

MISE EN PLACE D'UN OBSERVATOIRE DU LAC ITASY

RANDRIANJA MalantoMiangaly^{1}, RALIJAONA Herilala Tafitasoloniaina*

²;RANAIVONIRIVO Gabriely Velomanantsoa³

1 : Docteur en Ingénierie et Géosciences, Université d'Antananarivo

2 : Docteur en Ingénierie et Géosciences, Université d'Antananarivo

3 : Professeur Titulaire, Université d'Antananarivo

*Auteur correspondant: Tel +261 34 19 039 64, E-mail: miangalirandrianja@gmail.com

RÉSUMÉ

Le lac Itasy représente une richesse en ressources hydriques qu'il est impératif de préserver contre tout risque de détérioration. Il est soumis à plusieurs contraintes environnementales. La connaissance optimale de ces ressources et de ces phénomènes est primordiale pour leur gestion et leur protection. Dans cette optique, nous avons mis en place un Observatoire.

Les objectifs de ce travail se résument en trois grands axes : Le premier est la mise en place d'une base de données concernant les caractéristiques physiques et écologiques du lac Itasy. Cela consiste à créer un réseau de système intelligent pour la collecte des données : appareil de mesure autonome interconnecté à un serveur de base de données. Le second est la création d'une interface web accessible depuis internet. Cette plateforme servira d'outil de communication et de surveillance de l'état du lac. Nous avons précisé « outil de communication » étant donné que sa mise en ligne permettra de valoriser le lac et les recherches qui en découlent. Les internautes intéressés par le lac pourront accéder à cette plateforme et avoir une vision de son état actuel, son état antérieur et postérieur. Nous parlons aussi « d'outil de surveillance » parce que les données calculées qui sont affichées dans cette plateforme sont des outils de prévention, de prédiction et d'alerte concernant l'évolution du lac Itasy. Le troisième axe consiste en la mise en place d'un centre d'observation du lac Itasy. Il s'agit d'un laboratoire de recherche et de stockage et de traitement des données caractéristiques du lac.

Mots clés : capteurs, caractéristiques physico-chimiques, lac Itasy, observatoire, base de données, plateforme, prédiction, centre de recherche.

ABSTRACT

Lake Itasy represents a wealth of water resources which must be preserved against any risk of deterioration. It is subject to several environmental constraints. The optimal knowledge of

these resources and these phenomena is essential for their management and protection. With this in mind, we have set up an Observatory.

The objectives of this work can be summarized in three main axes: The first is the establishment of a database concerning the physical and ecological characteristics of Lake Itasy. This consists of creating an intelligent system network for data collection: a stand-alone measuring device interconnected to a database server. The second is the creation of a web interface accessible from the internet. This platform will serve as a tool for communicating and monitoring the state of the lake. We have specified "communication tool" since its online implementation will make it possible to enhance the value of the lake and the research that results from it. Internet users interested in the lake will be able to access this platform and have a vision of its current state, its previous and later state. We also speak of "monitoring tool" because the calculated data that are displayed in this platform are tools for prevention, prediction and warning regarding the evolution of Lake Itasy. The third axis consists in the establishment of an observation center for Lake Itasy. It is a laboratory for research and storage and processing of data characteristic of the lake.

Key words: sensors, physical and chemical characteristic, Itasy lake, observatory, database, platform, prediction, research center.

1. Introduction

La zone du lac Itasy est, comme tous les milieux humides, une zone sensible, fortement sollicitée par les riverains pour ses multiples espèces (avifaunes, poissons notamment), la présence de l'eau et par les sols enrichis par des sédiments fins arrachés aux bassins versants. Cependant elle ne jouit d'aucune protection légale, or sa biodiversité est menacée d'extinction par l'assainissement à des fins agricoles, par la pêche et la chasse incontrôlée, par la pollution et par l'érosion hydrique comblant progressivement le lac.

Le choix du lac Itasy est justifié par plusieurs raisons. De par sa situation géographique, ce lac assure l'alimentation en eau des exploitations agricoles et des habitations environnantes. Il participe au maintien de la nappe phréatique, au cycle de l'eau et la pérennité du milieu aquatique.

2. Problèmes rencontrés par cet écosystème « Lac Itasy »

❖ Dégradation :

Le lac Itasy représente un enjeu important pour le développement de la Région Itasy pour l'agriculture, la pêche et le tourisme. Mais il est fortement menacé par plusieurs phénomènes. Cette dégradation peut se subdiviser en deux :

Dégradation écologique :

- ✓ La dégradation de l'environnement autour du lac qui affecte gravement ses produits ;
- ✓ La raréfaction des poissons à cause de la baisse du niveau du lac et de la pollution ;
- ✓ L'envahissement d'une bonne partie du lac par les jacinthes d'eau qui est accentué par les exploitations agricoles notamment rizicoles effectuées sur les rives du lac ;
- ✓ Le développement de parasites, dont la bilharziose dans les eaux du lac favorisé par la diminution des richesses halieutiques ;
- ✓ L'absence de gestion des déchets et de l'assainissement, envenimant une situation sanitaire qui, au-delà des limites qu'elle impose aux activités touristiques

Dégradation physique :

- ✓ La diminution de sa superficie de 15 à 20% au cours des 50 dernières années ;
- ✓ La diminution de la profondeur du lac à cause des sédiments provenant de l'érosion des collines ;
- ✓ La déforestation et l'intensification des phénomènes érosifs ;
- ✓ L'ensablement provoqué par des pratiques inappropriées : culture sur pentes sans mesures antiérosives, brûlis de régénération de pâturage en sont des exemples ;
- ✓ La diminution des sols arables à cause du manque d'eau car les affluents sont obstrués par les alluvions issues de l'érosion du sol ;
- ✓ La conversion à la riziculture inondée, une culture intensive contrôlée par des grands propriétaires fonciers ;

❖ Absence de données pour l'évaluation et l'étude de l'état du lac Itasy :

Les données caractéristiques du milieu en question ne sont pas encore disponibles et difficiles d'accès avec les méthodes traditionnelles.

