

**DEMANDE D'ALLOCATION DE RECHERCHE DE L'ED SISEO**  
**Année universitaire 2017-2018**  
**SUJET DE THESE**

<p><b>1. LABORATOIRE</b></p> <p>Nom ou sigle : <i>CARTEL</i> Statut : <i>UMR USMB/INRA</i></p>	<p><b>2. DIRECTION DE THÈSE</b></p> <p>Directeur de thèse (HDR) : <i>Isabelle DOMAIZON</i> Codirecteur : <i>David ETIENNE</i></p>
<p><b>Domaine de compétences de l'ED SISEO :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environnement <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>- Organisations <input type="checkbox"/></li> <li>- Systèmes <input type="checkbox"/></li> </ul>	<p><b>Collaborations éventuelles :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Laurent Millet (Chrono-Environnement, Univ. Franche-Comté/Bourgogne)</i></li> </ul>
<p><b>3. SUJET DE THÈSE</b></p> <p><b><u>Titre : Changements d'états récents ou hérités du passé ? : apport de l'évaluation paléo-limnologique à la compréhension des dynamiques écologiques des lacs de montagne (CRuNcH)</u></b></p>	
<p><b>4. RESUME</b></p> <p>Ce projet de recherche doctorale est centré sur l'étude de la trajectoire écologique à long terme des lacs, en particulier des lacs de montagne qui fournissent de nombreux services écosystémiques (biodiversité, pêche, loisirs, ...). A travers une approche pluridisciplinaire, nous proposons d'effectuer une étude paléo-limnologique multi-paramètres de l'état trophique de plusieurs lacs de montagnes (10 lacs au maximum) couvrant les 4000 dernières années. Les lacs ciblés sont tous actuellement considérés comme des systèmes perturbés (dysfonctionnels) avec par exemple une anoxie pérenne dans la zone benthique. La mise en place de cet état écologique dysfonctionnel, pour certains de ces lacs, a été clairement identifié comme s'étant établi au cours des 200 dernières années. A l'inverse, pour d'autres lacs, les conditions de mise en place de cet état dysfonctionnel ne sont pas déterminées et l'hypothèse serait que des perturbations très anciennes sont responsables du changement majeur de fonctionnement de ces lacs et conditionnent donc encore aujourd'hui leur état écologique.</p> <p>Pour tester cette hypothèse, certains marqueurs biologiques (pigments, ADN phytoplanctonique, chironomes) archivés dans les sédiments lacustres seront analysés pour reconstituer l'évolution temporelle de l'état trophique et des conditions d'oxygénation benthique pour chaque lac. Des outils de modélisation statistiques seront utilisés pour explorer le lien entre la dynamique ou les bascules trophiques de ces lacs et les facteurs de forçage (conditions climatiques, pression agropastorales, ...) reconstitués à partir de différents marqueurs (ADN bactéries fécales, pollens, ...) préservés dans les sédiments lacustres.</p> <p>Les sorties attendues de ce projet sont ainsi (i) une amélioration des connaissances de la dynamique écologique à long-terme de systèmes lacustres qui ne sont généralement peu/pas intégrés dans les suivis limnologiques, (ii) une application innovante des approches moléculaires par l'étude des archives continentales afin de déterminer les capacités de résilience et d'appréhender les potentiels points de bascules sous l'effet de forçages anthropique et climatique, sur plusieurs systèmes lacustres, (iii) comprendre si et comment le poids de pressions anciennes subies par les lacs peuvent expliquer leur état dysfonctionnel. Ainsi ce projet de recherche doctorale aborde des problématiques relatives à l'écologie théorique appliquée à la limnologie, notamment en lien avec les notions de point de bascule du fonctionnement des systèmes lacustres, de leurs capacités de résistance et de résilience.</p>	

### Abstract

Our multidisciplinary project is designed to investigate the long-term ecological trajectories of lakes, in particular mountain lakes, which provide a wide range of ecosystem services (in terms of biodiversity, fisheries, recreation and tourism). We propose here to perform a multi-proxy paleolimnological reconstruction of trophic state (over the last 4000 years) for several mountain lakes (up to 10 lakes). All the studied lakes are currently considered 'disturbed ecosystems' (e.g. benthic anoxia). For some of them, a shift in their ecological status has been clearly identified over the last 200 years in relation with known forcing factors, while for others, the current 'dysfunctional state' is unexplained, and they have been considered unchanged over the last 200 years. In the latter case our hypothesis is that very ancient perturbations are responsible for a major shift in the ecosystem functioning and explain the current state of the lake.

