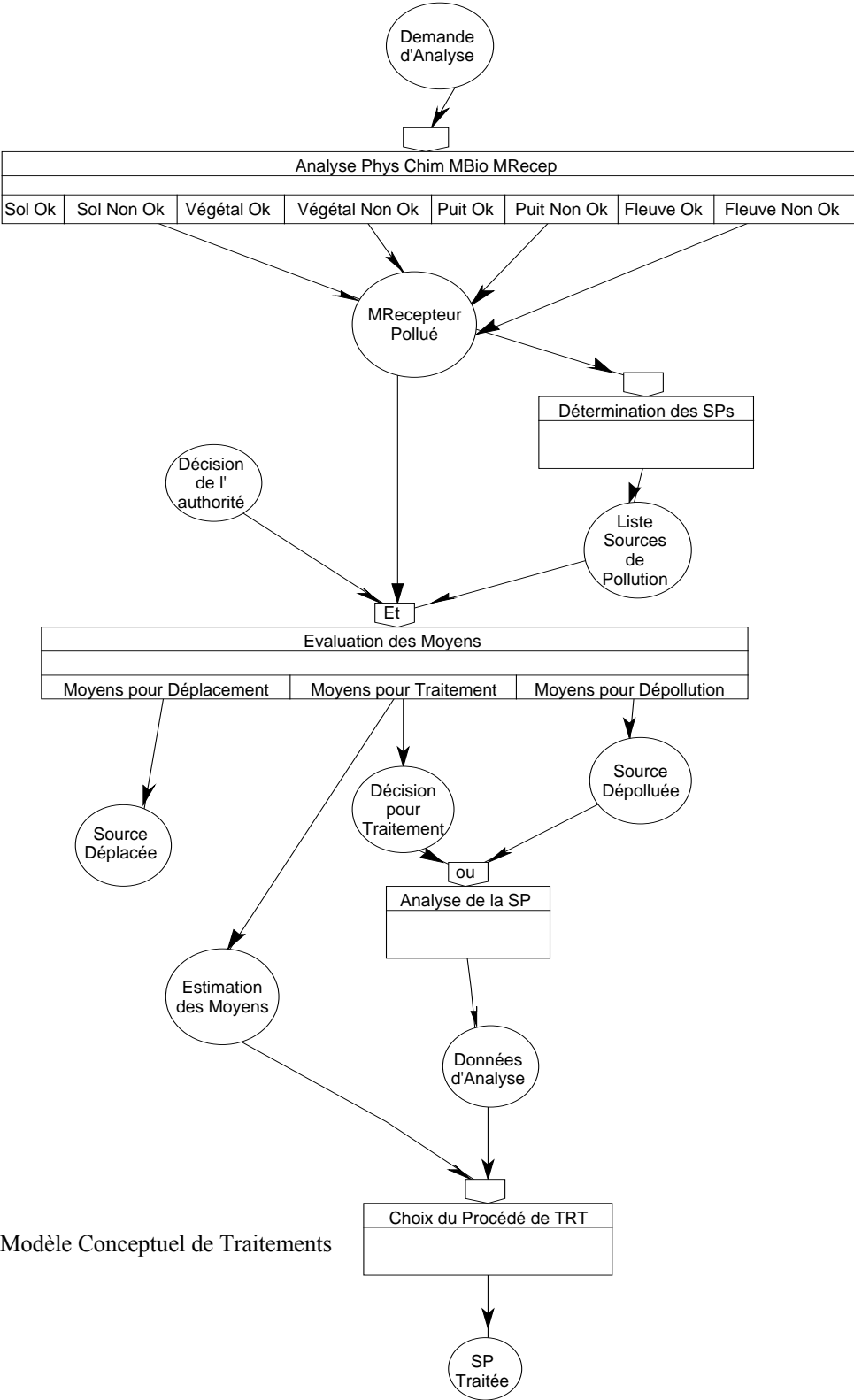


Figure 2 : Modèle Conceptuel de Traitements

Intérêt de l'analyse multi-échelle par ondelettes des contacts géologiques : application a la carte gravimétrique du Maroc

Aurélie Vanie Lou Tinan¹, Driss Khattach¹, Hamid Mraoui² et Driss Sbibih²

1 : Labo. (L3G) Géophysique, Géodynamique et Géoressources, Faculté des Sciences, BP524,Oujda, Maroc.