3. Objectifs

❖ Modélisation du lac Itasy

Élaboration des équations mathématiques qui permettront de comprendre les paramètres responsables de l'évolution du lac sur le plan physique, chimique, géochimique et sédimentométrique. La résolution de ces équations permettra la connaissance de l'état du système, lac Itasy, dans le temps et dans l'espace.

❖ Surveillance du lac Itasy

Compréhension de la variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques et sédimentométriques du lac Itasy et alerte en cas de changement ou dégradation.

❖ Protection du lac Itasy

Prise de décisions en fonction des données observées concernant l'état du lac et lancement des projets d'aménagement, de conservation et de gestion de cet écosystème.

4. Moyen matériel

4.1 Utilisation de la nouvelle technologie pour la collecte des données :

- ✓ Utilisation de capteurs contrôlés par un micro-ordinateur pour l'automatisation des mesures. Plusieurs paramètres peuvent être mesurés tels que : température, turbidité, taux d'oxygène dissous, pH, profondeur et la salinité...
- ✓ Greffage d'un détecteur de position géographique (module GPS) dans l'appareil de mesure pour pouvoir cartographier les données obtenues.
- ✓ Utilisation de la technologie des réseaux et système d'information pour l'envoi et le stockage des données mesurées par les appareils vers un serveur de base de données distant.
- ✓ Utilisation des techniques de développement web pour l'élaboration de la plateforme.

4.2 Appareil élaboré

4.2.1 Présentation générale

La collecte des données par les méthodes traditionnelles est effectuée par un laborantin, un chimiste ou autres, qui pour une grande zone d'étude deviendra fastidieuse. Pour pallier aux problèmes posés par ces méthodes, nous avons conçu un appareil autonome de mesure des paramètres physico-chimiques et sédimentométriques du lac. Cet appareil effectuera lui-

même la mesure et envoie les données sans intervention humaine. De plus, il sera autonome en termes d'alimentation du fait de l'utilisation de l'énergie solaire le jour et d'une batterie, chargée durant la journée, la nuit.

Étant donné que les paramètres de l'eau n'évoluent pas de la même manière et leurs variations ont chacune leurs conséquences, plusieurs prises de mesures par jour seront alors nécessaires pour avoir une meilleure connaissance de leur évolution. Cependant, les processus des méthodes rationnelles très lentes ne satisferont pas cette attente. Pour cela, notre appareil pourra effectuer des mesures toutes les heures afin d'obtenir des mesures des paramètres chaque heure de la journée. Les processus de mesure et de collecte seront donc rapides et offriront plus de mesures. De plus, l'appareil sera programmé à l'avance et donc les processus seront faciles à mettre en œuvre, ils s'effectueront de manière automatique.

En dotant notre appareil d'un module GPS, chaque mesure effectuée sur le lac est associée à une position géographique ce qui facilitera la cartographie des données.

Dans les méthodes traditionnelles, le travail ne s'arrête pas sur le prélèvement d'échantillons puisqu'il est nécessaire ensuite d'effectuer plusieurs traitements et analyse afin d'avoir les mesures. Cependant, grâce à notre système, les données seront exploitables de suite, puisque nous obtenons sur place les mesures de paramètres physico chimiques dont nous avons besoins. Ces données seront ensuite stockées automatiquement dans une base de données exploitable à tout moment.

4.2.2 Description

Le système est autonome et flottant à la surface du lac. Une armature en fer fera office de support de notre appareil et du système d'alimentation : batterie et panneau solaire. L'ensemble sera rattaché à un flotteur.

L'appareil est un boîtier dans lequel les capteurs qui effectueront les mesures et le module GPS qui enregistrera les positions GPS à coupler avec les mesures seront interconnectés à un micro-ordinateur. Ce dernier pourra envoyer les données via un module 3G qui lui est également relié.



Figure 4.01 : *Appareil conçu*

Les capteurs que nous avons utilisés sont ceux qui satisferont à nos besoins par rapport aux paramètres à surveiller, et reflètent la qualité de l'eau.

5. Plateforme de visualisation

5.1 Objectifs de la mise en place de la plateforme

Les principaux objectifs de la mise en place de la plateforme sur le lac Itasy sont résumés par les tirets suivants :

- La plateforme servira d'outil de suivi de l'évolution du lac Itasy dans le temps et dans l'espace ; en d'autres termes c'est un outil de monitoring des paramètres physico-chimiques et sédimentométriques du lac Itasy.
- Elle sera un moyen de mettre en évidence l'état d'eutrophisation du lac qui permettra aux acteurs externes (gouvernement, responsable de la région, organisme de protection de l'environnement) de prendre des décisions concernant sa gestion et sa protection. Une observation sur une longue période de l'évolution des paramètres présentés depuis cet outil engendrera des prédictions et publications de l'état ultérieur du lac.
- Les pages contenues dans la plateforme présenteront d'une manière simple, c'est-à-dire facile à comprendre pour toutes personnes qu'elles soient spécialistes ou non du domaine, la signification et l'importance des différents paramètres mesurés.
- Étant donné qu'elle servira aussi pour la présentation des recherches effectuées sur le lac Itasy; elle constituera un outil de communication et d'interaction entre l'université, les chercheurs et les différents acteurs socio-économiques.

5.2 Descriptions techniques et fonctionnelles

5.2.1 Contenus

Les principaux points mis en valeur dans la plateforme sont les suivants :

- La présentation et valorisation du lac Itasy : sa superficie, sa localisation géographique et les activités économiques en relation avec ce lac ;
- La présentation des activités générales de l'observatoire ;
- La présentation des différents paramètres mesurés et suivi de leurs évolutions (en temps réel, mensuelles mais aussi annuelles) sous forme de courbes ou cartes ;
- La prédiction des données : les données mesurées sont utilisées pour alimenter et calibrer un modèle mathématique pour permettre une prédiction de l'évolution des différents paramètres mesurables du lac ;

- L'accueil des organisations ou personnes souhaitant travailler sur les données fournies par l'observatoire. Dans ce cadre, une interface de formulaire d'inscription à remplir a été ajoutée.

