

INTERREG V A FRANCE-SUISSE 2014-2020

(2014 - 2020)

Axe prioritaire-Priorité d'investissement-Objectif spécifique 2-1-2

AXE 2 : Protéger et valoriser le patrimoine naturel et culturel

6.c En conservant, protégeant, favorisant et développant le patrimoine naturel et culturel

OS 4 = Préserver et restaurer les écosystèmes fragilisés de l'espace transfrontalier

SYNAQUA

(Ref : 2369 / 2016-36)

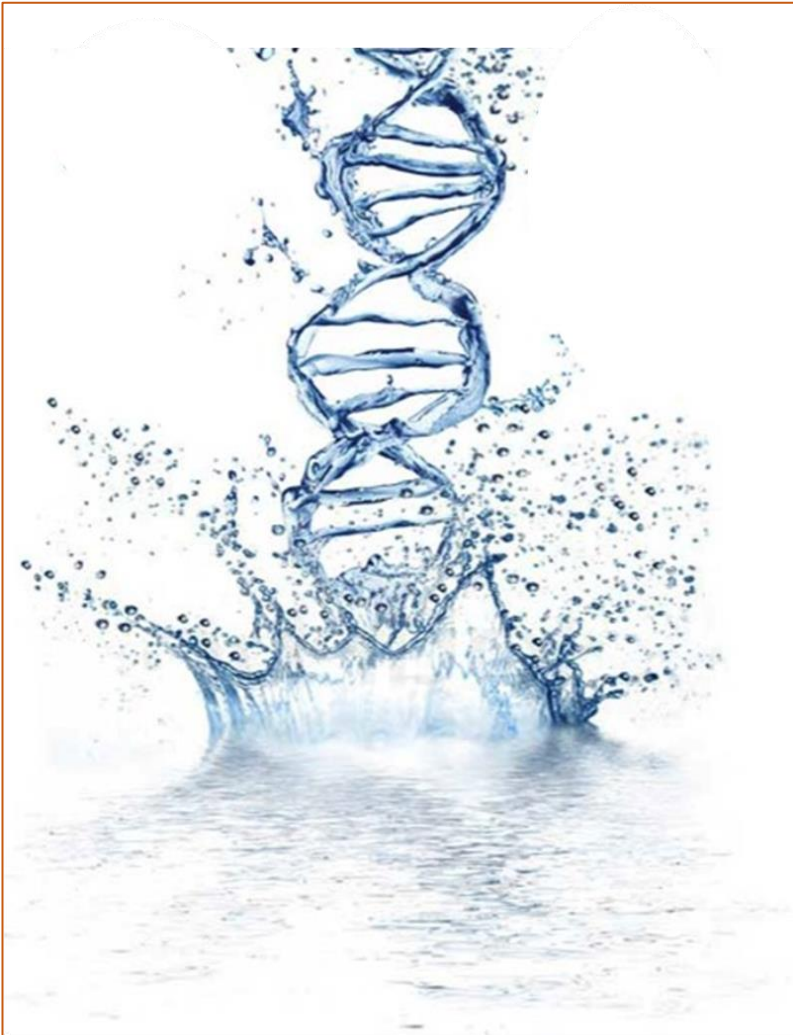
SYNérgie transfrontalière pour la bio-surveillance et la préservation des écosystèmes AQUAtiques

LIVRABLE 39636

WP2.3. : Etude de valorisation

Responsables : ID-Gene ecodiagnosics





SYNAQUA

Investir dans le futur

RESUME

Synergie transfrontalière pour la bio-surveillance et préservation des systèmes aquatiques : indices moléculaires de diatomées et oligochètes

A Pawlowska, A.Cordonier,
L.Apothéloz-Perret-Gentil,
B.Ferrari, R.Vivien, C. Pinel
Étude de valorisation

Table des matières

Introduction - enjeux environnementaux, sociologiques et technologiques	6
Biosurveillance en Suisse	7
Les indices biologiques dans le Système modulaire gradué	8
Présentation de technologie.....	8
Indice Moléculaire Diatomées.....	9
Indices Moléculaires Oligochètes (lacs et cours d'eau).....	10
Proposition de valeur.....	11
ID-Gene - analyse forces/faiblesses	12
Compétition et collaboration	13
Positionnement par rapport aux bureaux d'études	13
Segment de la clientèle publique et relations à mettre en place	14
Actions destinées à promouvoir les indices moléculaires en Suisse	16
Ressources nécessaires à la commercialisation.....	17
Gestion des ressources en phase de croissance	18
Protection des IPs des partenaires	18
Gestion des risques (réglementaires, techniques, humaines)	19
Potentiel d'exportation de la technologie en Europe.....	19
CONCLUSION	20
Bibliographie.....	21

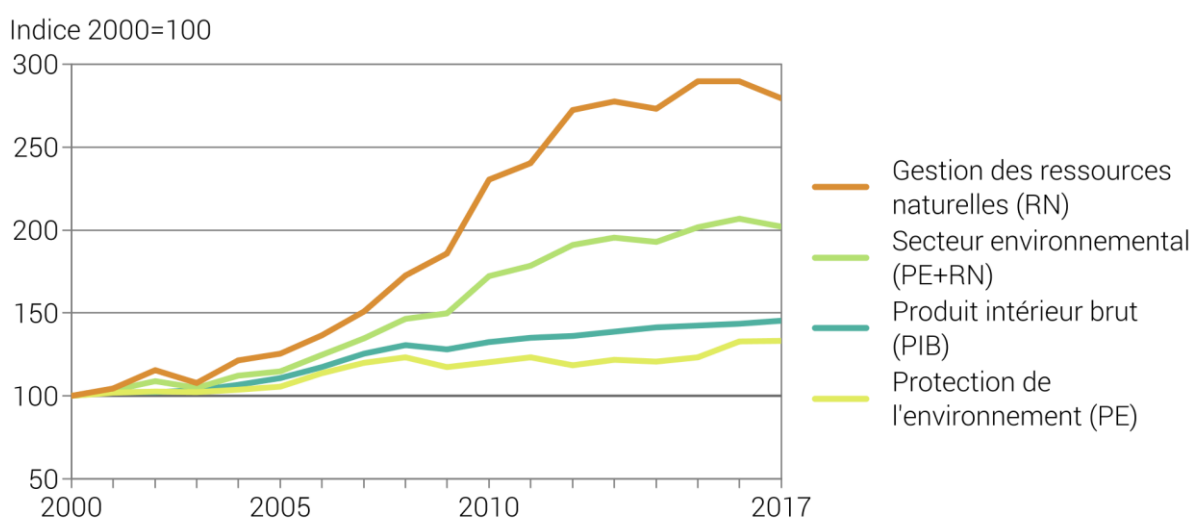
Introduction - enjeux environnementaux, sociologiques et technologiques

Le développement durable, l'écologie, la protection de l'environnement deviennent des thèmes fondamentaux de notre société. La prise de conscience est telle que les jeunes générations manifestent en Europe aujourd'hui pour « Sauver le Climat ». Le Rapport d'IPBES (2019) dresse un constat préoccupant de l'état de biodiversité dans le monde et propose des mesures concrètes pour améliorer la situation. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OECD) lors de la récente réunion G7 en mai 2019 a encouragé les états membres et les acteurs économiques à accroître les financements en faveur de la biodiversité. L'examen périodique des performances environnementales de la Suisse publié par l'OECD fin 2017 recommande meilleure surveillance des petits cours d'eau en particulier. Face à cette prise de conscience et face à l'urgence environnementale, les autorités publiques font des efforts financiers et la dépense publique destinée à la protection de l'environnement augmente fortement. Le canton de Genève dans sa Stratégie pour la Biodiversité 2030 (2018) préconise activation de Fonds en faveur de la biodiversité. Une motion dans ce sens a été déposée au Grand Conseil en avril 2019.