To verify this hypothesis, biomarkers and macro-remains (pigments, phytoplankton DNA, chironomids) preserved in sediments will be analyzed to provide a temporal view of indicators of trophic state and oxic/anoxic conditions in each lake. Statistical modelling tools will be then used to explore the links between changes/shifts in the trophic state of lakes and forcing factors (climatic conditions, anthropogenic activities around the lakes as agro pastoral pressures and nutrients inputs) known or reconstructed (faecal bacterial DNA, pollen/NPP remains) from sedimentary archives.

The downstream impacts of this project are (i) an advancement of knowledge on long-term dynamics of lakes that are currently ignored in limnological surveys, (ii) an innovative application of molecular ecology to study continental archives in order to unravel the resilience and tipping points of these systems (iii) improvements regarding our knowledge of what can be considered a 'scientific paradox' in limnology, i.e. why and how despite apparently favourable environmental conditions (low pollution) some lakes are currently dysfunctional ? This research program addresses issues in the domain of theoretical ecology applied to limnology, in particular regarding tipping points in lake functioning and resistance/ resilience capacities of the lakes.

## 5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

**Contexte scientifique :** La conciliation entre développement socio-économique et état écologique des systèmes aquatiques est une volonté affichée par les institutions nationales et européennes, dont les objectifs ont été définis en 2000 dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. **La production de nombreux services écosystémiques (ressource en eau et piscicole, valeur paysagère, biodiversité) rendus aux sociétés humaines par ces systèmes lacustres dépend de leur bon fonctionnement écologique et plus particulièrement de leur état trophique et des conditions d'oxygénation de la zone benthique** (Davidson & Jeppesen, 2013). Ce fonctionnement est conditionné par des facteurs de forçage s'opérant aux échelles globales (changement climatique, dépôts atmosphériques...) et locales (occupation des sols, pratiques agro-pastorales, rejets d'eaux usées, empoisonnement...) liées aux activités humaines.

En Auvergne-Rhône-Alpes, de nombreux lacs (au moins 30% des plans d'eau DCE) peuvent être classés comme dysfonctionnels ou dystrophiques. Pour ces systèmes lacustres, il est généralement admis que ce sont les activités anthropiques locales et relativement récentes (pressions agro-pastorales ou rejets d'eaux usées polluantes) qui sont à l'origine de leur dysfonctionnement écologique actuel. Toutefois, pour certains lacs, l'état dystrophique n'est pas clairement relié à des perturbations récentes. C'est notamment le cas pour certains lacs d'altitude qui longtemps perçus comme des milieux préservés en raison de leur éloignement géographique vis à vis des impacts anthropiques les plus visibles (industrie, agriculture chimique), sont pourtant aujourd'hui identifiés comme étant dysfonctionnels (ex. Allos, Brevent, Muzelle ; suivi récemment engagés par des organismes gestionnaires tels que Parc Naturels, ASTER).

Ainsi, **l'état écologique d'un système lacustre peut ne pas être directement et uniquement relié à des facteurs de forçages actuels** (caractéristiques biogéochimiques de l'environnement actuel) **mais représenter un état hérité (lié à des phénomènes de basculements de leur état et fonctionnements écologiques plus anciens)**. La réponse du système à une/des perturbations peut en effet conduire à un changement d'état (tipping point = passage à un nouvel état stable ; *sensu* van Nes et al, 2016). Les capacités de résistance ou de résilience (capacité de se rétablir suite à des perturbations importantes) (Scheffer et al, 2001) des systèmes sont variables en fonction des paramètres intrinsèques des systèmes (taille, profondeur, géologie...) mais surtout de l'intensité des perturbations subies (effet de seuil des facteurs de forçage globaux et locaux).