Observatoire du Lac Itasy

[Accueil](#)
[Données mesurées](#)
[Données calculées](#)
[Se connecter](#)



Le lac itasy

Le Lac Itasy a une superficie de 3.500 ha, qui entre l'extrémité Est et l'extrémité Ouest, mesure environ 10 km. Il constitue un centre d'activités économiques de première importance tout autant qu'un écosystème particulier des hautes terres malgaches. Son bassin versant, dont le périmètre n'est pas précisément délimité, couvre en première approche une superficie d'environ 677 km²



Observatoire du Lac Itasy

Portail d'informations permettant de connaître et de présenter l'état des milieux aquatique du lac itasy tant sur le plan physique que qualitatif sous la forme d'indicateur. L'observatoire a pour objectif de collecter des données scientifiques de qualité afin de comprendre et suivre puis prédire l'évolution du lac.





Température

Paramètre fondamentale pour l'évaluation des caractéristiques des masses d'eau. Il influe sur l'activité biologique dont dépend la vie et la production totale.

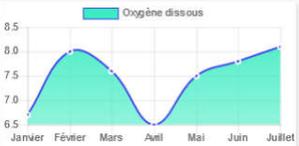
DETAILS



Turbidité

Indicateur important et très révélateur de la qualité de l'eau et de son taux de vieillissement. Facteur écologique important qui peut traduire une pollution ou eutrophisation de l'eau.

DETAILS



Oxygène dissous

Indicateur qui renseigne quant à l'aptitude du milieu à maintenir la vie ou à observer un excédant momentané de pollution à forte "demande biochimique en oxygène".

DETAILS

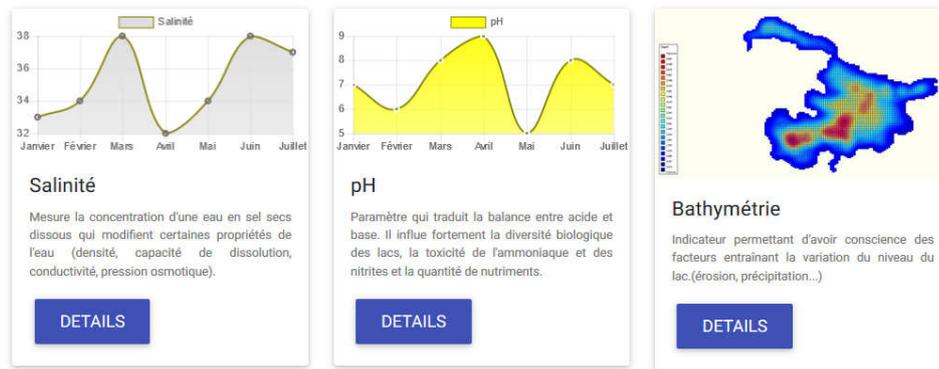


Figure 5.01 : Page d'accueil de la plateforme

5.2.2 Descriptions techniques

Les prérequis pour le bon fonctionnement de cette plateforme sont :

- La disponibilité d'un serveur ayant accès à internet pour héberger la plateforme ;
- La disponibilité d'un serveur de base données : étant donné que cette base stockera au minimum une année de données avec 1h d'intervalles de mesures, l'espace de stockage nécessaire est d'environ 200Go ;
- Une alimentation électrique constante et toujours disponible pour éviter les pertes de données ;
- Une connexion internet avec un débit minimum de 128Kbps en download pour la seule connexion du serveur de base de données avec les équipements de mesures installés, et une bande passante minimum de 1Mbps en upload pour la visite de la plateforme par 50 internautes en même temps (soit 20Kbps pour chaque internaute).

Le fonctionnement du système d'observation est résumé par les points suivants :

- La plateforme d'observation est en constante communication avec une base de données qui est alimentée par les appareils de mesure placés sur des stations de monitoring situés dans plusieurs endroits stratégiques du lac. (Conditions limites, point d'observation, ...). Rappelons que les équipements de mesure sont dotés d'un module 3G afin de renvoyer les données mesurées depuis leurs emplacements au serveur de l'observatoire pouvant se situer dans n'importe quel endroit du pays.

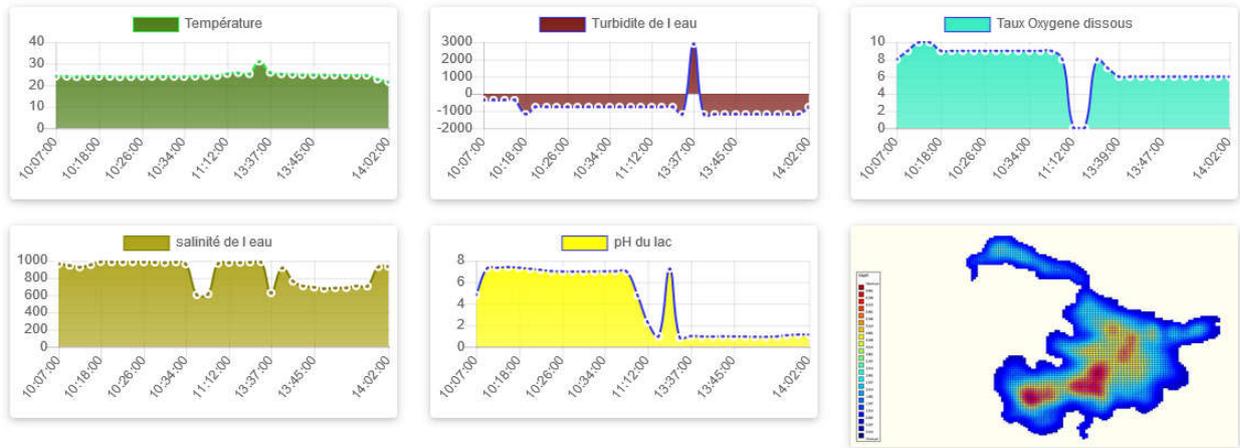
	id	datetime	date	time	latitude	longitude	oxygene
<input type="checkbox"/>	1	2020-04-19 10:07:59	2020-04-19	10:07:00	-19.07	46.78	8
<input type="checkbox"/>	2	2020-04-19 10:10:03	2020-04-19	10:10:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	3	2020-04-19 10:12:07	2020-04-19	10:12:00	-19.07	46.78	10
<input type="checkbox"/>	4	2020-04-19 10:16:16	2020-04-19	10:16:00	-19.07	46.78	10
<input type="checkbox"/>	5	2020-04-19 10:18:20	2020-04-19	10:18:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	6	2020-04-19 10:20:24	2020-04-19	10:20:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	7	2020-04-19 10:22:28	2020-04-19	10:22:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	8	2020-04-19 10:24:32	2020-04-19	10:24:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	9	2020-04-19 10:26:36	2020-04-19	10:26:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	10	2020-04-19 10:28:41	2020-04-19	10:28:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	11	2020-04-19 10:30:45	2020-04-19	10:30:00	-19.07	46.78	9
<input type="checkbox"/>	12	2020-04-19 10:32:54	2020-04-19	10:32:00	-19.08	46.78	9
<input type="checkbox"/>	13	2020-04-19 10:34:54	2020-04-19	10:34:00	-19.08	46.77	9
<input type="checkbox"/>	14	2020-04-19 10:39:04	2020-04-19	10:39:00	-19.08	46.77	9
<input type="checkbox"/>	15	2020-04-19 10:41:08	2020-04-19	10:41:00	-19.08	46.77	9
<input type="checkbox"/>	16	2020-04-19 11:08:42	2020-04-19	11:08:00	-19.06	46.77	8

