

## ***le domaine de la pollution atmosphérique***

Nos travaux de recherche menés depuis plusieurs années sur le thème de la pollution de l'air s'intègrent dans cette approche spécifiée de phénomène et ont eu pour objectifs d'apporter des *éléments de réponses* adaptés à la *problématique* qu'elle engendre. Notre contribution consiste à réaliser les expérimentations et la surveillance, à identifier les sources des polluants ainsi qu'à évaluer l'étendue de la pollution. Deux phénomènes de pollution appartenant à des échelles spatio-temporelles différentes ont été étudiés. Il s'est agi :

- de la pollution de l'air ambiant par les microparticules et les métaux lourds en milieu urbain (figures 10 et 11)
- de la pollution intérieure par les microparticules dans les ambiances de travail et l'exposition des employés à ces polluants (figures 12 et 13)

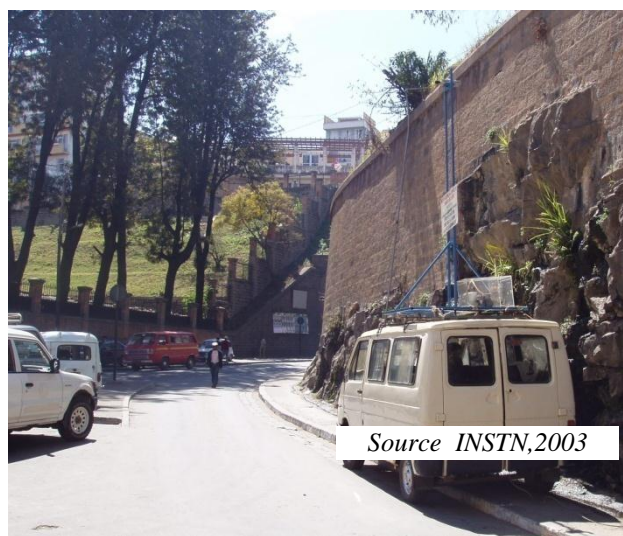
Le premier phénomène constitue notre principal axe de recherche. Il se situe dans le cadre des projets qui s'enchaînent et s'interagissent. Etant la coordinatrice de presque tous les projets ayant rapport avec la pollution de l'air, notre responsabilité est de coordonner et de superviser les activités y afférentes. Nos travaux incluent i) le développement et la validation des méthodes appliquées et des outils d'échantillonnage et d'analyses utilisés pour la caractérisation de la qualité de l'air notamment en termes des microparticules et des métaux lourds et ii) les enquêtes sociales nécessaires pour une analyse structurale du phénomène (évaluation de l'étendue de la pollution, la connaissance des origines des polluants dans l'atmosphère, ...)

Quant au second phénomène, les activités ont été maintenues uniquement pour des prestations effectuées dans le domaine de l'air suite à la demande des industriels et des cabinets d'études en environnement reconnaissant notre expertise sur le sujet.



Source INSTN,2003

Figure 10- Site d'échantillonnage à Soarano



Source INSTN,2003

Figure 11- Site d'échantillonnage à Ambohidahy



Source INSTN,2010



Figure 12- Echantillonnage dans l'usine U1\* (avant et après prélèvement)



Source INSTN,2011



Figure 13- Echantillonnage dans l'usine U2\* (avant et après prélèvement)

\* Pour des raisons de confidentialité, nous sommes tenus à ne pas révéler les noms des usines avec lesquelles nous coopérons ; il est d'usage d'utiliser des codes.

Nos travaux consistent également à caractériser les phénomènes de la pollution sur la base d'une échelle en vue d'apprécier son étendue, d'évaluer son impact sanitaire et de gérer par la suite le risque. Pour ce faire, nous avons opté *l'échelle de la pollution de l'air* de l'United States Environmental Protection Agency qui s'appelle « *Air Quality Index* », en abrégé AQI.

Dans la pratique, les valeurs de l'AQI sont divisées en catégorie ; à une catégorie fait correspondre une description de zone (zonage) et un code de couleur, et à un zonage est attribuée une indication établie par rapport à la santé.

Enfin, l'échelle AQI vise à comprendre ce que signifie la qualité de l'air local vis-à-vis de la santé. Pour la rendre plus facile à comprendre, cette échelle est divisée en sept catégories. Le tableau 7 illustre le zonage adopté par l'Environmental Protection Agency (US EPA) relatif à la concentration de PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>[5].

Tableau 7- Zonage de la qualité de l'air selon l'US EPA

Valeurs de AQI dans l'intervalle	Zonage	Couleur
0-50	Bon	Vert
51-100	Modéré	Jaune
101-150	Malsain pour les personnes sensibles	Orange
151-200	Malsain	Rouge
201-300	Très malsain	Violet
301-500	Dangereux	Marron
> 500	Très dangereux	Marron foncé

Le AQI se calcule en rapport avec les normes fixées par United States Environmental Protection Agency[6],[7].