La connaissance de la trajectoire des systèmes (simples relations linéaires réversibles ou basculements anciens vers de nouveaux états stables) et des facteurs responsables de cette trajectoire est essentielle pour identifier des actions de gestion pertinentes pour ces milieux. L'intérêt des **approches paléo-limnologiques pour fournir des réponses concernant la trajectoire des systèmes lacustres, l'existence de 'tipping points' et l'identification des facteurs qui en sont responsables est largement reconnu** (Randsalu-Wendrup et al, 2016). Alors que ce genre d'approche a permis de hiérarchiser les facteurs de forçages influençant la dynamique biologique des lacs au cours de la dernière décennie (Jenny et al, 2015), elle n'a encore été que très rarement utilisée pour vérifier l'existence de points basculements plus anciens (quelques milliers d'années) qui seraient déterminants pour leur fonctionnement/état actuel ; **le poids de ces facteurs de forçages anciens et de processus biologiques et géochimiques hérités** expliquant la détérioration des conditions trophiques et d'oxygénation observées actuellement.

**Objectifs scientifiques :** L'objectif de ce projet de recherche est de vérifier **l'hypothèse selon laquelle certains lacs ont bien subi un impact significatif et pérenne d'activités anthropiques passées** (sur leur bassin versant), **qui structure encore aujourd'hui leur fonctionnement écologique**. En nous appuyant sur une approche paléo-limnologique multi-paramètres (incluant des indicateurs de la production primaire lacustre, de changements de proportion des groupes algaux, de désoxygénation benthique), nous souhaitons définir pour 10 lacs ciblés (i) depuis quand et avec quelle amplitude l'état écologique lacustre a été perturbé, qu'il s'agisse d'effets temporaires et réversibles ou d'effets plus pérennes induisant un basculement vers un nouvel état dit 'stable' ; (ii) sous l'effet de quel(s) forçage(s), appliqués avec quelle intensité et durant combien de temps, ces changements d'état se sont opérés ; les forçages considérés sont principalement le climat (périodes climatiques connues) la pression agro-pastorale et celle liée à l'introduction de poissons (toutes les deux reconstitués par l'ADN sédimentaire et les micro-restes préservés dans les sédiments).

**Il s'agit donc d'améliorer notre compréhension des mécanismes de perturbation de l'état fonctionnel des systèmes lacustres en définissant l'influence sur l'évolution de cet état écologique, de différents facteurs de forçage locaux (occupation des sols, pratiques agro-pastorales, rejets d'eaux usées, empoisonnement) et globaux (variations climatiques) les ayant affectés au cours du temps.** Comme mentionné précédemment l'utilisation des approches paléo-limnologique dans cette optique de hiérarchisation de l'impact de différents forçages, sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes lacustres a été développé avec succès sur les grands lacs Alpains (Annecy, Bourget et Léman ; Alric et al, 2013 ; Jenny et al, 2013 ; Frossard et al, 2013). Les différents indicateurs paléo-limnologiques envisagés pour reconstituer ces variations de l'état écologique des lacs ciblés, ainsi que les potentiels facteurs de forçage identifiés, sont décrits dans le

tableau ci-dessous (§ Table I).

Nous souhaitons donc appliquer cette démarche analytique sur 10 systèmes lacustres présentant un état écologique actuel qui est déterminé comme dysfonctionnel. **Les lacs ciblés seront dissociés en deux groupes d'intérêt avec des lacs dont l'état dysfonctionnel date de plus de deux siècles et un autre ensemble de lacs pour lesquels cet état s'est déclaré au cours du 20<sup>ème</sup> siècle.** Cette sélection des sites a pu être définie sur la base des résultats obtenus dans le cadre d'un projet de recherche en phase de finalisation (§ *Faisabilité du projet*). La période chronologique couverte dans le cadre de ces approches paléo-limnologique sera contrainte aux 4000 dernières années. Cette période a été choisie car elle recouvre (i) une période au cours de laquelle les impacts anthropiques sur les écosystèmes sont faibles et les pratiques agro-pastorales peu développées ("état de référence" : de 2000 à 1000 av. J.C.), et (ii) la période du début de l'âge du fer (1000 av. J.C.) à aujourd'hui, période au cours de laquelle il y a eu une intensification progressive et une diversification des pratiques agro-pastorales (Doyen et al, 2013). Le forçage climatique au cours de cette période sera évalué à travers les grandes variations climatiques connues pour l'Europe de l'Ouest (*ex.* Optimum médiévale, Petit Age glaciaire ou réchauffement climatique actuel).