Figure 5.02 : *Base de données utilisée*

Comme nous pouvons le constater, les données reçues par la base de données sont constituées : de la valeur du paramètre observé (température, oxygène...), de la date et l'heure précise de mesure, la position géographique de mesure (latitude et longitude).

- Les courbes représentatives de la fluctuation des paramètres sur un point d'observation sont automatiquement mises à jour à chaque intervalle de mesure. Cet intervalle peut être programmé en fonction des besoins par un administrateur. Les pages affichant ces courbes sur les navigateurs sont aussi rafraîchies automatiquement à l'arrivée de chaque mesure. Pour que la plateforme soit lisible par tous même n'ayant pas de connaissance dans le domaine de l'hydrologie, des paragraphes sont dédiés à la présentation de la signification et l'importance de chaque paramètre.

Courbe temps réel du 12/06/2020 - POINT D'OBSERVATION N°1



Courbe mensuelle - POINT D'OBSERVATION N°1

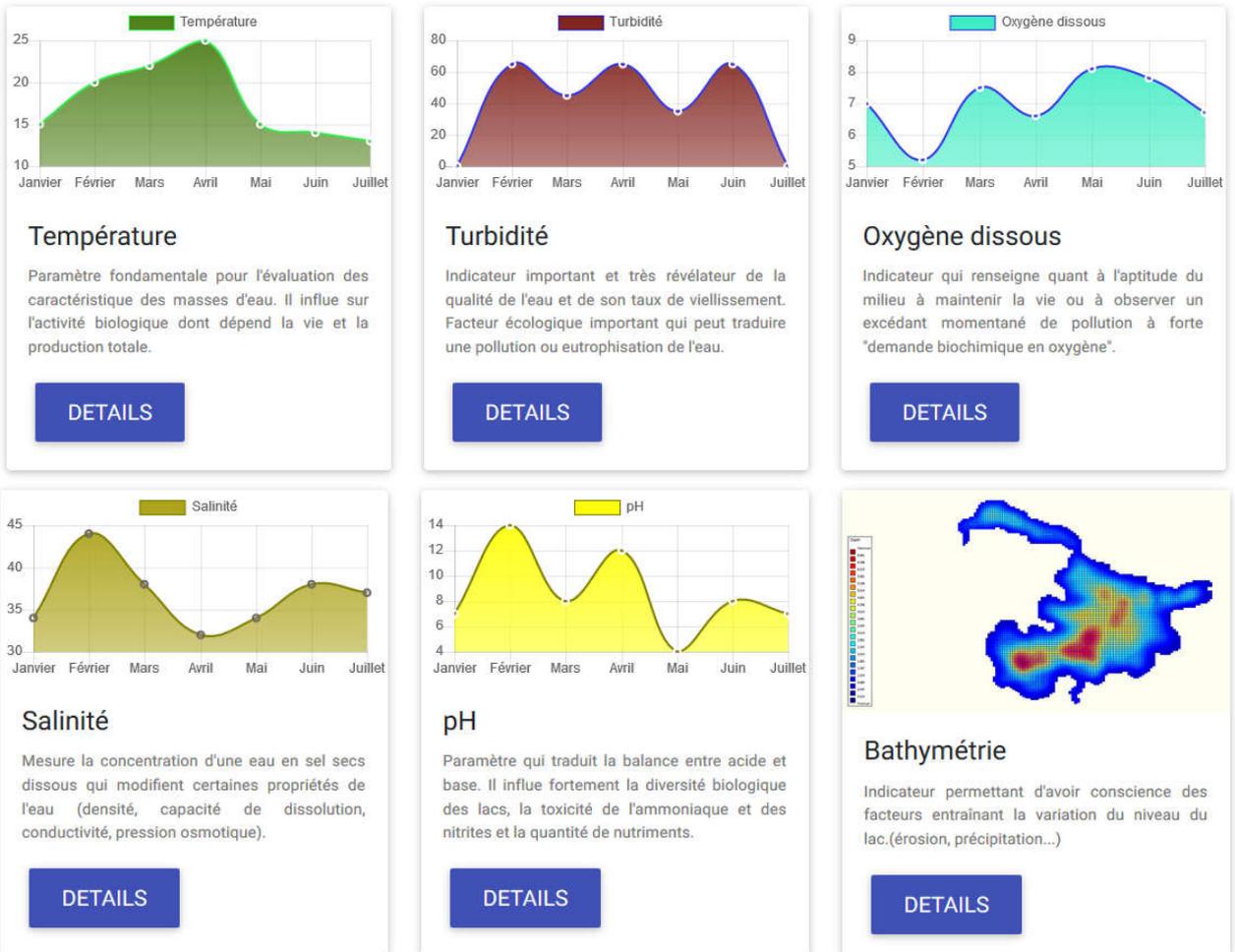
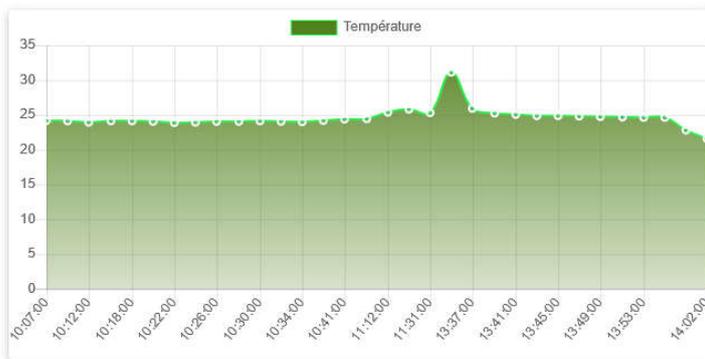