### ***la qualité des eaux de consommation***

Notre projet de recherche postdoctoral s'inscrit dans la continuité de nos travaux antérieurs en ce qui concerne ce précieux liquide qui est "l'eau". Durant la thèse, nous avons traité le sujet sur ces eaux de rejets industriels qui sont déversées dans les milieux récepteurs tels que les lacs, les rivières, les rizières, ... et qui polluent leurs eaux. Tenant compte des résultats obtenus lors de la thèse d'une part et du faible taux de desserte en eau potable et de la déficience de l'assainissement dans la zone rurale d'Antananarivo d'autre part, nous nous sommes alors fixés d'étudier la qualité des eaux naturelles consommées par la population de la zone.

A Madagascar, en milieu rural, la majeure partie de la population s'approvisionne en eau de nappe souvent peu profonde par le biais des puits, et/ou des sources et des bornes-fontaines dont les qualités hygiéniques, non contrôlées, sont discutables.



Aussi, avons-nous proposé d'élaborer un plan d'action pour le contrôle des eaux destinées à la consommation qu'utilisent les usagers vivant dans quelques zones rurales de la région d'Analamanga et celle de Vakinankaratra. Le présent plan d'action visait à faire un constat global dans les régions concernées afin de voir si la nappe qui alimente ces secteurs est de bonne qualité et de cerner par la suite les problèmes relatifs aux substances physico-chimiques ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé publique et l'environnement ; tout ceci dans le but de préserver nos ressources en eaux et de lutter contre la pollution.

Les actions entreprises dans le présent domaine qui sont énoncées chronologiquement ont porté sur :

- les échantillonnages et les mesures in-situ des paramètres organoleptiques (T, pH, STD, CE) qui vont de pair avec les enquêtes sociales (figure 14);
- le développement de méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux (les ions majeurs et mineurs) et des paramètres indésirables et toxiques généralement présents à l'état de traces dans l'eau (les métaux lourds) ;
- le traitement informatique des données ;
- l'interprétation des résultats
- l'appréciation de la qualité globale et l'identification des sources de pollutions
- la publication des résultats

Ces processus sont essentiels pour le contrôle et le suivi de la qualité des eaux, la recherche et l'évaluation de foyers de contamination qui aboutiront vers la fin à la surveillance et au contrôle des travaux d'assainissement des sites contaminés.



Figure 14- Mesures in-situ des paramètres organoleptiques

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines s'effectue par l'étude des paramètres de pollution, puis par l'interprétation de la qualité globale qui s'appuie sur une grille simplifiée[8] (Tableau 8) comportant quatre paramètres indicateurs de pollution physico-chimique et azotée. Ces paramètres sont :

- les Sels Totaux Dissous (STD) et les chlorures qui renseignent sur la qualité minéralogique des eaux ;
- les nitrates et le plomb, principaux indicateurs d'une pollution d'eaux souterraines.

Tableau 8- Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux naturelles

Appréciation	Couleur	STD	Chlorures		Nitrates		Plomb
		mg/L	mg/L	még/L	mg/L	még/L	µg/L
<b>Bonne</b>	Verte	<500	<300	<8,44	<25	<0,40	<10
<b>Moyenne</b>	Jaune	500-1000	300-750	8,44-21,11	25-50	0,40-0,81	10-50
<b>Mauvaise</b>	Rouge	>1000	>750	>21,11	>50	>0,81	>50

La grille a été élaborée selon une structure basée sur des critères de potabilité de l'eau préconisés par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les travaux présentés dans le document de l'ensemble des travaux ont pour objet de synthétiser l'état de l'art sur la surveillance des substances prioritaires dans les eaux pour l'application du Code de l'Eau et d'affiner le diagnostic des besoins dans ce domaine au niveau national.

### *la démarche qualité*

Pour ne pas perdre de vue les objectifs finaux de nos activités de recherche et assurer leur mise en œuvre, une démarche qualité peut s'avérer très utile.

Effectivement, afin de mettre en œuvre les plans pertinents de surveillance de la qualité des eaux et de l'air et d'assurer la comparabilité satisfaisante des données sur le plan national, il nous est apparu nécessaire de développer des méthodes de mesure appropriées et validées au plan international, de définir et d'organiser les modalités du contrôle qualité, de gérer les incertitudes ainsi que l'établissement d'une bonne traçabilité des résultats. Trois grands axes d'action se dessinent pour répondre à notre dessein :

- acquérir et développer de nouvelles méthodes d'analyses pour les substances visées par la réglementation en vigueur dans les eaux et l'air permettant en particulier d'atteindre les limites de quantification (LQ) compatibles avec les exigences des normes de qualité ;
- participer à des essais inter-laboratoires ;
- procéder au contrôle de qualité des mesures par l'utilisation des matériaux de référence certifiés (MRC) pour améliorer la justesse et la traçabilité des résultats.