Indicateurs d'état	Indicateurs de forçage
<p><b>Enrichissement trophique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pigments sédimentaires</li> <li>- proportions des grands groupes de phytoplancton (cyanobactéries, chlorophyceae, diatomés, dinophyceae) via l'ADN sédimentaire</li> <li>- flux de matière organique</li> <li>- concentration en ADN sédimentaire (ng g<sup>-1</sup> AFDM)</li> <li>- dénombrement de macro-restes phytoplanctoniques (alternative aux études ADN en cas de nécessité)</li> </ul> <p><b>Oxygénation de la zone benthique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- abondance et communautés de Chironomideae</li> </ul>	<p><b>Pratiques agro-pastorales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ADN sédimentaire bactéries fécales totales et ruminants</li> <li>- flux terrigènes (analyse géochimiques et LOI)</li> <li>- pollens et microfossiles non-polliniques (alternative aux études ADN en cas de nécessité)</li> </ul> <p><b>Rejets d'eau usées :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ADN sédimentaire bactéries fécales humaines</li> </ul> <p><b>Variations climatiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- périodes climatiques déterminées dans la littérature (Büntgen et al, 2011)</li> </ul> <p><b>Empoisonnement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ADN sédimentaire salmonidés</li> </ul>

**Table I -** Tableau de synthèse des différents paramètres utilisés en tant qu'indicateurs d'état des lacs et indicateurs des forçages globaux et locaux les affectant

**Sorties envisagées :** L'originalité de ce projet est ainsi de combiner sur les mêmes systèmes lacustres, et dans le cadre d'approches paléo-limnologiques couvrant une période relativement longue (4000 dernières années), une reconstitution des dynamiques écologiques lacustres, des changements de l'état fonctionnel de ces systèmes et de l'usage des bassins versants dans un cadre climatique par ailleurs connu. **Cette démarche scientifique a pour finalité d'établir, pour les différents lacs dont la trajectoire aura été reconstituée, leurs capacités de résistance et de résilience en fonction des types et des niveaux de perturbations et de leurs caractéristiques morphologiques et géologiques (profondeur, surface, ratio bassin versant/lac) ; les concepts d'effets de seuil et de points de basculement inhérents à ces dynamiques temporelles seront centraux dans l'analyse de ces résultats.** La hiérarchisation des forçages impliqués dans la réponse de ces systèmes sera abordé par des **outils de modélisation statistique** : l'utilisation de modèles statistiques tel que des modèles GAM (*Generalized Additive Model*) ou REML (*REstricted Maximum Likelihood*) permettront de spécifier la structure de covariance et d'estimer des maximum de vraisemblance dans les corrélations établies entre les différents paramètres reconstitués.

**Faisabilité du projet :** La sélection des lacs étudiés s'appuiera sur les résultats, en cours de synthèse, d'un projet qui a permis d'échantillonner et d'analyser les archives sédimentaires de plus de 55 lacs en France (Prog. Suez Lyonnaise des Eaux : *Développement d'outils innovants pour la diagnose écologique et la gestion des lacs* ; coord. Laurent Millet, Chrono-Environnement). La démarche était ici allégée sur le plan temporel puisqu'il s'est agi de comparer deux strates : une période de référence (début 1900) à une période actuelle. Les premières analyses permettent d'identifier les 2 types de lacs d'intérêt : des lacs devenus dysfonctionnels au cours du dernier siècle (Lacs Marion, d'Entressen, de Nantua, ...) et d'autres lacs (Lacs de Barterand, de Paladru, de Narlay, ...) ou avec une modification de leur fonctionnement seulement au cours du dernier siècle (Lacs Marion, d'Entressen, de Nantua, ...) caractérisés par un dysfonctionnement visiblement installé plus anciennement. Des prélèvements sédimentaires ainsi que des données sédimentologiques (XRF) et chronologiques (datations <sup>210</sup>Pb, <sup>137</sup>Cs) sont déjà en partie disponibles pour certains de ces 55 lacs. Il s'agira donc de produire pour 10 lacs sélectionnés une couverture chronologique plus complète (sur un pas de temps de 4000 ans) avec une approche multi-paramètres (quantifications de pigments, de différents groupes algaux via l'ADN, de marqueurs d'activités pastorales via l'ADN, ...).