Le secteur de gestion de l'environnement en Suisse est en constante progression

Selon les estimations de l'Office fédéral des statistiques en 2016 les dépenses en matière de protection de l'environnement se sont élevées à 11,4 milliards de francs, soit 1,7% du produit intérieur brut (PIB) en 2016. Elles ont augmenté de 5% depuis 2008. Les deux tiers ont été consacrés à la gestion des déchets et des eaux usées. Les dépenses globales dans ces deux domaines ont reculé de 5%. A l'inverse, la dépense dans les autres domaines a augmenté de 34%. En 2016, la dépense de protection des sols et des eaux s'élevait à 1,2 milliard de franc (+67% par rapport à 2008), celle de protection de la biodiversité et des paysages à 0,6 milliard de francs (+73%) et celle de protection de l'air et du climat à 0,4 milliard de francs (+5%).

Valeur ajoutée du secteur environnemental par rapport au PIB



2017: provisoire

Source: OFS – Comptabilité environnementale, Comptes nationaux

© OFS 2018

La valeur ajoutée du marché de l'environnement a augmenté de 30% entre 2008 et 2016. Elle est passée de 16,3 à 21,3 milliards de francs, soit de 2,7% à 3,2% du produit intérieur brut (PIB).

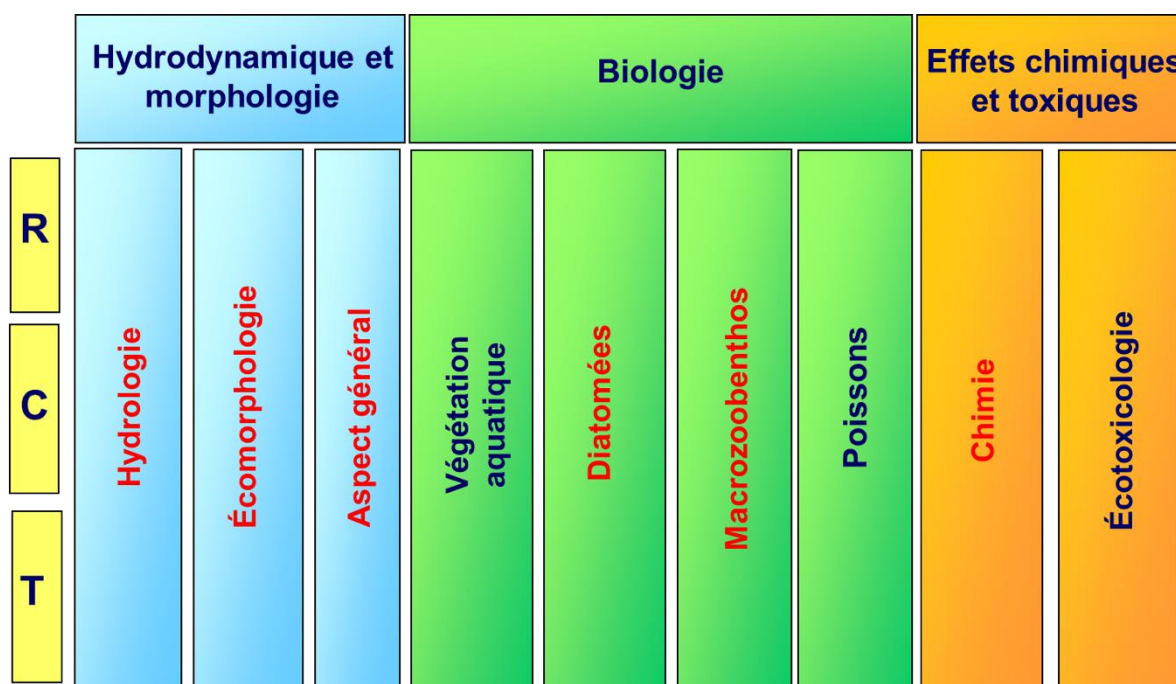
En 2016, le secteur environnemental occupait 150'200 équivalents plein temps (110'700 en 2008), soit 3,8% de l'emploi total (3% en 2008). Dans la protection de la biodiversité et des paysages, la valeur ajoutée s'élevait à près de 0,4 milliard de francs en 2016 (+81%) et l'emploi à 5'400 équivalents plein temps (+92%). (source OFS, 2017)

Biosurveillance en Suisse

Depuis 1991, la protection des eaux en Suisse est régie par la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux, du 24 janvier 1991) qui vise la protection globale des systèmes aquatiques. Elle est articulée par l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, 28 octobre 1998) qui introduit pour la première fois dans la législation les objectifs écologiques : les communautés animales, végétales et de micro-organismes (biocénoses) des eaux superficielles et de l'environnement qu'elles influencent doivent :

- a. être d'aspect naturel et typiques de la station, et pouvoir se reproduire et se réguler d'elles-mêmes;
- b. présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques à chaque type d'eau peu ou non polluée.

Pour pouvoir contrôler et mettre en œuvre les normes légales, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en collaboration avec l'EAWAG et les services cantonaux a développé à partir de la fin des années '90 des méthodes permettant d'examiner et d'évaluer l'état des eaux superficielles en Suisse. Le set de méthodes, qui est par ailleurs, continuellement enrichi avec des nouveaux modules, est appelé Le Système modulaire gradué et il fournit aux autorités et aux gestionnaires une appréciation standardisée et unifiée des écosystèmes dans tout le pays. Les différentes méthodes sont harmonisées mais chaque module peut être utilisé séparément, le système garantissant que les relevés restent comparables.



Les indices biologiques dans le Système modulaire gradué

La loi accorde une grande importance à la sauvegarde des eaux en tant que biotopes pour les plantes et les animaux aquatiques. La mesure de la qualité de l'eau des rivières comporte plusieurs volets : mesures hydrologiques, biologiques et ecotoxicologiques. Le peuplement d'un cours d'eau est ainsi directement lié à la qualité des paramètres qui le caractérisent (température, pente, dureté, oxygène dissous, habitat,...), à l'hydrologie et à des paramètres résultant de l'impact de l'activité humaine (pollution, -artificialisation). Ainsi, l'étude des différents organismes aquatiques permet de déterminer la qualité de l'eau et l'état de santé global du cours d'eau. On parle **d'indices biologiques**. Complémentaires aux analyses physico-chimiques instantanées, l'étude des écosystèmes aquatiques permet d'évaluer l'effet des perturbations d'origine humaine au travers de ces indices biologiques. Plusieurs communautés vivantes servent à calculer les différents indices biologiques. Chacun d'eux apporte des informations spécifiques et complémentaires. Les espèces étudiées dans le cadre de ces indices sont notamment les plantes aquatiques, les diatomées, les macroinvertébrés et les poissons. Les diatomées se prêtent comme bioindicateurs parce qu'elles se rencontrent toute l'année dans tous les cours d'eau, qu'elles sont très sensibles aux changements environnementaux et que leur étude au moyen de méthodes répandues donne des résultats fiables. La composition du peuplement de diatomées dépend fortement de la qualité de l'eau. En cas de pollution chimique, le spectre des espèces se déplace en direction des espèces tolérantes. Un indice des diatomées spécifique à la Suisse (DI-CH) est utilisé depuis 2007.

Présentation de technologie

Cependant dans le domaine de la protection de l'environnement aussi, l'avènement des nouvelles technologies bouleverse, depuis quelques années, le monitoring de la biodiversité et l'évaluation de la qualité biologique des écosystèmes. En effet l'identification des communautés d'organismes vivants en milieu aquatique est aujourd'hui révolutionnée par les techniques de l'ADN environnemental (ADNe). Balbutiant il y a encore cinq ans, ce domaine connaît une véritable explosion avec quelque 170 articles publiés au cours des cinq premiers mois de 2018 contre 20 pour toute l'année 2013. Le développement rapide des méthodes de l'ADN environnemental et la vulgarisation des techniques de monitoring permettent d'offrir ainsi des méthodes innovantes aux experts de la biodiversité tout en préservant l'habitat et les organismes (méthodes non destructives).