Pour ce qui concerne le premier axe, l'effort fourni a consisté à acquérir de nouveaux appareils d'analyses homologués. Il s'est agi :

- de la chaîne d'analyses par chromatographie ionique, Dionex DX-120 (figure 15)
- de la spectrométrie d'Absorption Atomique à flamme et à four graphite, Varian AA240 (figure 16)
- de la spectrométrie de Fluorescence X à énergie dispersive, Spectro Xepos (figure 17)



Figure 15- Les chaînes d'analyses par chromatographie anionique (à gauche) et cationique (à droite)

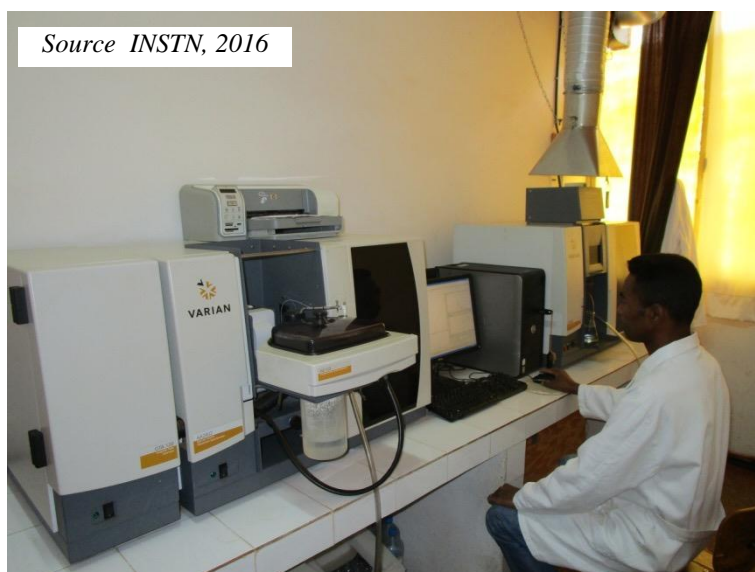


Figure 16- La chaîne d'analyses par spectrométrie d'Absorption Atomique à flamme et à four graphite



Figure 17- La chaîne d'analyses par spectrométrie X à énergie dispersive

Quant aux deux derniers axes, le développement des nouvelles méthodes pré citées inclut une validation interne via l'utilisation des MRC à matrices adéquates d'une part, et externe à l'aide de tests inter-laboratoires, d'autre part.

La thématique portant sur l'amélioration de la qualité des données de surveillance de la pollution est largement développée grâce aux activités des laboratoires au sein de l'INSTN.

Cette approche thématique est reprise de manière plus approfondie dans le **document Ensemble de Travaux** où nous présentons une sorte de « *bilan et illustration* » de nos actions et résultats de recherche. Dans chaque domaine quelques articles ont été sélectionnés présentant les principales démarches suivies et décrivant les méthodes utilisées. Ces articles sont présentés intégralement dans le chapitre des travaux joints et sont cités en référence dans le texte, en caractères gras.



---

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Dans ce document de synthèse, sont rassemblées les activités de recherche que nous avons menées depuis plus d'une trentaine d'années au sein de l'INSTN. Ces activités nous ont permis de trouver notre équilibre entre notre goût pour la recherche et une composante naturelle de notre personnalité qui nous pousse à nous engager activement pour le développement de l'institution à laquelle nous appartenons d'une part, et pour l'amélioration de la santé publique et la protection de l'environnement d'autre part.

Au fait, ces activités ont développé nos capacités d'autonomie, accru notre maturité et nous ont permis de capitaliser une forte expérience dans l'animation d'équipes. Ces compétences nous sont également utiles pour gérer de manière efficace des projets de recherche.

De manière générale, nous nous attachons à rendre compte que les résultats des travaux de recherche reportés dans ce mémoire représentent le bilan de concept de performance au travail instauré au sein de l'INSTN-Madagascar. Le développement de ce dernier est structuré autour dudit concept. Effectivement, la Direction Générale de l'INSTN transmet à ses membres (directeurs, chercheurs, personnel administratif) quatre valeurs fondamentales qui constituent la base de leur code de conduite. Ces derniers doivent s'appropriier ces valeurs et les intégrer dans l'exercice quotidien de leurs fonctions. Celles-ci sont «l'efficacité, la motivation, la compétence et la communication».