Les différentes méthodes et protocoles analytiques envisagés (ADN sédimentaire, ...) ont été précédemment validés dans le cadre de diverses publications scientifiques (Guilizzoni et al, 2010 ; Savichtcheva et al, 2011 ; Domaizon et al, 2013, in press ; Hillbrand et al, 2014 ; Etienne et al, 2015 ; Belle et al, 2016 ; Capo et al 2016 ; Doyen & Etienne, in press). Ce projet

s'appuiera sur des plateaux analytiques (salles équipées pour l'étude de l'ADN ancien) regroupant personnels techniques dédiés et outils analytiques adaptés, développés depuis plusieurs années au sein de l'UMR CARTEL à Thonon-les-Bains (Plateau Biodiversité & Biologie moléculaire) et sur la plateforme ANABM (ANALYSE EN BIOLOGIE MOLÉCULAIRE) de l'USMB. De plus, les **collaborations initiées depuis plusieurs années dans le cadre de projets pluridisciplinaires** avec des spécialistes en paléo-limnologie (Chrono-Environnement, LMGE) et en sédimentologie (EDYTEM) sont un atout du projet et permettront éventuellement d'envisager des solutions techniques et analytique complémentaires. A noter que **le candidat bénéficiera également d'un réseau de collaborations internationales** déjà constitué sur les approches paléo-limnologique et les applications des outils ADN en paléo-limnologie (Univ. Mc Gill, G. Eaves ; Univ. Umea, C. Bigler, en particulier). Des séjours à l'étranger pourront être planifiés pour le doctorant dans ce cadre partenarial.

**Coût de fonctionnement :** le coût analytique à prévoir concerne en grande partie les analyses moléculaires qu'il s'agisse des extractions ADN (maximum 500 échantillons : 1800 €) des PCR quantitatives (groupes algues, poissons, contaminations fécales : 6000 €) ainsi que les autres consommables et réactifs (1200 €), soit environ 9000 € au total. Un coût complémentaire pour assurer le contrôle chronologique des enregistrements sédimentaires par des mesures de radioéléments (700 € par séquence) et de datations radiocarbone (350 € par date) est également à envisager (environ 7000 € au total). Ce budget peut être couvert au moins en moitié par les budgets de recherche des co-encadrants, néanmoins des sources de financements complémentaires seront sollicitées en 2017 ; il s'agit (i) du programme INSU EC2CO, (ii) du soutien de la ZAA dans le cadre du projet « plateforme sentinelle » en cours de montage (portage ZAA, coordination ASTERS/Réseau Lacs sentinelles, financement ONEMA/AFB) qui concernera notamment des projets de recherche en paléo-limnologie sur les lacs de montagne et d'altitude, (iii) des financements du CEN-Ain actuellement sollicité pour soutenir en 2018 des études paléo-limnologiques sur plusieurs lacs sous leur gestion.

**Planning prévisionnel :** à noter qu'une partie des analyses envisagées dans le cadre de ce projet de recherche (macro-restes/pollens, chironomes) ne seront pas assurées par le doctorant.

	1 <sup>ère</sup> année												2 <sup>ème</sup> année												3 <sup>ème</sup> année											
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
Bibliographie, ajustement des objectifs, et acquisition des méthodes analytiques	█																																			
Sélection des sites (maximum 10 lacs)	█																																			
Sous échantillonnage des carottes sédimentaires déjà disponibles	█																																			
Extractions ADN *	█												█																							
Analyses q PCR cibles "micro-algues", "contaminations fécales", "poissons"	█												█																							
Analyses des pigments *	█												█																							
Analyses des macro-restes / Pollens **	█												█												█											
Analyses des Chironomideae **	█												█												█											
Analyses complémentaires (datation des séquences)	█												█																							
Traitement analyses des données	█												█												█											
Participation à des colloques													█												█											
Valorisation / Publications													█												█											
Comité de thèse													█												█											