Rozlyn75@yahoo.fr, khattach@sciences.univ-oujda.ac.ma

2 : Département de Mathématiques et Informatique, Faculté des Sciences, BP524,Oujda, Maroc.

Sbibih@sciences.univ-oujda.ac.ma

Résumé

Les forts gradients que montrent les données gravimétriques sont issus des discontinuités ou interfaces de densité tels que les failles, les flexures, les contrastes de roches intrusives... Les maxima locaux du module du gradient horizontal se trouvent à l'aplomb des contacts verticaux ou sub-verticaux. On peut se servir de cette caractéristique des anomalies gravimétriques pour localiser les changements abrupts de densité. Pour déterminer le sens du pendage des différents contacts, on prolonge la carte de Bouguer vers le haut à différentes altitudes. A chaque niveau, les maxima du gradient horizontal sont localisés. Le prolongement vers le haut qui agit comme un puissant filtre passe-bas, atténue les anomalies superficielles. En principe, les niveaux de prolongement les plus élevés correspondent aux contacts les plus profonds et vis versa. Si les structures sont verticales, tous les maxima se superposent. En revanche, le déplacement des maxima avec le prolongement vers le haut indique le sens du pendage.

La théorie du potentiel se prête parfaitement à une analyse multi-échelle par des ondelettes (Moreau, 1997). En effet, cette analyse unifie différentes techniques classiques : elle traite des gradients qui ont été prolongés vers le haut à une série d'altitudes. Les expressions des différents opérations classiques sur le champ de potentiel prennent une forme compacte et élégante dans le domaine des ondelettes, la plus importante est l'équivalence entre le concept de changement d'échelle et le prolongement vers le haut. En effet, la transformée en ondelettes des anomalies gravimétriques $dg(x,y)$ à une certaine échelle $s=z/z_0$, peut être obtenue (Homby et al., 1999) à partir des mesures faites sur le niveau z_0 par :

- 1- prolongement vers le haut à $z=z_0$;
- 2- calcul du gradient horizontal ;
- 3- multiplication par s .

pour une analyse multi-échelle des contacts, il suffit donc de chercher les maxima locaux du module des coefficients de l'ondelette pour différentes échelles s . la méthode de Blakley and Simpson (1986) a été adoptée pour la localisation de ces maxima. Pour réaliser ces différentes opérations, un programme informatique sous MATLAB a été développé.

L'application a été faite sur la carte gravimétrique du Maroc éditée en 7 feuilles au 1/500.000 avec une densité de correction de 2.67 (Van Den Bosch, 1981). Pour réaliser les différents traitements, ces cartes ont été numérisées et une grille régulière a été calculée. La zone d'étude, qui s'étend depuis la côte méditerranéenne jusqu'à la région de Tarfaya, couvre ainsi les domaines du Rif, de la Meseta, des Atlas et de l'Anti-Atlas.

La superposition des maxima locaux du gradient horizontal obtenus pour les différentes échelles montre les différents contacts géologiques matérialisés par l'alignement de ces maxima en rides étroites.

Les échelles élevées (supérieures à 9) mettent en évidence les accidents tectoniques majeurs des provinces nord du Maroc. Ces accidents jouent un rôle déterminant dans la structuration du Maroc et sa sismicité.

Références

Moreau F. Gilbert D., Holschnider M. and Saracco G, 1997. Wavelet analysis of potential fields, *inverse problems*, vol.13pp.165-178.

Hornby, P., Boschetti, F. and Horowitz, F., 1999, Analysis of potential field data in the wavelet domain: *Geophysical Journal International*, 137, 175-196

R.J. Blakely, R.W. Simpson, Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, *Geophysics*, 51,1986,1494-1498.

