



## AVIS DE SOUTENANCE

### THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mme : BISSASSA MOUNA**

Discipline : Géo-ressources et Environnement

Spécialité : Eau et Environnement

**Sujet de la thèse :** Caractérisation et suivi spatio-temporelle de la charge inorganique des ressources hydriques superficielles et souterraines de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Fès.

**Formation Doctorale :** Sciences et Génie de la matière, de la Terre et de la Vie.

**Thèse présentée et soutenue le samedi 07 janvier 2023 à 10h au centre de Conférences de la Faculté des Sciences et Techniques devant le jury composé de :**

| Nom Prénom         | Titre | Etablissement                                  |                     |
|--------------------|-------|--|---------------------|
| Abderrahim LAHRACH | PES   | Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès | Président           |
| Souad HAIDA        | PES   | Faculté des Sciences de Kenitra                | Rapporteur          |
| Nalérie MESNAGE    | HDR   | Université de Rouen Normandie France           | Rapporteur          |
| Lahcen BENAABIDATE | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès      | Rapporteur          |
| Hicham ZAITAN      | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès      | Examineur           |
| Naoual RAIS        | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès      | Directeurs de thèse |
| Mustapha IJJAALI   | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès      |                     |

|                 |               |         |
|-----------------|---------------|---------|
| Meriem BELLARBI | CNESTEN Rabat | Invitée |
|-----------------|---------------|---------|

Laboratoire d'accueil : Ecologie et Génie de l'Environnement/ Procédés, Matériaux et Environnement

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès.



## Résumé

- **Titre de la thèse :** Caractérisation et suivi spatio-temporelle de la charge inorganique des ressources hydriques superficielles et souterraines de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Fès.

L'objectif principal de ce travail est de quantifier et d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur le fonctionnement des ressources hydriques superficielles et souterraines de la zone urbaine et périurbaine de Fès, par la caractérisation physico-chimique, géochimique et isotopique des eaux de surface, des eaux souterraines et sédiment et par un suivi spatiotemporel de la charge métallique des sédiments des cours d'eau en amont et en aval de la STEP de Fès.

Pour évaluer la qualité des sédiments et des eaux d'Oued Fès, et Sebou (en amont et en aval) après la mise en service de la STEP et la mise à niveau du réseau urbain d'assainissement. Deux campagnes d'échantillonnages ont été réalisées en régime de hautes et basses eaux, et les résultats des analyses physico-chimiques, géochimiques et minéralogiques ont montré principalement que les concentrations des ETM dans les zones urbaines étaient nettement inférieures à celles enregistrées avant la mise en place de la STEP. Le principal résultat inattendu était la concentration en Cr qui a montré une décroissance très notable.

À partir des résultats obtenus, on a pu définir une abondance des ETM comme suit :  $Zn > Cu > Pb > Cr > As > Ni > Cd$ , ainsi qu'une séquence de mobilité après attaque à l'EDTA :  $Cr < Ni < Zn < Pb < Cu$ . De plus, l'analyse de corrélation entre les différents ETM analysés, a indiqué la présence d'une source anthropique commune et un comportement identique pendant le transport des métaux, sauf pour l'As et le Cd qui indiquent une source de pollution plutôt agricole.

Pour appuyer notre hypothèse concernant la réduction de la contribution nocive et polluante de l'Oued Fès sur le Sebou. L'application des indices FE, Igeo, DC, mDC et PLI a indiqué que dans l'ensemble le degré de contamination métallique montre une nette diminution dans le temps. Cependant malgré cette amélioration de qualité, la comparaison des normes de qualité des sédiments (SQG), PEL, TEL, PEC et TEC avec les valeurs moyennes des métaux dans les sédiments de l'Oued Fès et Sebou, a révélé que les concentrations d'As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn étaient susceptibles de provoquer des risques écologiques potentiels particulièrement pour Oued Fès.

Concernant la qualité chimique des eaux souterraines, l'étude hydrochimique a montré que ces eaux étaient de bonne qualité malgré l'accroissement industriel et démographique au niveau de la ville de Fès. Deux campagnes d'échantillonnages ont été réalisées couvrant un ensemble de 40 points englobant forages, réservoirs et sources, afin de pouvoir déterminer leurs propriétés physico-chimiques, hydrochimiques et isotopiques. L'approche hydro-chimique a montré l'existence de trois familles des eaux : des eaux carbonatées avec un faciès bicarbonaté calcique, des eaux évaporitiques avec un faciès sulfaté calcique et des eaux extrêmement minéralisées avec un faciès chloruré sodique et potassique.

Les teneurs métalliques dans les eaux souterraines sont dans les limites autorisées par l'OMS pour les eaux destinée à la consommation humaine, et les valeurs de WQI pour 95% des échantillons analysés correspondent à la classe des eaux de bonne qualité. Les concentrations des métaux étudiés dans les échantillons d'eau souterraine montrent des teneurs normales inférieures aux seuils limite de tolérance, sauf pour Ti et Pb qui montrent pour certains points des teneurs au-dessus des limites recommandées. La séquence de mobilité des métaux selon l'indice de mobilité relative s'est présenté comme suit :  $Fe < Sr < Co < Pb < Ni < Ti < Cr < Cu < Zn$ . Selon les indices de pollution métallique MI, HPI et HEI, les échantillons d'eau sont propres pour être destinées à la consommation humaine et ne présente aucune contamination en ions métalliques. Les analyses isotopiques ont montré une origine météorique de l'eau, avec un long temps de résidence et un faible taux de recharge, témoignant de l'absence de nouvel apports métalliques à l'eau de l'aquifère.

**Mots clés :** eaux, sédiments, ETM, indices de pollution, STEP, Oued Fès, Oued Sebou, Nappe Fès-Meknès, Fès.