Figure 5.03 : Tableau de bord de la plateforme

Température du lac

La température est un paramètre fondamental pour l'évaluation des caractéristiques des masses d'eaux car elle joue un rôle important dans la variabilité des cycles biologiques, la solubilité des sels et des gaz, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes. Le contrôle de la température est essentiel pour la survie des êtres vivants. De plus, la mesure de la température de l'eau est indispensable pour l'interprétation d'autres paramètres. La température associée à d'autres paramètres permet d'avoir une meilleure connaissance du milieu.



Température de l'eau en temps réel

La courbe ci-contre nous permet visualiser en temps réel la variation de la température du lac.

Salinité du lac

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Techniquement, la salinité mesure la concentration d'une eau en sels secs dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de manésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau. Les sels dissous modifient certaines propriétés de l'eau : sa capacité de dissolution, sa densité, mais aussi sa compressibilité, son point de congélation et d'ébullition, sa dureté ainsi que sa viscosité ou sa corrosivité, et très légèrement sa capacité à transporter les sons et la lumière. Certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau telle que la conductivité et la pression osmotique. Le suivi de la quantité de sels dissous dans l'eau est donc important puisque la variation de plusieurs paramètres déterminant la qualité de l'eau en dépendent.



Salinité de l'eau en temps réel

La courbe ci-contre nous permet de visualiser en temps réel la variation de la salinité du lac.

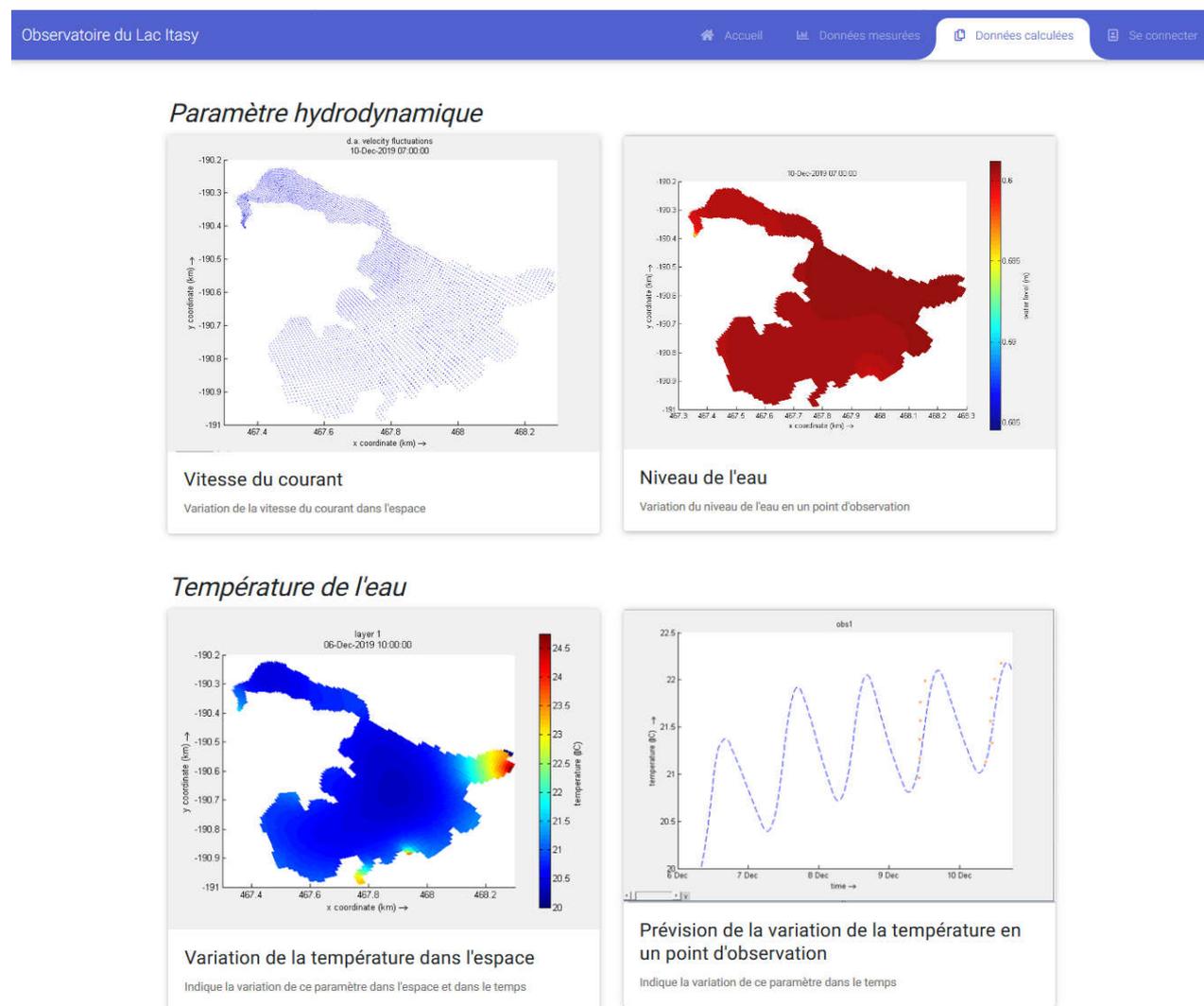
Figure 5.04 : Présentation des données mesurées dans la plateforme