D'après ce qui a été rapporté dans le corps de ce document, la grande majorité de nos travaux de recherche est axée sur les études de la pollution de l'environnement supportées par des projets aussi bien nationaux qu'internationaux. Nous y avons mentionné que leurs finalités concernent l'évaluation des risques liés à une pollution et la mise en œuvre de la stratégie de lutte contre la pollution de l'environnement.

Cependant, le problème de pollution de l'environnement et la façon dont il est traité nous amène à nous interroger sur le système informationnel et décisionnel qui est en place à Madagascar. Des difficultés émergent de partout.

Dans un contexte de mise en œuvre du plan de gestion des risques, il paraît nécessaire d'envisager certaines évolutions plus fondamentales qui pourraient s'articuler autour des trois axes suivants :

- l'information scientifique
- les relations qui s'établissent entre les différents partenaires "compétents "
- la recherche d'un consensus

## **Le rôle que joue l'information scientifique**

Notre préoccupation principale concerne les risques à long terme liés à la présence de certains polluants dans l'environnement.

Mais la culture traditionnelle peut amener des non prises de décisions souvent justifiées par des absences d'information ou la lecture de résultats provenant d'autres pays mais généralement hors contexte à Madagascar.

Il conviendrait que la mise en place d'un observatoire ayant une autonomie identique à celle de la magistrature permet un réel dialogue entre les « techniciens » et les juristes en charge du devenir du Pays.

### **L'enjeu de la pluridisciplinarité ...**

Au point de vue organisation de travail, il s'avère indispensable de favoriser la représentation la plus large possible des "utilisateurs de l'environnement".

Mais, d'après ce qui a été évoqué dans le paragraphe précédent, on peut craindre qu'une représentation très large des différents acteurs rende difficile une "gestion positive" d'une situation de crise. Ceci est peut-être vrai si ces acteurs ne se sont réunis qu'une fois le problème posé et ce, pour les raisons évoquées plus haut (méconnaissance voire méfiance des uns envers les autres, diversité des intérêts/points de vue personnels pouvant conduire à des conflits). Cette difficulté peut être *contournée à condition de prévoir une structure permanente et des rencontres régulières rassemblant les différents acteurs potentiels*.

Cette structure permettrait aux différentes parties de mieux se connaître afin de mieux cerner les problèmes et préparerait sans doute le terrain pour des prises de décisions si celles-ci s'avèrent nécessaires.

### **... mène au consensus**

Le fonctionnement interne doit privilégier l'établissement de consensus qui paraît fondamental dans un domaine où il est très difficile de prendre les mesures adéquates en raison de l'impossibilité de quantifier précisément les risques.

Finalement, il est reconnu que d'ores et déjà la structure décisionnelle concernant le traitement des problèmes environnementaux est par nature pluridisciplinaire (administration de l'Etat, organismes non gouvernementaux, centres de recherche, ...) et que cette dernière amène des problèmes de compréhension entre les intervenants et rend difficile une identité de point de vue, il paraît donc nécessaire de penser à l'organisation d'une structure permettant une prise de position la plus consensuelle possible afin d'aboutir à une "gestion sereine" des risques de pollution.

L'autre document qui constitue ce mémoire développe les éléments inhérents à notre activité de recherche permettant de mettre en évidence nos acquis scientifiques et la stratégie que nous mettons en œuvre dans les opérations de recherche.

## REFERENCES BIBLIO ET WEBOGRAPHIQUES

<sup>[1]</sup> RAOELINA ANDRIAMBOLOLONA, Les dix commandements de l'INSTN-Madagascar (1980)

<sup>[2]</sup> L. V. RAKOTOZAFY, Traitement de spectres de Fluorescence X sur Professional 350 : Application à l'analyse des plantes médicinales de Madagascar, DEA option Physique Nucléaire et Physique Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, 25 mars 1988

<sup>[3]</sup> E. STORM, H. I. ISRAEL, Nuclear Data Tables A7 (1990)

<sup>[4]</sup> L. V. RAKOTOZAFY, Etude des pollutions industrielles des eaux et de l'atmosphère par la Fluorescence X, Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle option Physique Nucléaire et Physique Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, 08 octobre 1996

<sup>[5]</sup> Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health  
<http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

<sup>[6]</sup> Air Quality Index (From Wikipedia, the free encyclopedia), §3.8  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_Quality\\_Index](http://en.wikipedia.org/wiki/Air_Quality_Index)

<sup>[7]</sup> D. A. VALLERO, Fundamentals of Air Pollution — 4th edition, ELSEVIER, 2008, p. 289

<sup>[8]</sup> Etat de la qualité des ressources en eau au Maroc, Année 2000-2001,  
[www.cndwebzine.hcp.ma/cnd\\_sii/IMG/pdf/QUALITE00-01.pdf](http://www.cndwebzine.hcp.ma/cnd_sii/IMG/pdf/QUALITE00-01.pdf)