Les premiers protocoles impliquant de l'ADN environnemental sont apparus en 1987. Ces premières études visaient à extraire l'ADN de tous les organismes présents dans un écosystème donné. L'objectif est le plus souvent l'identification des espèces présentes dans un habitat ou la mesure de la qualité du milieu donné (eau, sol, sédiment). La méthode la plus utilisée actuellement pour détecter la présence d'une ou plusieurs espèces dans des échantillons d'ADN environnementaux se base sur l'amplification d'un fragment de l'ADN des espèces ciblées par PCR (Polymerase Chain Reaction). Ce fragment est choisi spécifiquement pour que sa séquence permette la différenciation et l'identification jusqu'au niveau de l'espèce des différents organismes d'intérêt. En d'autres termes, ce fragment fait office de code-barre génétique qui permettra, après séquençage de l'ADN, une identification à l'espèce.

Quand plusieurs espèces sont ciblées, comme c'est de cas dans les études de bioindication, l'amplification suivi du séquençage d'une mixture de ces code-barres génétiques provenant d'un seul échantillon d'ADN environnemental s'appelle **le metabarcoding**. Cette méthode permet donc l'identification en une seule fois de toutes les espèces présentes dans un échantillon d'eau, de sédiment ou de sol.

Les contraintes liées à cette méthode sont d'une part l'hétérogénéité des extractions avec la possibilité de trouver l'ADN très dilué et dégradé tout autant que l'ADN de haute qualité ; de plus, les protocoles d'étude n'étant pas encore standardisés, les résultats peuvent être variables et altérés selon la technique utilisée. Le champ d'étude est donc vaste : les méthodes sont encore à valider pour un certain nombre de groupes taxonomiques et une meilleure compréhension des facteurs affectant la dispersion de l'ADN environnemental et sa persistance est nécessaire.

Ainsi, ID-Gene en collaboration avec les partenaires a développé un outil spécifique permettant de mesurer la qualité biologique des cours d'eau en proposant aux professionnels deux outils, l'un basé sur l'étude des communautés de diatomées et l'autre sur les oligochètes, vers annélides présents dans les sédiments.

	Classique	Moléculaire
Echantillonnage	pareil	pareil
Traitement des échantillons	manuel	automatisé (au moins partiellement)
Identification d'espèces	au microscope - basé sur l'expertise taxonomique personnelle	en comparant les séquences ADN par un logiciel
Analyse des données	manuel (au moins en partie)	automatisé en utilisant un logiciel
Temps d'analyse	50 jours / 100 échant. (diatomées)	7 jours / 100 échant. (diatomées)
Coûts	400 – 500 frs (diat) 1000 – 1200 frs (oligo)	200 – 300 frs (diat) 300 – 600 frs (oligo)

Indice Moléculaire Diatomées

A l'heure actuelle, la surveillance et l'évaluation de la qualité biologique sont essentiellement basées sur l'identification morphologique des taxons indicateurs. Cependant, dans le cas des diatomées, l'identification au niveau espèce est une étape qui nécessite beaucoup de temps et d'expertise, ce qui n'est pas toujours possible.



Ces facteurs limitant contrastent avec la nécessité d'une évaluation rapide de la qualité des cours d'eau dans le cadre, par exemple, d'une gestion de routine. L'Indice Moléculaire Diatomées permet d'évaluer le statut écologique des eaux de rivière directement à partir des données ADN de séquençage à haut-débit. Cette méthode permet de traiter un grand nombre d'échantillons dans un laps de temps restreint. Les différentes espèces de diatomées ont été identifiées au préalable morphologiquement et séquencées afin de constituer une base de référence. Les échantillons de différents statuts de qualité écologique connus ont été analysés en parallèle par microscopie et par séquençage d'ADN afin de comparer la composition des communautés des diatomées obtenues par les deux méthodes. La combinaison de ces informations a permis de constituer un système de référence avec les données de chaque échantillon. Un modèle prédictif a ensuite été élaboré en utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique. Ce modèle est affiné et validé au fur et à mesure en incluant de nouveaux échantillons de référence au jeu de données existant.

Indices Moléculaires Oligochètes (lacs et cours d'eau)

Des indices oligochètes permettant d'évaluer la qualité biologique des sédiments des cours d'eau et des lacs sont appliqués en Suisse depuis une décennie pour les cours d'eau et plusieurs décennies pour les lacs. Ces indices reposent sur une identification morphologique des spécimens, ce qui constitue un obstacle pour une large utilisation de ce groupe taxonomique pour évaluer la qualité des milieux.

Deux approches moléculaires différentes ont été développées dans le cadre du projet SYNAQUA. La première est basée sur le séquençage par spécimen (utilisation de primers COI marqués génétiquement et du séquençage à haut débit). Elle présente l'avantage de déterminer les abondances absolues des espèces sur un site. La seconde est basée sur l'analyse directe du sédiment total (ADN environnemental).

La méthode basée sur le séquençage par spécimen a été validée dans le cadre du projet. Elle a été appliquée sur 13 sites de cours d'eau et 7 sites de lac. Brièvement, 33 spécimens par site et deux fois 33 spécimens ont été séquencés respectivement sur 11 sites et sur 9 sites. Au niveau de tous les sites étudiés (cours d'eau et lac), les diagnostics de qualité biologique établis avec les approches morphologiques et moléculaires étaient concordants. De plus, les résultats ont montré que le séquençage de 33 spécimens par site était suffisant pour une évaluation correcte de la qualité biologique des sédiments. Les perspectives sont d'affiner la mise au point de l'approche pour la rendre directement applicable en routine et de rédiger un guide méthodologique.

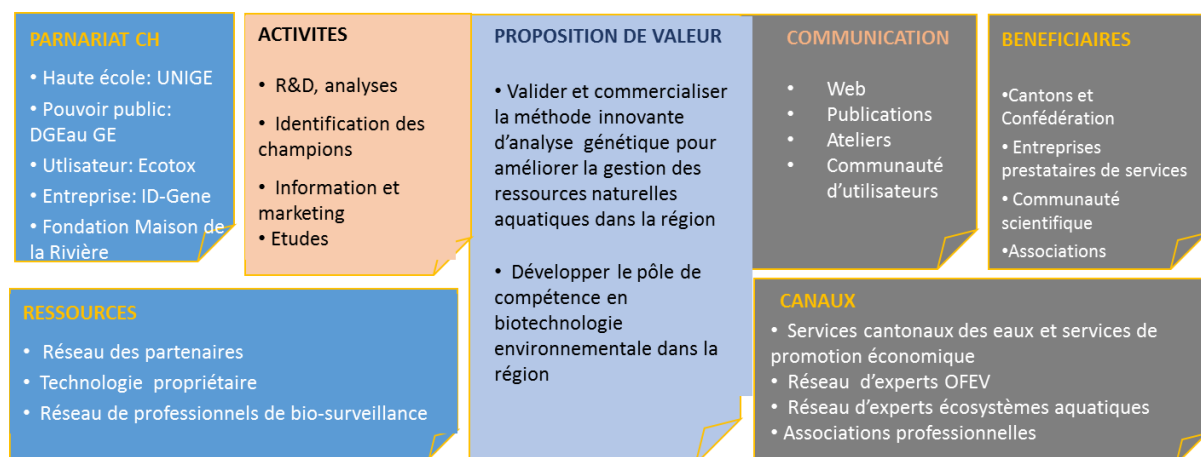
Les méthodes d'analyse du sédiment total ont été testées en utilisant deux marqueurs différents, cytochrome c oxydase (COI) et ADNr 16S. Les primers utilisés de COI étaient spécifiques de l'ensemble des métazoaires alors que ceux de 16S amplifiaient surtout l'ADN des annélides. Ces méthodes ont été appliquées sur 10 sites de cours d'eau et 7 sites de lac. Globalement, des différences significatives ont été obtenues entre les analyses morphologique et moléculaires (COI et 16S) concernant la présence/absence de taxons et les abondances des taxons. Concernant les cours d'eau, le calcul de