5.2.3 Description fonctionnelle

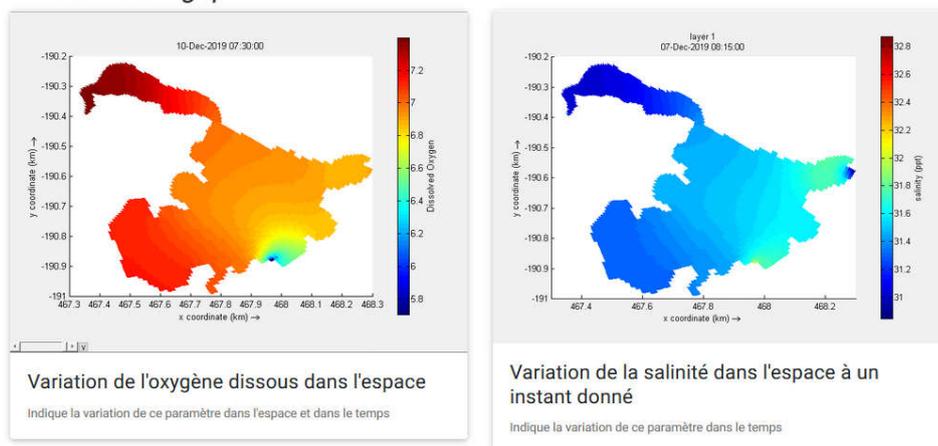
La plateforme est un outil qui permettra de valoriser le lac Itasy étant donné qu'il s'agit d'une interface web observable depuis internet.

La plateforme de surveillance et de visualisation est, comme indiquée auparavant connectée à une base de données interne qui est alimentée en permanence par des appareils autonomes.

Les données peuvent ensuite être exploitées par les chercheurs dans le cadre de leurs recherches. La principale activité de l'observatoire étant l'analyse des données dans un but de prédiction puis d'alerte en cas d'éventuels changements significatifs des valeurs observables. Ci-dessous une capture d'écran de la plateforme affichant les résultats des simulations obtenus à partir des données mesurées.



Variable écologique



OBSERVATOIRE DU LAC ITASY

Projet de surveillance et de protection du lac itasy.

PARTENAIRE

Institut Supérieur de Soavinandriana
Itasy

CONTACT

RANDRIANJA Malanto Miangaly
miangalrandrianja@gmail.com

Figure 5.05 : *Présentation des données calculées dans la plateforme*

Les données présentées peuvent ensuite être exportées sous forme de fichiers de données. Pour les organisations ou personnes extérieures à l'observatoire, une inscription est requise. Après validation des administrateurs, ils peuvent accéder à une page sécurisée par mot de passe afin de télécharger des fichiers ou l'intégralité des recherches en cours sur le Lac. Pour un meilleur suivi de l'évolution des paramètres physiques et écologiques, les données affichées sur les courbes peuvent être triées en fonction d'une période voulue.



Figure 5.06 : *Tri sur une période déterminée des valeurs affichées sur la courbe*

6. Observatoire

Un Observatoire est un établissement scientifique muni des instruments qui servent aux observations. Il s'agit d'un portail d'informations obtenues de l'appareil présenté dans le chapitre précédent. Ces informations permettent de connaître et de présenter l'état des milieux aquatiques, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, sous la forme d'indicateur [W17]. Dans ce chapitre, nous allons détailler l'Observatoire que nous allons mettre en place.

6.1 Structure

L'Observatoire du lac a pour objectifs de collecter des données scientifiques de qualité afin de comprendre et suivre l'évolution du lac ou d'un phénomène en particulier puis d'une part rassembler ces données et les valoriser sous forme de synthèse, tableau de bord, documents et d'autre part modéliser l'évolution de l'état et des fonctionnements écologiques de systèmes lacustres soumis simultanément à un changement des pressions d'anthropisation locale et climatique et enfin diffuser les informations collectées auprès du grand public, des personnels de l'eau et des élus. L'Observatoire du lac Itasy est donc un Outil de partage de connaissances et d'aide à la décision pouvant opérer à l'échelle régionale.

Deux volets structurent les actions de l'Observatoire du lac de l'Itasy :

- Le premier concerne le suivi des paramètres physico-chimiques et sédimentométriques du lac sur les changements d'états du système lacustre (diagramme spatio-temporel des paramètres, cartographie, zonage) à l'aide des mesures collectées et envoyées par le système autonome de mesure.
- Le second est constitué par les projets de recherche visant à étudier l'évolution du système lacustre. On peut ainsi, faire une prédiction par rapport aux travaux d'analyse de la situation actuelle.

Les travaux de recherche sont accés à l'étude du lac qui comporte de nombreux enjeux sociétaux : production d'eau potable, ressources piscicoles, activités touristiques et récréatives, maintien de la biodiversité.

6.2 Analyse et contexte

Les pressions sont celles exercées par les activités humaines aussi bien sur le lac que sur les bassins versants, mais aussi les conditions climatiques qui sont changeantes. De plus, il est peu profond, ce qui lui confère les spécificités de son fonctionnement hydrodynamique et écologique, et de ce fait, il est très réactif aux forçages extérieurs. Ainsi, il est nécessaire de mettre en œuvre des systèmes de suivi continu et à fréquence élevée. Pour cela, nous avons équipé le lac d'Itasy pour en faire un site expérimental pérenne en vraie grandeur. Nous avons

installé des systèmes autonomes de mesure qui suit les variables hydrodynamique et écologique (paramètres physico chimiques) mais aussi les variables météorologiques dans une version ultérieure.

