

Design Project - SIE 2015

Outil d'aide à la décision pour
le déclenchement d'opérations de
démoustication dans la zone alluviale de
Broc

Morgan Bruhin
Max Mentha

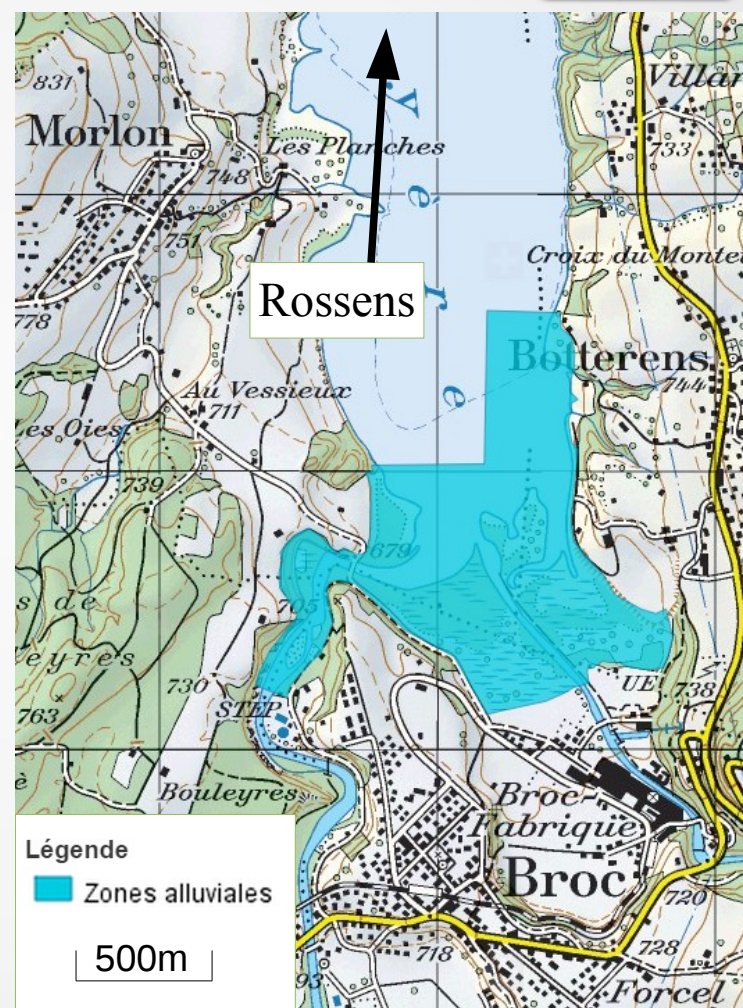
Encadrant EPFL : Stéphane Joost
Encadrants externes : Jérôme Grémaud
Christian Roulier

Contexte

- **Où** : zone alluviale de Broc, sud du lac de Gruyère (FR)
- **Quoi** : Prolifération de population de moustiques de l'espèce *Aedes Vexans*
- **Pourquoi** : exploitation du barrage de Rossens
- **Solution** : Ependage de Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) par hélicoptère



La grande bassière, dimanche 3 mai 2015
Crédits : Jérôme Gremaud



La zone alluviale de Broc
© Données, swisstopo, OFEV

Problématique et But

- **PROBLEMATIQUE :**

Les opérations de démoustication doivent avoir lieu de manière **précise** dans **l'espace** (environ 60 ha au total) et dans **le temps** (efficacité limitée).