l'indice a pu être adapté pour atténuer l'impact de ces différences/biais, ce qui a permis d'obtenir avec l'analyse moléculaire (COI et 16S) des résultats concordants avec ceux de l'analyse morphologique et/ou ceux de la physico-chimie des sédiments. Concernant l'analyse des sédiments lacustres, la qualité biologique établie sur la base de l'analyse morphologique et moléculaire était discordante sur une partie des sites. Les perspectives sont de continuer à tester ces marqueurs et primers et de développer de nouveaux primers n'amplifiant que l'ADN des oligochètes. Parallèlement, l'approche machine learning, ne nécessitant pas l'assignation des séquences obtenues, sera testée.

En plus de ces approches, la base de données de référence du code-barres COI des oligochètes, initiée en 2012, a été complétée, et une nouvelle base suisse de données de référence du code-barres ADNr 16S a été créée en utilisant les extraits d'ADN de notre collection.

Le séquençage fournit à la fois une valeur d'indice correspondant au statut écologique et la liste détaillée d'espèces pour chaque échantillon. Plusieurs études démontrent que l'analyse de l'ADN des diatomées en particulier, se révèle une alternative intéressante à l'analyse morphologique, en fournissant les valeurs d'indices très similaires à celles obtenues à partir des données morphologiques. Les principaux avantages sont une amélioration de la sensibilité et de la précision et une plus grande facilité d'utilisation. L'expertise d>ID-Gene ecodiagnosics permet ainsi d'évaluer la qualité des eaux de rivières via des analyses génétiques des populations de diatomées et d'oligochètes.

Proposition de valeur



La société ID-Gene ecodiagnosics a initié le projet **SYNAQUA** (Synergie Transfrontalière pour la biosurveillance et la préservation des écosystèmes aquatiques) soutenu dans le cadre du programme européen de coopération transfrontalière France Suisse INTERREG (2014-2020), pour développer les indices génétiques basés sur l'analyse d'ADN des diatomées et d'oligochètes. Le projet visait à moderniser les outils actuels en mettant au point une technologie génétique de pointe pour évaluer la biodiversité et la qualité biologique des cours d'eau et des lacs, afin de proposer aux professionnels deux outils génétiques inédits. Elle a collaboré au sein du projet avec les partenaires scientifiques : Université de Genève (UNIGE, CH), Institut national de la Recherche Agronomique (INRA, F), Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée (Centre Ecotox, CH). Elle a collaboré également avec les partenaires provenant de la société civile : Fondation La Maison de la Rivière (CH), Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie ASTERS (F).

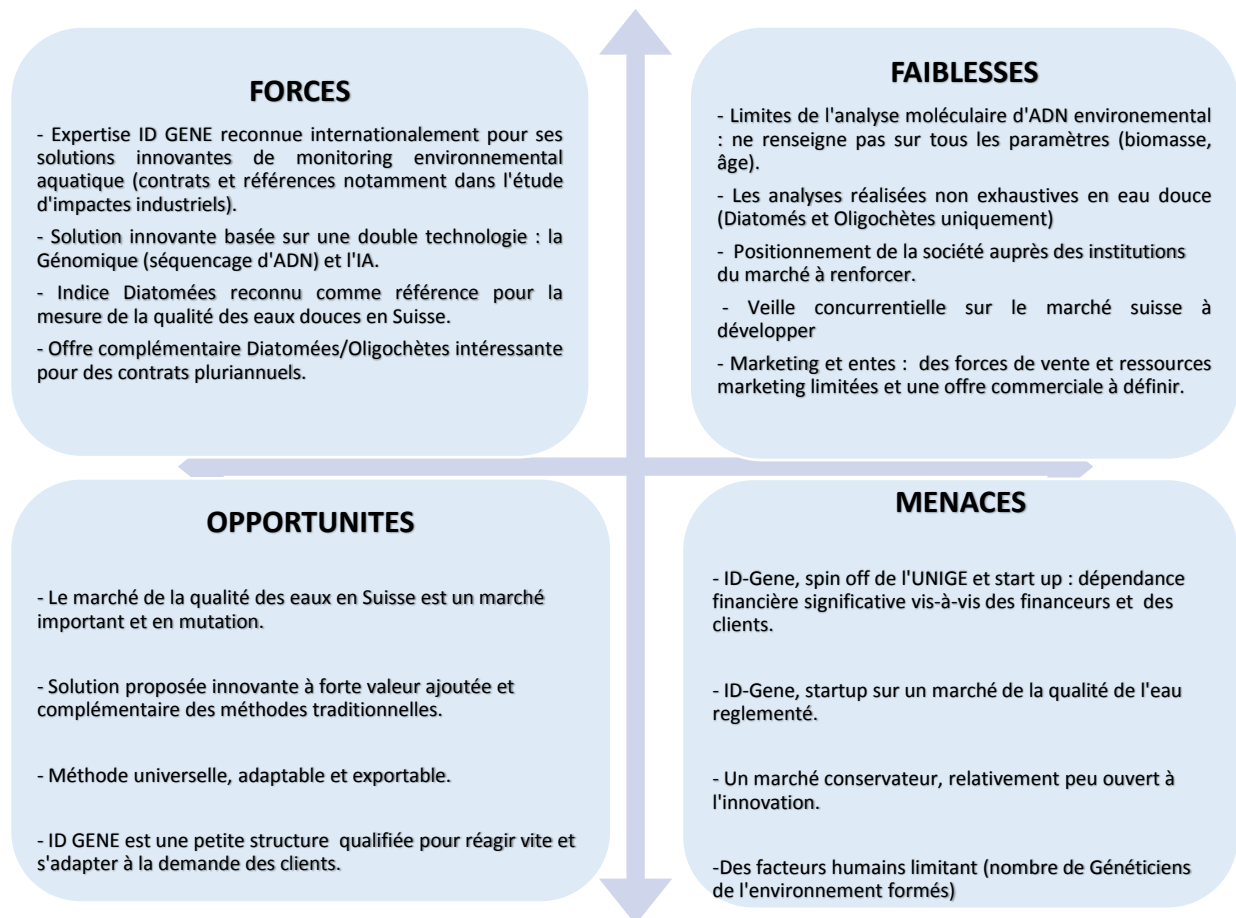
L'expertise complémentaire des généticiens et des spécialistes en gestion de l'environnement réunis a permis de comparer ces deux approches, et de démontrer la validité des nouveaux indices. Ce travail de longue haleine intéresse également aujourd'hui l'Office fédéral de l'environnement (**OFEV**) qui, dans le cadre du programme NAWA, participe au développement de l'indice moléculaire des diatomées en Suisse.

Outre les acteurs académiques impliqués dans la recherche, comme l'UNIGE ou l'EAWAG, ID-Gene peut ainsi compter sur le soutien de l'OFEV garant de la qualité de l'eau et de sa gestion en Suisse. L'OFEV collabore aussi avec les Cantons dans la protection de l'environnement.