Van Den Bosch, 1981. Mémoire explicatif de la carte gravimétrique du Maroc (provinces du Nord) au 1/500 000. Edition du service géologique du Maroc, Rabat.

Apport du SIG et de l'ACP dans l'évaluation de la distribution spatiale de la pollution particulaire cimentière dans les 3 premiers centimètres du sol.

Zerrouqi Z.^A, Sbaa M.^A, Oujidi M.^B, El Kharmouz M.^A, Bengamra S.^B

- (a) : Laboratoire d'Hydrobiologie et Ecologie générale, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Centre de l'Oriental des Sciences et Technologies de l'Eau (COSTE), Université Mohamed Premier, Oujda
(b) : Laboratoire de Géodynamique et Valorisation des Bassins Sédimentaires, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Mohamed Premier, Oujda
zenviron@yahoo.fr

Résumé

L'industrie cimentière émettant dans l'air des particules ou poussières et des gaz risque de perturber l'équilibre chimique de l'atmosphère et par là, causer préjudice aux différentes composantes du milieu récepteur, notamment le sol.

Dans le but d'approcher l'impact des particules émises par la cimenterie de l'oriental sur les 3 premiers centimètres du sol, une étude a été entreprise sur un rayon de 4 km environ autour de l'usine qui est située au niveau de la commune Ain Lahjar appartenant au couloir Taourirt-Oujda. Ainsi, 58 points d'échantillonnage ont été réalisés dans les directions dominantes du vent. Les particules d'origine cimentière, avec leur pH élevé de l'ordre de 9,2 forment un substrat très basique. Cette élévation du pH est expliquée par la richesse de ces poussières en CaO (42,76 %).

L'usage du Système d'Information Géographique (SIG) a permis d'estimer la distribution spatiale de la pollution particulaire sur le sol et ce par le biais de cartes d'isovaleurs permettant de tracer la distribution spatiale des paramètres physico-chimiques du sol. En effet, la carte d'isovaleurs du pH (Fig.1) a révélé deux noyaux d'élévation au niveau de la couche 3cm du sol. Le premier noyau est noté à l'intérieur de l'usine et le deuxième à son voisinage immédiat, ce qui pouvait être expliqué par l'**immission** importante des poussières cimentières dans ces zones.

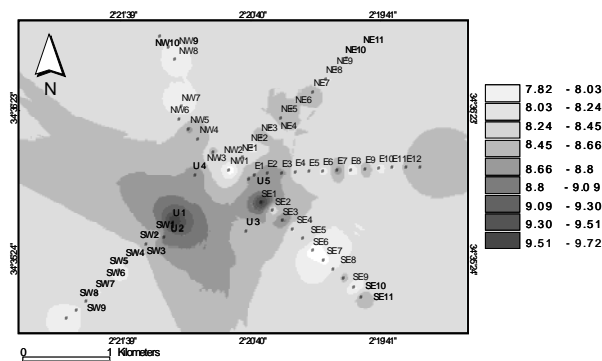


Fig. 1 : Répartition spatiale du pH

Par ailleurs, la carte de la distribution spatiale de la chaux libre (CaO) a montré son accumulation au niveau de l'usine et sa forte diffusion vers le NW (Fig.2). La lecture de la carte de répartition spatiale de l'oxyde de soufre (SO₃), toujours dans la même couche (Fig.3), a dévoilé des niveaux d'accumulation plus importants à proximité de la cimenterie. Ce fait peut être lié aux stocks à ciel ouvert de combustible (coke de pétrole) et du gypse qui sont riches en soufre.