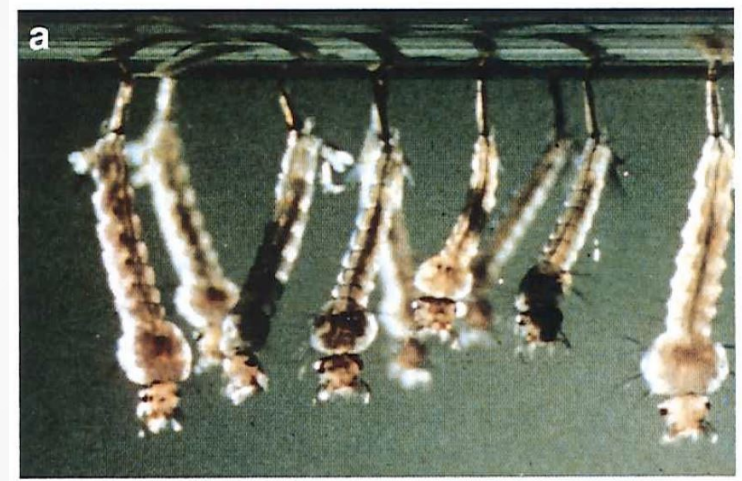
- **BUT :**

Amélioration du **modèle spatio-temporel** de développement larvaire développé l'an passé par Florian Gandor et Akio Schoorl.

Bref rappel biologique (1)

- **CYCLE DE VIE D'*Aedes vexans***

- Ponte d'œufs dans les **sols humides**
- Éclosion lorsque les œufs sont **submergés** dès lors qu'ils seraient resté **au sec** pendant au moins 15 jours (**maturation**)
- Succession de **quatre stades de développement** (L1 - L4) avant que la larve devienne nymphe et finalement de moustique adulte
- A chacun des stades de L1 à L4, la larve vit **exclusivement dans l'eau**



Larves d'*Aedes vexans*

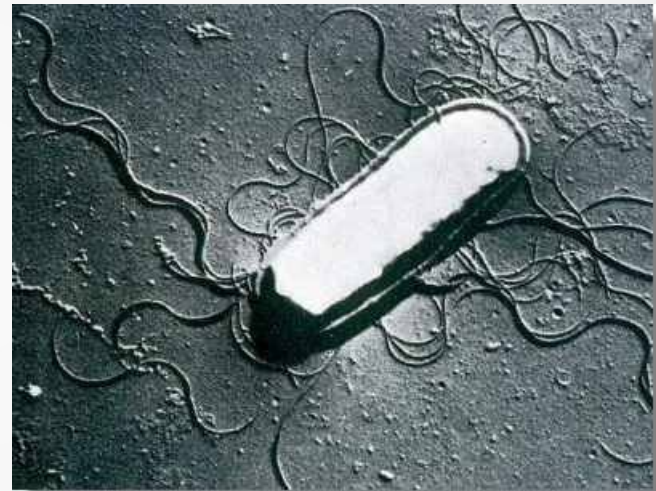
Bref rappel biologique (1)

- **PRINCIPE DU BTI :**

- Bactérie produisant des **cristaux protéiques toxiques** pour le moustique
- Libération des cristaux après **ingestion** par la larve.

- **CONTRAINTES :**

- la larve doit **encore se nourrir** pour être affectée.
- Optimal atteint pour les stades **L2 et L3**
- **L4** nécessiterait des doses trop fortes



Bacillus thuringiensis israelensis

Objectifs

- Intégrations de données prévisionnelles à **72 heures** :
 - **Niveau du lac** de la Gruyère [m.s.m.]
 - **Température de l'eau** [°C]
- Indication du niveau du lac à **10 jours**
- Amélioration de la représentation des résultats et de son accessibilité :
 - **Cartes interactives**
 - Accessibilité **en ligne**

Méthodes (1)

- Ajout de prévisions :
 - Le **Groupe-E** nous a garanti l'accès à leurs données et nous a dirigé vers l'entreprise spécialisée qui les génère, la société **E-dric**
 - **Partenariat** avec E-dric pour l'intégration du modèle à leur **plateforme en ligne**