ID-Gene ecodiagnosics possède une expertise internationale dans l'étude des écosystèmes aquatiques basée sur la **génétique environnementale, le séquençage haut débit de l'ADN et la bioinformatique**. Son expertise est triple :

- Etudes d'impact environnemental en milieu marin et d'eau douce (bioassessment) basées sur le séquençage haut débit et les méthodes d'apprentissage automatique (IA),
- Inventaire de la biodiversité (séquençage haut débit pour identifier des communautés d'animaux, plantes et microorganismes présents en milieu aquatique),
- Détection d'espèces protégées/rares/criptiques/invasives ou réintroduites

ID-Gene - analyse forces/faiblesses

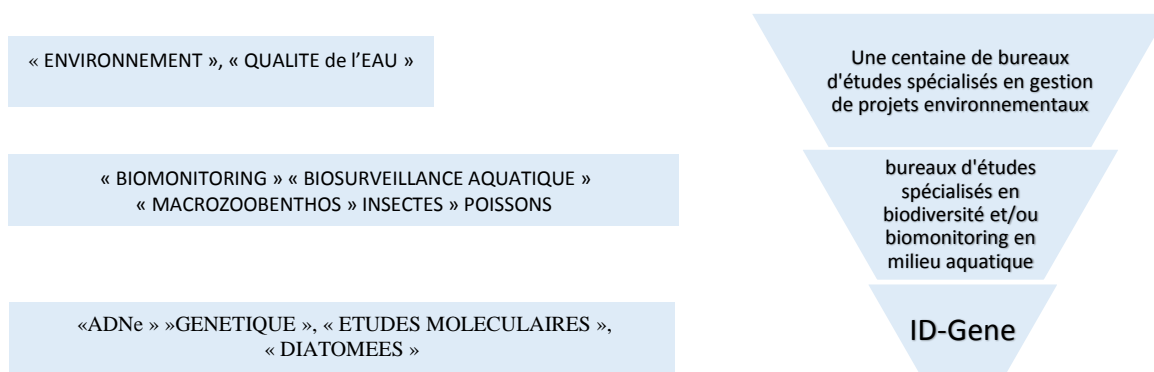


Compétition et collaboration

Selon l'Association suisse des professionnels de l'environnement (SVU/ASEP), on recense une centaine de bureaux d'études dans le domaine de la gestion de l'eau en Suisse. Un grand nombre de ces bureaux d'études réalisent des études d'impact environnemental ou revitalisation des cours d'eau ou encore des projets hydrauliques.

Les bureaux ont fait preuve de flexibilité et s'engagent de manière très active à la formation aux nouvelles méthodes. La preuve en est la très forte fréquentation des cours spécialisés en méthodes moléculaires organisés par l'EAWAG et le Centre Ecotox. Toutefois l'intérêt croissant de professionnels ne se traduit pas directement par l'augmentation de l'offre. La filière moléculaire est encore très peu développée et concerne en premier lieu la détection des espèces emblématiques (tritons, poissons) dont l'intérêt principal porte sur les mesures de conservation. Dans de rares cas où les analyses sont proposées, les bureaux se chargent de l'échantillonnage, tandis que le travail de laboratoire et l'analyse bio-informatiques de données sont sous-traités, parfois à l'étranger. Ainsi certains professionnels en Suisse romande travaillent en collaboration avec une société française.

Une contrainte supplémentaire est la fragmentation du marché et l'hétérogénéité des services proposés par les bureaux d'études qui favorisent le modèle plurifonctionnel. Les analyses moléculaires demandent des investissements conséquents que seraient difficile d'amortir dans le cadre d'une société d'envergure locale ou régionale.



L'offre de services d'ID-GENE sur le marché des eaux douces est UNIQUE. Son expertise dans l'évaluation d'un écosystème aquatique grâce à des outils génomiques est COMPLEMENTAIRE de celle de bureaux d'études, réalisant des projets environnementaux. L'offre s'inscrit comme outil innovant, dans l'évaluation du statut écologique d'une rivière ou d'un cours d'eau.

Positionnement par rapport aux bureaux d'études

Travailler avec ID-Gene est une opportunité unique pour les bureaux d'études de découvrir et tester les technologies innovantes, tout en garantissant un résultat fiable de qualité, dans la phase d'évaluation de leurs projets environnementaux. La solution ID-Gene s'inscrit aussi par exemple dans le cadre d'un projet hydraulique d'envergure, comme phase préalable d'évaluation du projet. Exemples de projets sur lesquels une collaboration est envisageable :

- Bio-surveillance à l'aide d'indices biologiques ;
- Projets comprenant une étude d'impact environnemental notamment l'étude des eaux superficielles et de l'écosystème aquatique ;
- Aménagement de cours d'eau et projets hydrauliques ;
- Renaturation de cours d'eaux et protection contre les crues ;
- Études environnementales et Suivi Environnemental de Réalisation (SER) ;
- Suivi environnemental, écologique et pédologique.

Partenaires privés privilégiés pour ID-Gene :

ID-Gene a travaillé avec un certain nombre de cantons mais aussi de sociétés privées dans le cadre de projets pour la détection d'espèces invasives ou de la bio-surveillance. Citons AQUAPLUS notamment, experts en diatomées et LIFESCIENCES à Bâle dans la détection d'espèces re-introduites.

Actions à mettre en place auprès de partenaires privés :

1. Formation

Le 3 juin 2019, les partenaires du projet SYNAQUA organisent *La Journée de l'ADN environnemental* hébergée au sein de l'UNIGE. L'audience-cible de la réunion sont les experts scientifiques, biologistes de l'eau, ingénieurs mais aussi professionnels engagés dans les projets environnementaux.

Les objectifs de cette Journée sont multiples :

- Susciter **l'intérêt pour l'ADN environnemental** (identification rapide et à faible coût de l'ensemble des espèces présentes dans un échantillon d'eau ou de sédiment prélevé in situ).
- Démontrer les **avantages des indices biologiques** (pas besoin de microscope) versus les méthodes traditionnelles dans le cadre de projets environnementaux (**rapidité**).
- **Améliorer la notoriété et la visibilité d'ID-Gene** auprès des partenaires.
- Démontrer **l'intérêt de travailler avec ID-Gene** sur des projets environnementaux.

Un questionnaire de satisfaction sera diffusé aux participants en fin de la Journée renseignant sur les projets pour lesquels une collaboration serait possible. Inclure une question comme : « *Quels sont vos projets en cours ou à venir pour lesquelles ces techniques d'ADN environnemental pourraient s'appliquer ?* »

2. Suivi de la Journée de l'ADN environnemental

Une relation de partenariat est basée sur une collaboration à moyen/long terme. Ainsi monter en parallèle des groupes de travail constitués d'experts permettrait de renforcer la collaboration. Les sujets de ces groupes de travail sont la bio-indication de routine ou encore les méthodes génomiques appliqués à d'autres thématiques comme p.ex. biologie de conservation. Les thèmes pourront être déclinés en sous thèmes dans les mois à venir. Les groupes de travail permettent ainsi de constituer un réseau d'experts qui sera coordonné par ID-Gene, réseau qui servira **de vecteur de promotion pour les outils** moléculaires.

Segment de la clientèle publique et relations à mettre en place

Si nous considérons qu'il y a 26 cantons comprenant chacun au moins un service, bureau ou direction chargés de la protection et de la gestion des eaux de rivière et pour lesquels en moyenne 3 personnes

travaillent, cela fait potentiellement environ 80 prospects. A ceux-ci, il faut ajouter tous les interlocuteurs des organismes fédéraux OFEV, EAWAG, Plateforme VSA, Centre Ecotox, Instituts de recherche, Hautes écoles, associations de protection de la nature comme p.ex. KARCH. Nous pouvons donc estimer un nombre d'interlocuteurs potentiels pour les marchés publics de l'eau douce en Suisse au minimum d'une centaine de personnes. Il est important de participer à des journées d'échanges avec les professionnels telle que celle du PEAK à Zurich le 8 avril 2019 : ces journées ont été des moments privilégiés pour rencontrer les experts, échanger les cartes de visite ou envoyer des invitations LinkedIn.