Le but est de surveiller pour mieux comprendre et prédire ; et comprendre et prédire pour mieux gérer. Puisqu'en définitive, les connaissances qui sont produites doivent être mises en service des actions de gestion pour maintenir non seulement l'état de qualité du lac, mais aussi tous les services qu'il rend aux sociétés humaines.

La particularité de l'Observatoire du lac Itasy est d'entretenir des partenariats privilégiés entre gestionnaires d'espace naturel et scientifiques. Les relations entre ces derniers doivent être fréquentes, régulières et doivent fonctionner dans les deux sens. Les gestionnaires auront besoin d'aide à la décision quand des problèmes se posent pour disposer de conseils avisés reposant sur des bases scientifiques solides pour prendre les meilleures décisions.

L'observatoire s'inscrit dans une démarche collective scientifique en partageant des compétences, des outils, des méthodes mais aussi des services ouverts à l'extérieur et en particulier aux autorités locales, gouvernementales Cela constitue un site expérimental modèle non seulement dans la Région Itasy mais aussi dans d'autres régions de Madagascar où les enjeux autour des ressources en eau sont particulièrement critiques.

6.3 Tâches

- Réaliser une modalité de production des données et celle de gestion des informations sur l'eau tant au niveau régional qu'au niveau national ;
- Concevoir, déployer, maintenir et optimiser des appareils adaptés pour la mesure et l'observation des données à différentes époques de l'année :
 - o Appareils de détermination des conditions climatiques telles que la température, la précipitation, la nébulosité, vitesse du vent.
 - o Appareils de détermination des conditions aquatiques telles que la température de l'eau, les caractéristiques physico-chimiques (turbidité, Ph, la résistivité, les réserves alcalines..., les caractéristiques bactériologiques, la profondeur ; la minéralisation (phosphore, azote ammoniacal, azote nitrique, oxygène, ...)
 - o Appareils de détermination des conditions biologiques telles que les planctons; les végétaux ;
- Utiliser des logiciels de traitement d'images satellites LANDSAT pour le suivi et l'évaluation des couvertures forestières et de la dégradation des bassins versants ;

- Traiter et analyser les données statistiques obtenues par des logiciels adéquats dans le but de comprendre puis prévoir le fonctionnement hydrodynamique et écologique du lac ;
- Suivre l'évolution de la qualité de l'eau et celle des ressources hydriques et hydrobiologiques ;
- Développer un site permettant un accès direct et rapide aux données environnementales par les autorités décentralisées ;
- Mener une étude sur la situation de ce bassin, abordant les aspects quantitatifs et qualitatifs visant une meilleure connaissance des pressions sur les ressources en eau ;
- Prévoir, ou pour le moins anticiper, les événements extrêmes induits par les changements climatiques et les pressions anthropiques ;
- Mettre en œuvre un suivi automatisé-routinier afin d'accompagner l'évolution environnementale et vérifier l'efficacité des mesures prises ;
- Identifier les sources et les sites de contamination, leurs effets sur la qualité de l'eau, les bilans hydrologiques, les ressources hydrobiologiques et les activités humaines ;
- Anticiper les événements extrêmes et contrôler l'eutrophisation induite par les changements climatiques et anthropiques ;
- Proposer des solutions appropriées aux autorités concernées.

6.4 Activités

L'Observatoire du Lac Itasy, collecte, rassemble, analyse et diffuse les données relatives aux dynamiques ainsi qu'aux politiques menées pour la conservation et la protection du Lac Itasy. Il favorise l'harmonisation des méthodes d'observation et d'analyse territoriale entre l'État et les collectivités, la mutualisation des connaissances, et crée les conditions de diagnostics partagés sur l'état de l'environnement. Il produit des bases de données de qualité, actualisées et validées, pour les recherches des scientifiques, la prise de décisions des politiques, au service de la société civile (information, communication, éducation, amélioration des conditions de vie). C'est aussi un lieu d'innovation et d'expertise : l'Observatoire anime un programme d'études et de recherches et contribue à la mise au point des cadres conceptuels et des outils adaptés aux nouveaux besoins dans toute la région. Il publie régulièrement des rapports et des analyses sur les dynamiques territoriales et met à disposition la cartographie interactive de nombreuses données statistiques obtenues à différentes échelles. Devenir un modèle d'observation, de gestion et de gouvernance pour les écosystèmes lacustres à Madagascar.

6.5 Fonctionnement

Des points d'observation seront mis en place. Un ou plusieurs appareils de mesure seront installés sur ces endroits afin d'effectuer les mesures des paramètres physico-chimiques dans un premier temps et de les envoyer vers le serveur de l'Observatoire dans un second temps.

Les données recueillies sont stockées sur un serveur informatique, le Système d'Information ainsi créée représente un jeu de données inestimable.

On obtient ainsi, des données sur la mesure spatio-temporelle de chaque paramètre physico-chimique du lac. Ces mesures seront représentées sous forme de diagrammes ou carte en fonction du temps et seront mises à disposition auprès des scientifiques, des étudiants ou des institutions publiques via une interface développée au sein de l'Observatoire. Les diagrammes seront disponibles à tout moment de l'année et elles seront également accessibles quel que soit sa date d'apparition. Les scientifiques trouvent un intérêt particulier à ce jeu de données très intéressant, il leur permet d'étudier l'évolution de certains paramètres, des paramètres qu'ils peuvent choisir et identifier directement au niveau du système d'information. Grâce à ces données, l'Observatoire pourra alerter sur des situations de crise, de favoriser des actions de restauration puis d'en suivre l'efficacité. D'autant plus, l'Observatoire disposera d'un outil de prédiction par rapport au comportement actuel du lac. Ainsi, le terme d'Outil d'aide à la décision tient toute sa place puisqu'il apportera des informations utiles aux gestionnaires, leur donnant les moyens de prendre des décisions stratégiques pertinentes.