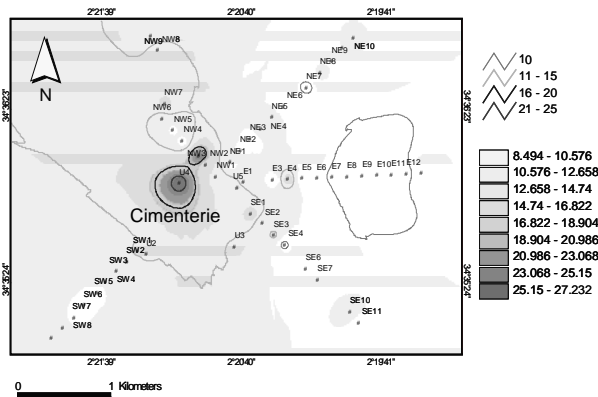


Fig. 2 : Distribution spatiale du pourcentage de CaO au niveau du sol

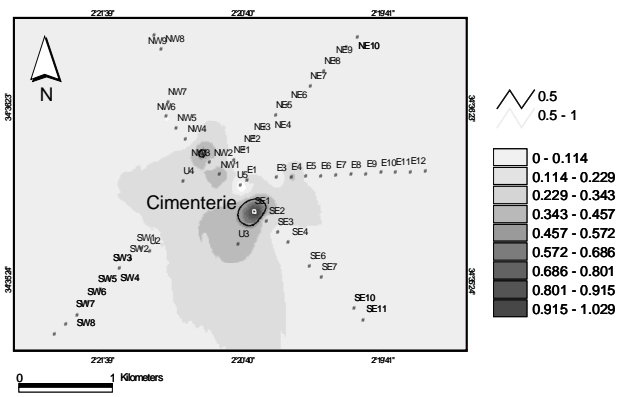


Fig. 3 : Distribution spatiale du pourcentage de SO₃ au niveau du sol

L'analyse des composantes principales (ACP) appliquée aux éléments chimiques (Fig.4) a permis de déduire que les éléments traceurs de la pollution induite par l'industrie cimentière (CaO et SO₃) contribuent négativement à l'axe F1 (57,52 %). La projection spatiale de cet axe à l'aide du SIG (Fig.5) a permis de déterminer la surface d'impact des poussières cimentières et qui est estimée à 63,3 % de la surface totale de la zone d'étude. Elle correspond à un demi-cercle de 3 à 4 Km de rayon allant du N45 au N180 dans le quadrant nord. La zone Est et SE ne sont pas affectée par l'impact de la cimenterie.

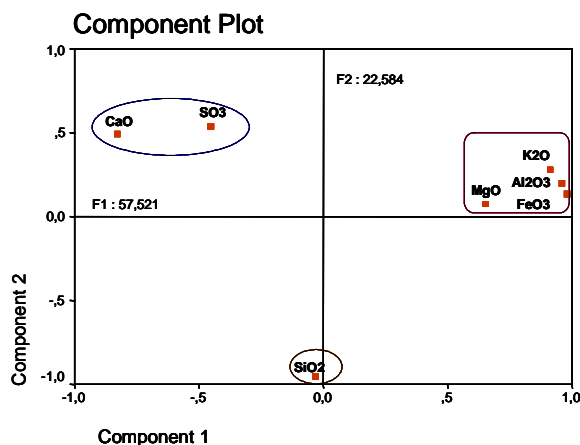


Fig. 4 : Projection des variables (composés chimiques) sur le plan factoriel F1 × F2

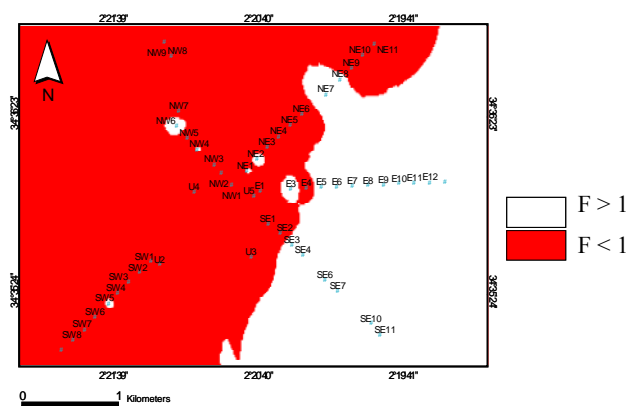


Fig. 5 : Distribution spatiale du facteur F1

Mots clés : industrie cimentière, particules, sol, SIG, impact, couche 3cm, ACP, distribution spatiale, pH, CaO, SO₃.