On estime à 100-150 le nombre de professionnels dans les services cantonaux et fédéraux que l'on peut cibler : chefs de services, responsables de service, biologistes, experts, ingénieurs de l'eau.

Partenaires publics : services cantonaux de la gestion de l'eau ?

En tant que gestionnaires de l'eau, ces sont des partenaires clé. Pour répondre à leurs besoins, les objectifs d'ID-Gené sont :

- Mettre en avant les avantages de la méthode de l'ADN environnemental par rapport aux méthodes traditionnelles
- Donner des exemples d'applications et expliquer les utilisations possibles de la solution d'ADN environnemental par les services cantonaux et instances publiques
- Fournir un guide pratique et des recommandations pour l'échantillonnage (fournir des images, photos) et les méthodes préliminaires en laboratoires
- Fournir les standards de qualité de ces méthodes afin de donner confiance quant à la fiabilité des données
- Définir le retour sur Investissement pour les instances publiques, à savoir :
 - Etre pilote/leader de l'intégration de ces méthodes dans les services cantonaux
 - Pouvoir se définir comme service public, au cœur de l'innovation en matière de mesure de la qualité des eaux de rivières en Suisse
 - Pouvoir orienter la réglementation au niveau national voire européen
 - Soutenir les entreprises suisses, fer de lance du secteur et les aider à se développer

Actions à mettre en place :

Afin d'établir une relation de confiance avec les services de la Confédération et services cantonaux, il est utile de les rencontrer pour définir des axes de travail. Outre les points mentionnés ci-dessus, voici quelques axes de travail additionnels envisageables :

Axes de travail proposés en vue d'une collaboration avec les instances publiques cantonales et fédérales et organismes publics de recherche et développement

- Intégrer des méthodes d'analyse basées sur l'ADN environnemental. Articuler avec les méthodes traditionnelles dans la mesure de la qualité des eaux de rivières
- Intégrer de l'indice moléculaire de diatomées comme référence dans les mesures de qualité des eaux douces
- Offrir des analyses complémentaires diatomées/oligochètes pour renforcer la biosurveillance avec les données sur la qualité de sédiment

Les « rendez vous » avec les instances publiques prendront plusieurs formes :

- La constitution de **Groupes de travail** constitués d'experts privés et publics. Les thèmes et sous thèmes sont à préciser pour chacun des groupes. Il est aussi important de maintenir une certaine fréquence pour rencontrer les experts, mesurer leur implication et faire avancer ainsi les projets.
- **L'organisation de formations courtes en collaboration avec Centre Ecotox.**
- Ces actions seront complétées par **des formations** à destination d'une part des experts scientifiques mais aussi des professionnels curieux d'en savoir plus sur ces techniques. En effet, les experts en charge des projets de bio-surveillance aquatique sont une catégorie de professionnels qu'il ne faut pas oublier dans la perspective d'une adhésion forte de tous les professionnels de la gestion des eaux de surface. Il pourrait être pertinent aussi de répertorier ces experts afin de leur adresser une communication et une formation sur mesure.
- Enfin, des **publications scientifiques** à destination des experts sont prévues.

A noter enfin, que ID-Gene a déjà plusieurs références de collaboration avec les acteurs publics et il est utile de capitaliser sur ces collaborations passées pour construire les collaborations futures :

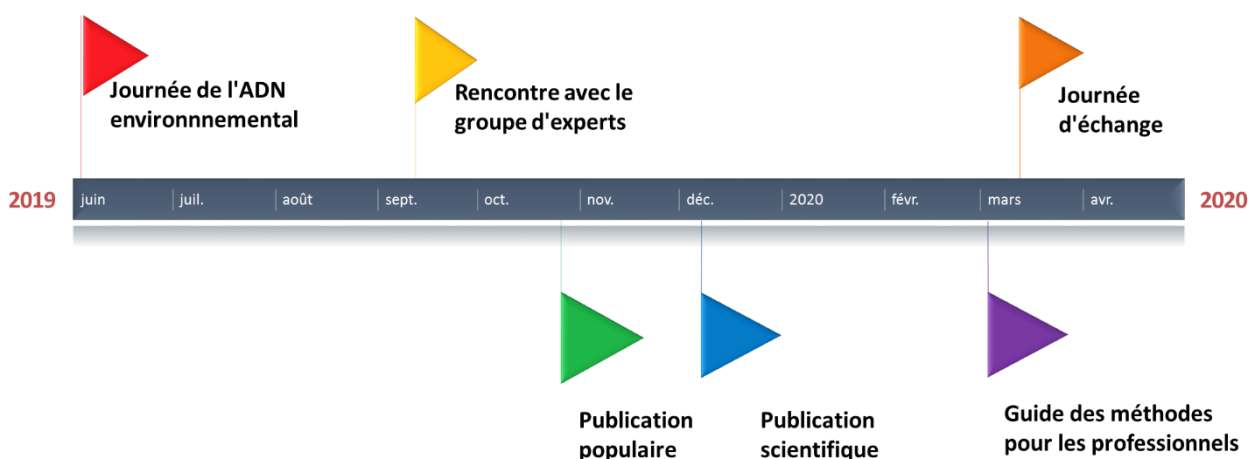
- Contrat pour la détection d'espèces aquatiques invasives et le suivi de la biodiversité – Canton de Zurich (2016 - 2018)
- Contrats dans le cadre du programme NAWA de l'OFEV qui participe ainsi activement à la promotion des méthodes moléculaires pour la bio-surveillance
- Contrats de détection précoce d'espèces aquatiques invasives pour les services environnementaux des cantons de Bâle, Fribourg, St Gall et Zurich (2016 – 2019).

Les études moléculaires pour mesurer la qualité des eaux douces en Suisse : Un business appelé à se développer.

Actions destinées à promouvoir les indices moléculaires en Suisse

Ces actions sont constituées de l'organisation d'événements, de publications scientifiques et techniques et de communications digitales. L'objectif est la signature des contrats de prestation pour un client privé (bureau d'étude) ou public (canton, confédération). Ces actions sont souvent d'ailleurs à destination à la fois des partenaires privés et publics.

Voici une illustration de ce qui pourrait être envisagé dans les mois à venir :



Canaux de communication digitale :

- **Newsletter** bi annuelle : à noter que la mise en place de cette activité nécessite un investissement en temps non négligeable.

- **Réseaux sociaux** : création d'un compte LinkedIn voire compte Twitter, permettront d'améliorer la visibilité et la notoriété.
- **Branding** : une étude sur le nom de la marque - IDGENE ECODIAGNOSTICS- pourrait être aussi envisagée pour améliorer la notoriété.

Publications :

Scientifiques mais aussi techniques dans des revues spécialisées comme le Journal de l'Environnement Environmental Science and Technology, Science of Total Environment, Ecological Indicators, Molecular Ecology. Là aussi, compte tenu du temps nécessaire à la réalisation, un objectif **d'une à deux publications par an** semble raisonnable. Une publication de vulgarisation destinée au grand public pourrait être envisagée par exemple auprès des jeunes, mais l'impact commercial direct sera moindre.

Événements :

En dehors de la mise en place et de l'animation des groupes d'experts cités précédemment, et des Journées de l'ADN environnemental, ID-Gene **mettra en place en collaboration avec Centre Ecotox des cours/formations** afin de mieux faire connaître l'ADN environnemental et ses applications auprès de publics ciblés et de promouvoir ses solutions.

Publics cibles : deux voire trois publics différents :

- Experts du secteur, personnel scientifique
- Techniciens des rivières, personnel technique
- Eventuellement, des étudiants en biologie et sciences de l'environnement, ingénieurs des écoles d'agronomie voire des plus jeunes.