L'observatoire pourra s'engager dans les années à venir à aborder le gros enjeu lié à la surveillance et à l'étude des lacs.

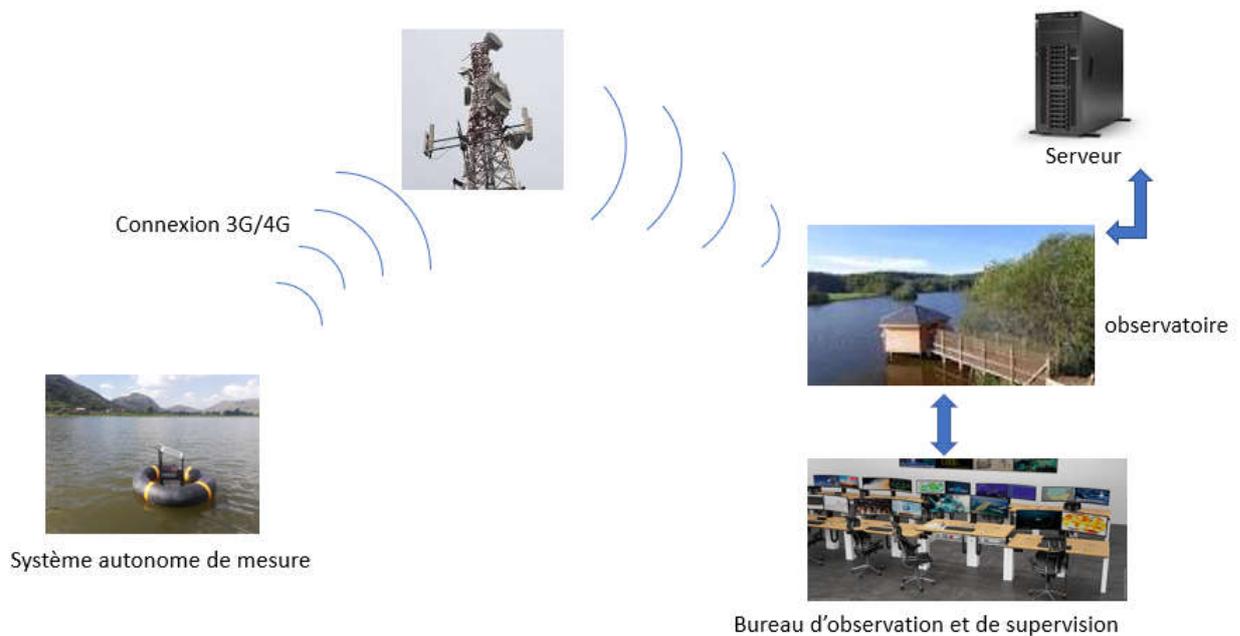


Figure 6.01 : *Fonctionnement du système d'observation du lac*

6.6 Ressources humaines nécessaires

6.6.1 Administrateur

Personnel qui se charge de la supervision du fonctionnement général du système et de sa disponibilité. Il s'assure que les équipements et la plateforme de supervision sont opérationnels. Il s'agit également d'un technicien de maintenance de niveau II, qui se charge de la mise à jour du système et des études des possibilités d'optimisation.

6.6.2 Agents de terrain

Ils se chargent des déplacements sur terrain pour des motifs divers : maintenance périodique des appareils, si nécessaire ils effectuent d'éventuelles mesures sur terrain et des relevés d'échantillons. Ils peuvent être composés d'étudiants ou de chercheurs ayant une autorisation venant du centre d'observation.

6.6.3 Équipe de recherche

Elle s'occupe de l'interprétation des données, du calage du modèle physique et écologique du lac Itasy à partir des données mesurées. Grâce au modèle validé, elle peut publier des prévisions sur l'évolution du lac. Elle réoriente également la mise à jour du système d'observation en fonction des données nécessaires à leur recherche.

6.6.4 Responsable en communication

Il se charge de l'administration et de la mise à jour de la plateforme en ligne. C'est la première interface avec les acteurs externes concernant les travaux effectués ou projet d'étude à effectuer concernant le lac.

7. Conclusion

Les grands travaux de cette étude se résument en trois points.

- Le premier point est la mesure des paramètres caractéristiques physiques et écologiques du lac avec l'utilisation des nouvelles technologies de l'information, de la communication et de l'automatisme. L'interconnexion de plusieurs systèmes intelligents à savoir les capteurs et le système d'information nous a permis de créer pour la première fois une base de données concernant les caractéristiques du Lac Itasy. Des données numériques en temps réel (jour et nuit) peuvent être exploitées à tout moment. Désormais un suivi des variations des paramètres physico-chimiques du lac Itasy dans le temps et dans l'espace peut être effectué.
- Le deuxième point consiste en la création d'une interface. Il s'agit notamment d'établir une plateforme en ligne et un catalogue de métadonnées, de développer un service web de cartographie dynamique, permettant de faciliter la valorisation et l'analyse des données mesurées et calculées afin de proposer des recommandations et d'entreprendre les actions de conservation et de protection du Lac Itasy en temps réel. Grâce à ce travail, nous avons pu créer un outil de planification pluri-acteurs et pluri-thématiques impliquant une gouvernance partagée entre les Collectivités Locales, les Scientifiques dans plusieurs domaines, les Directions régionales techniques déconcentrées, les usagers et la Société Civile. La pertinence de cette approche repose sur le fait que chaque acteur fait face à une partie des problèmes mais détient aussi une partie des solutions. C'est un projet collaboratif qui a pour objectifs de faciliter l'accès aux données et de vulgariser l'information afin de développer la culture environnementale dans la région.
- Le troisième point constitue la mise en place d'un observatoire. C'est une source d'activités de recherches scientifiques dont les fruits sont des données de suivi, prédiction et de recherche concernant le lac Itasy. Dans notre cas, nous nous sommes limités au lac Itasy ; pourtant l'étude et le suivi des évolutions des lacs de Madagascar peuvent être effectués au sein d'un seul observatoire central.