\* Appui des plateaux techniques pour une partie des analyses

\*\* Analyses non réalisées par le doctorant

### Références :

- Alric B et al (2013) Local forcings affect the vulnerability and responses of lake food webs to climate warming. *Ecology* 94: 2767-2780.
- Belle B, **Millet L**, Verneaux V, Lami A, **Etienne D**, et al (2016) 20th century human pressures drive reductions in deepwater oxygen leading to losses of benthic methane-based food webs. *Quat Sci Rev* 137: 209-220.
- Büntgen U et al (2011) 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science* 331: 578-582.
- Capo E, Debroas D, Arnaud F, Guillemot T, Bichet V, **Millet L**, Gauthier E, Massa C, Develle AL, Pignol C, Lejzerowicz F, **Domaizon I** (2016) Long-term dynamics in microbial eukaryotes communities: a palaeolimnological view based on sedimentary DNA. *Mol Ecol* 25: 5925-5943.
- Davidson TA, Jeppesen E (2013) The role of palaeolimnology in assessing eutrophication and its impact on lakes. *J Paleolimnol* 49: 391-410.
- **Domaizon I** et al (2013) DNA from lake sediments reveals the long-term dynamics and diversity of *Synechococcus* assemblages. *Biogeosciences* 10: 3817-3838.
- **Domaizon I** et al (in press) DNA-based methods in paleolimnology: new opportunities for investigating long-term dynamics of lacustrine biodiversity. *J Paleolimnol*
- Doyen E et al (2013) Land-use changes and environmental dynamics in the upper Rhone valley since Neolithic times inferred from sediments in Lac Moras. *Holocene* 23: 961-973.
- Doyen E, **Etienne D** (in press) Ecological and human land-use indicator value of fungal spore morphotypes and assemblages. *Veg Hist Archaeobot*

- **Etienne D** et al (2015) Two thousand-year reconstruction of livestock production intensity in France using sediment-archived fecal Bacteroidales and source-specific mitochondrial markers. *Holocene* 25: 1384-1393.
- Frossard V, **Millet L** et al (2013) Chironomid assemblages in cores from multiple water depths reflect oxygen-driven changes in a deep French lake over the last 150 years. *J Paleolimnol* 50: 257-273.
- Guilizzoni P et al (2010) Use of sedimentary pigments to infer past phosphorus concentration in lakes. *J Paleolimnol* 45: 433-445.
- Hillbrand M et al (2014) Non-pollen palynomorphs show human- and livestock-induced eutrophication of Lake Nussbaumersee (Thurgau, Switzerland) since Neolithic times (3840 BC). *Holocene* 24: 559-568.
- Jenny JP et al (2013) A spatiotemporal investigation of varved sediments highlights the dynamics of hypolimnetic hypoxia in a large hard-water lake over the last 150 years. *Limnol Oceanogr* 58: 1395-1408.
- Jenny JP et al (2015) Global spread of hypoxia in freshwater ecosystems during the last three centuries is caused by rising local human pressure. *Glob Change Biol* 22: 1481-1489.
- Randsalu-Wendrup L et al (2016) Paleolimnological records of regime shifts in lakes in response to climate change and anthropogenic activities. *J Paleolimnol* 56: 1-14.
- Savichtcheva O et al (2011) Quantitative PCR Enumeration of Total/Toxic *Planktothrix rubescens* and Total Cyanobacteria in Preserved DNA Isolated from Lake Sediments. *Applied Environ Microbiol* 77: 8744.
- Scheffer M et al (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.
- van Nes EH et al (2016) What Do You Mean, "Tipping Point"? *Trends Ecol Evol* 31: 902-904.

## 6. CANDIDAT RECHERCHE :

### Le candidat devra :

- posséder une solide formation en écologie aquatique et écologie théorique
- de démontrer un intérêt pour les approches paléo-limnologiques, ainsi qu'une capacité d'appréhender les analyses de données à travers l'utilisation de modèles statistiques
- la connaissance des outils moléculaires serait un plus mais n'est pas rédhibitoire (le laboratoire d'accueil pouvant assurer la formation nécessaire aux travaux de thèse)
- faire état d'une grande curiosité scientifique afin d'appréhender l'aspect pluridisciplinaire du sujet
- présenter de très bons résultats universitaires

**7. FINANCEMENT DE LA THESE :** *Le contrat doctoral fixe une rémunération minimale, indexée sur l'évolution des rémunérations de la fonction publique : depuis le 1er février 2017, elle s'élève à **1768,55 euros bruts mensuels** pour une activité de recherche seule. Un avenant attributif d'une mission complémentaire d'enseignement est possible pour une durée de 2 ans. Sous réserve de la publication de l'arrêté fixant le taux de rémunération des heures complémentaires, la rémunération mensuelle sera de 220, 80 euros bruts pour 64 heures ETD par année universitaire.*

## 8. CONTACT :

Nom prénom : ETIENNE David

Tél : 04 79 75 86 37

Email : david.etienne@univ-savoie.fr