Contenu et format des cours :

- un premier sujet de cours serait une formation sur l'ADN environnemental et ses applications avec présentation de cas concrets. Ce cours tiendra sur une demi-journée ou une journée. Ce cours pourra être dispensé dans différents cantons avec le soutien des institutions académiques et sectorielles locales.

Promotion :

- ID-Gene pourra compter sur son propre réseau mais aussi sur le soutien de ses partenaires (EAWAG, Centre Ecotox et des universités) pour faire la promotion de ces formations. Budget pour ces événements reste à discuter. Une faible contribution pourrait être demandée pour couvrir les frais de déplacement notamment.

Ressources nécessaires à la commercialisation

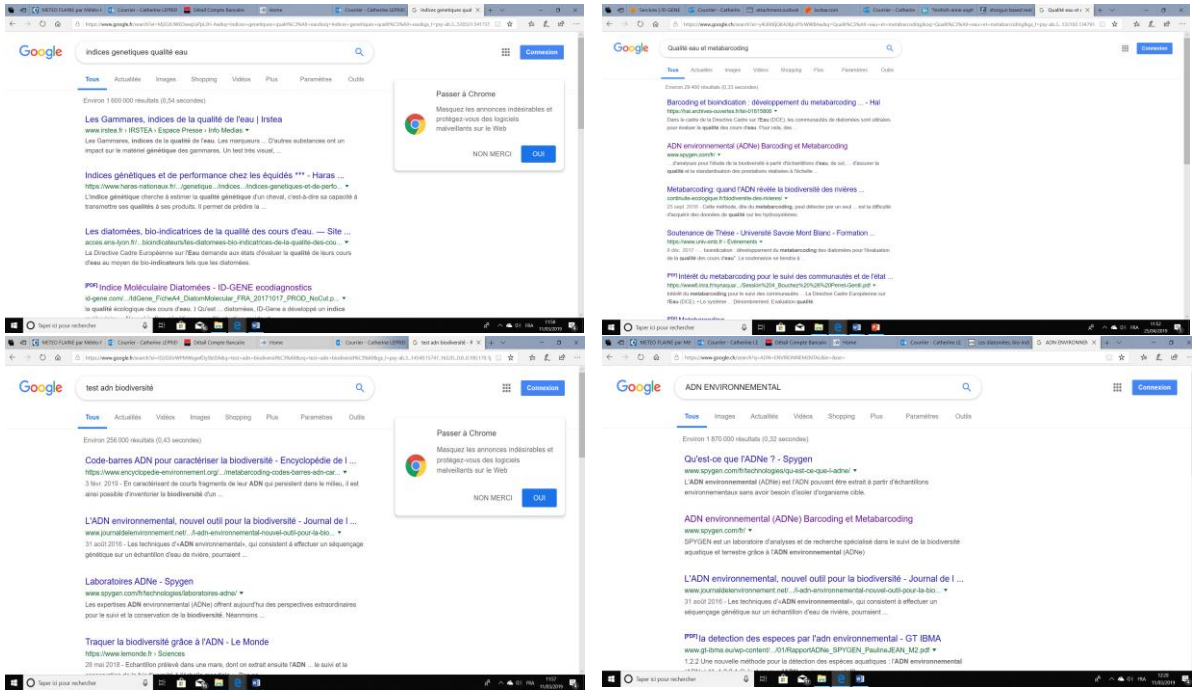
Les moyens nécessaires dépendent du démarrage réel de l'activité commerciale dans les mois à venir. Aussi, compte tenu de l'incertitude à ce stade de développement de l'activité, une grande flexibilité dans les ressources est recommandée.

Ressources financières : calcule des frais fixes à couvrir pour maintenir l'activité jusqu'à fin 2020 et au-delà p.ex. les salaires de toutes les fonctions, frais de déplacement éventuels, frais de fonctionnement type phoning, expédition du matériel et achat et location de ressources matérielles. L'embauche d'une personne dédiée au développement commercial est à ajouter aux frais.

Ressources humaines : afin de lancer l'activité commerciale, il semble nécessaire d'avoir une personne dédiée à ce développement commercial sur le marché suisse. En fonction de la rapidité de la croissance du marché, son action pourra être mesurée, et croître aussi au fil du temps. Indicateurs de

performance sont p.ex. le nombre de visites réalisées chez les clients potentiels, taux de signature de contrats pour les différentes actions, taux de nouveaux clients et prospects.

Note : la notoriété digitale ID-Gene est faible. La société n'est pas référencée sur le réseau social professionnel LinkedIn. Un bref relevé par mots clé (type Google Analytics) montre aussi que le référencement pourrait être largement boosté.



Gestion des ressources en phase de croissance

En phase de croissance, il est important de pouvoir avoir les ressources adéquates pour répondre à la demande du marché. Il faudra pouvoir attirer un ou deux généticiens de l'environnement d'ici quelques mois. Profils à rechercher : Chefs de projets, experts en génétique et gestion de la biodiversité, en écologie moléculaire et Ingénieurs écologues, techniciens en génie biologique ou en biotechnologie et biologie moléculaire. De même quand la croissance s'accélère, une limite au niveau des ressources techniques peut se produire (la capacité maximale du séquenceur par exemple). Il est important de pouvoir envisager des solutions dans ce cas (subcontracting, achat d'un séquenceur supplémentaire).

Protection des IPs des partenaires

La protection sur la propriété intellectuelle a un coût mais protéger la solution et/ou l'expertise en jeu est indispensable. Le cadre juridique défini par les partenaires du projet SYNAQUA règle de manière claire et adéquate les droits d'accès et droit d'exploitation des résultats. Toutefois, le domaine d'expertise, l'ADN environnemental est récent. Se renseigner auprès d'experts de l'IP pour savoir ce qui peut être protégé permettrait de mieux mesurer les risques et solutions à envisager. ID-Gene est seul sur le marché suisse à l'heure actuelle mais l'arrivée de concurrents extérieurs n'est pas à exclure. Dans ce domaine il sera utile de se faire conseiller par L'institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle (IPI-IGE).

Gestion des risques (réglementaires, techniques, humaines)

La réglementation des méthodes moléculaires tant en Suisse qu'en Europe est en progression. Les autorités politiques et institutions en charge de la bio-surveillance sont activement engagées dans les discussions avec les milieux professionnels pour établir le cadre réglementaire et créer et promouvoir les nouvelles normes. Ainsi **en Suisse** l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a mis en place un groupe de travail chargé de préparer le guide d'application de l'ADNe à la biosurveillance des milieux aquatiques. Ce groupe, qui comprend les experts d'EAWAG, les gestionnaires, les associations et les professionnels a pour but de familiariser les utilisateurs avec les différentes méthodes et leur fournir les outils pour mettre en pratique la génomique environnementale. ID-Gene est responsable au sein de ce groupe du volet technique et interprétation des données.

ID-Gene est membre de la Société Suisse de Normalisation et a été nommé représentant de la Suisse au sein du **Comité Européen de Normalisation (CEN)** pour le Technical Committee on water analysis (CEN TC 230). TC 230 est le principal responsable travaillant sur les normes européennes pour soutenir la Directive-cadre sur l'eau (DCE) avec l'élaboration de méthodes d'essai normalisées pour les examens physiques, chimiques, biochimiques, biologiques, microbiologiques de la qualité des eaux. Dans son travail le TC 230 adresse aussi bien les méthodes d'échantillonnage que l'assurance qualité et aspects du classement du vivant. L'expertise d'ID-Gene a été demandée dans le cadre de la nouvelle norme d'échantillonnage de l'ADN environnemental, développé par le WG28.

ID-Gene contribue au développement technique des méthodes moléculaires en devenant le partenaire privilégié des réunions internationales des experts dans le domaine de la génomique environnementale. Ainsi en 2019 ID-Gene sponsorise la conférence d'International Barcode of Life (IBOL) qui réunit chaque deux ans des centaines des spécialistes du monde entier dans le but de présenter les avancées méthodologiques et les nouvelles applications des codes-barres génétiques. ID-Gene sera présent à la conférence avec les présentations scientifiques et le stand de marketing.

Les articles dans les journaux professionnels scientifiques sont une autre opportunité de promouvoir le travail de l'équipe. A ce jour une quinzaine de papiers ont été publiés touchant des sujets aussi divers que l'intelligence artificielle au service de l'analyse de l'environnement et les méthodes d'analyse d'échantillons mixtes.

Les collaborateurs d'ID-Gene participent dans les réseaux internationaux d'experts tel que DNAQua-net qui leur permet d'améliorer la pratique professionnelle et valorise leur propre expertise auprès de pairs. Pour assurer la relève le laboratoire d'ID-Gene accueille les stagiaires suisses et étrangers qui viennent apprendre les méthodes moléculaires ou affiner les outils d'analyse. Ce travail d'accompagnement et de formation en biotechnologie de pointe est d'une importance stratégique pour assurer la croissance de l'entreprise dans le futur.

Potentiel d'exportation de la technologie en Europe

Les diatomées benthiques sont largement utilisées comme indicateur biologique dans les ruisseaux et les rivières dans tous les pays européens grâce à leur grande sensibilité aux changements environnementaux ainsi qu'à leur tolérance et préférence écologique bien établies pour chaque espèce. La croissance rapide des diatomées leur permet de répondre rapidement aux changements chimiques, physiques ou biologiques. Par conséquent, analyser la composition de leur communauté fournit une méthode rapide et fiable pour détecter les changements environnementaux causés par des événements naturels ou impactes anthropogéniques.

Différents indices basés sur les diatomées ont été développés à travers le monde afin de suivre les recommandations des autorités publiques sur la surveillance et la protection des écosystèmes aquatiques. Le récent rapport sur l'implémentation de la Directive-cadre sur l'eau (2019) invite les états-membres de l'Union européenne à renforcer et améliorer leurs capacités de bio-surveillance pour évaluer le statut/potentiel écologiques des plans d'eau. Lors de la prochaine période de planification 2021-2027 un effort considérable est demandé aux autorités dans tous les domaines de surveillance. Sachant qu'il y a entre 1300-1500 sites de surveillance de diatomées en Allemagne le potentiel de l'exportation des indices qui simplifient le travail des gestionnaires est non négligeable. L'outil est flexible et se prête à des déclinaisons régionales. L'étape suivante sera de réfléchir sur la création de la plateforme commune au niveau européen qui permettra d'analyser les données.

ID-Gene peut compter sur ses partenariats au sein du projet SYNAQUA et son expertise (détection d'espèces invasives ou en danger, biodiversité et bio-surveillance) des eaux de surface et en milieu marin lui permettra de développer de nouveaux contrats à l'avenir. Une étude de marché à l'international serait alors requise pour définir les marchés prioritaires, l'offre commerciale par marché et les actions à mettre en place sur chacun des marchés.

CONCLUSION

ID-Gene dispose d'une expertise unique pour la mesure de biodiversité et la bio-surveillance en milieu aquatique. Pour les eaux de rivières, son offre basée sur les indices moléculaires des diatomées et oligochètes est unique et se présente comme une opportunité innovante qui vient compléter les outils existants, apportant ainsi une expertise et un savoir-faire tournés vers l'avenir.

Le traitement synchrone de nombreux prélèvements en un temps record et à coût réduit est par exemple un des atouts des méthodes basés sur l'ADN environnemental mais n'est pas le seul avantage. L'indice moléculaire développé par ID GENE pourrait en effet facilement être adapté à d'autres groupes de bio-indicateurs unicellulaires : un atout de taille pour la surveillance de différents écosystèmes aquatiques.

ID-Gene, soutenu par les partenaires du projet Synaqua, peut ainsi apporter savoir-faire et innovation sur le marché des eaux douces en Suisse. Le succès de la commercialisation exige cependant pour la start up de nouveaux investissements et comprend des risques à mesurer :

- ➔ Valider la protection vis-à-vis de la propriété intellectuelle de son expertise et de ses outils (phase à faire en amont d'un lancement commercial à grande échelle).
- ➔ Définir son plan stratégique pour les 2/3 ans à venir afin de réussir son lancement commercial : objectifs, stratégie, cibles prioritaires.
- ➔ Planifier les activités et se structurer au niveau des ressources humaines et financières.
- ➔ Renforcer la promotion par différentes actions.
- ➔ Participation active à la mise en place d'une réglementation encore balbutiante.
- ➔ Garder en tête l'export pour une seconde phase : une nouvelle analyse à l'export sera alors nécessaire.

Bibliographie

Blancher, Ph., Lefrançois, E. - *Séminaires de réflexion prospective sur les applications des outils génomiques basés sur l'ADN environnemental dans le domaine de la biosurveillance. Synthèse des séminaires de janvier 2019 (document interne)*

COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Second River Basin Management Plans-Member State: Germany. Accompanying the document REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC) Second River Basin Management Plans First Flood Risk Management Plans

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=SWD:2019:41:FIN&qid=1551205988853&from=EN>
Brussels, 26.2.2019 SWD(2019) 41 final

Etat de Fribourg, SEN (2011 – actualisation 2014) - *Proposition de programme pour l'étude de l'état sanitaire des cours d'eaux du canton de Fribourg à partir de 2011 – SEN – FR, Rapport Méthodologique*

Etat de Genève, 2018, Stratégie de la Biodiversité

<https://www.ge.ch/document/strategie-biodiversite-geneve-2030/telecharger>

Incisive Media (2016) – *Report: Global Environmental Market Consultancy tops: \$27 bn.*
www.businessgreen.com

Lefrançois, E. et al - (2018) - *Development and implementation of eco-genomic tools for aquatic ecosystem biomonitoring: the SYNAQUA French-Swiss program.* Environmental Science et Pollution Research

<https://doi.org/10.1007/s11356-018-2172-2>

Mächler E, Xing X, Altermatt F, (2018) - *Instruction for eDNA filtration in the field, small streams – EAWAG (internal document)*

Office fédéral des statistiques - *L'environnement, un secteur d'activité économique plus dynamique que l'économie dans son ensemble, Neuchâtel, 18.12.2017 (OFS)*

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement/comptabilite-environnementale/biens-services-environnementaux.gnpdetail.2017-0190.html>

OCDE (2019), *Financer la biodiversité, agir pour l'économie et les entreprises, rapport préparé pour la réunion des ministres de l'Environnement du G7, les 5 et 6 mai 2019.*

<http://www.oecd.org/environment/resources/biodiversity/Resume-et-Synthese-Rapport-G7-financer-la-biodiversite-agir-pour-l'economie-et%20les-entreprises.pdf>

OECD (2017), *OECD Environmental Performance Reviews: Switzerland 2017*, OECD Publishing, Paris

<http://dx.doi.org/10.1787/9789264279674-en>

Pawlowski J, Apothéloz-Perret-Gentil L, Cordonier A, Ferrari B, Vivien R, Rubin J-F, Pawlowska K, (2018) - *L'analyse ADN au service de la protection des environnements aquatiques – ARPEA Mag n°278*

Taberlet P., Boninn. A., Zinger, L., Coissac, E. (2018) – *Environmental DNA* – OXFORD, 2019

Sites internet consultés :

www.svu-asep.ch/fr/home/

www.bafu.admin.ch

www.bfs.admin.ch

www.fr.ch

www.modul-stufen-konzept.ch/fg/stufen/index_FR

www.sciencedirect.com

www.modul-stufen-konzept.ch/fg/module/diatomeen/Methodes_Analyse-Appreciation_CoursdEau_Diatomee