Aperçu de la plate-forme de E-dric



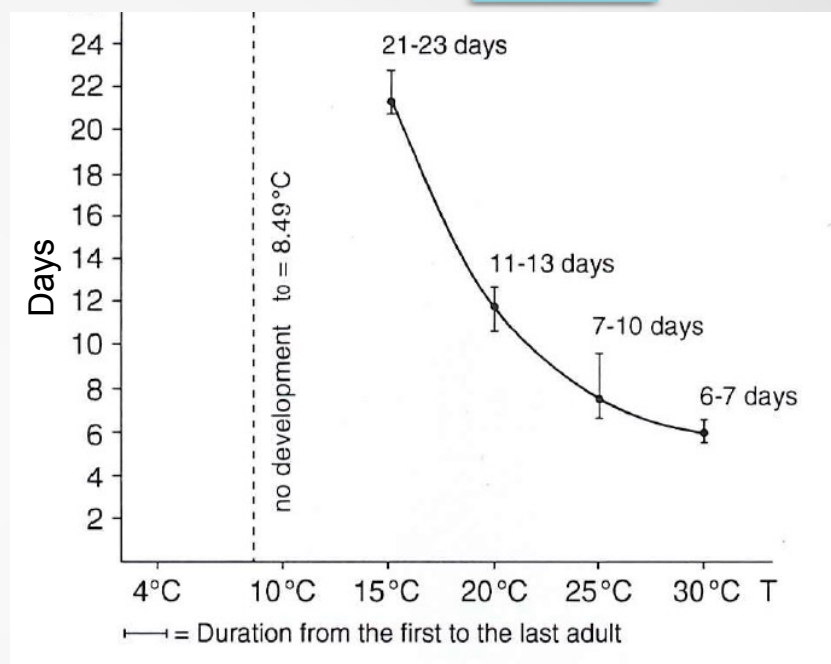
Méthodes (2)

- **Avantages** de l'intégration chez E-dric:
 - Exécution du modèle **automatique** presque en temps réel (plus de 100 fois par jour)
 - **Pérennité** dans le temps et **maintenance** assurée
- **Contraintes** :
 1. La représentation précédente en **image matricielle** (pixels) n'est plus adaptée
 2. Leur serveur est configuré pour fonctionner avec un langage propre à Windows (**VB.net**)

Méthodes (3)

- **Amélioration** de l'hypothèse sur le modèle de développement larvaire :

Interpolation linéaire des deux modèles afin de combiner leurs avantages



Modèle de développement partiel pour *Aedes Vexans*

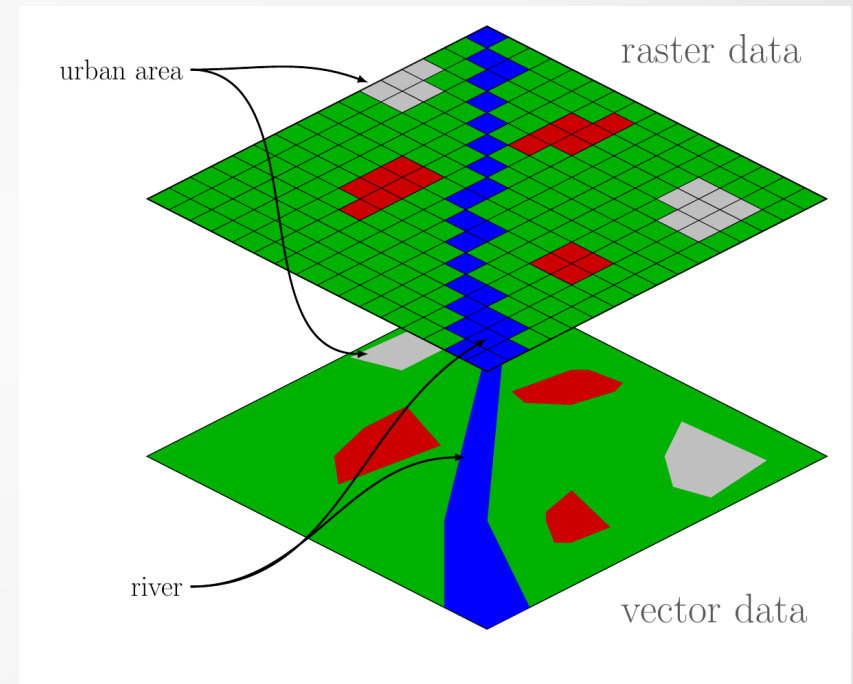
Table 2. Length of time between immersion of eggs in water and hatching response and duration of development (d) of each stage of *Ae. albopictus* at eight constant temperatures: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40°C

T (°C)	Egg Mean SE	L1 Mean SE	L2 Mean SE	L3 Mean SE	L4 Mean SE	Pupae Mean SE	L1-adult Mean SE	Sex ratio
5	11 ± 1.3							
10	2 ± 0							
15	7.4 ± 1.8 a	5.6 ± 0.3 a	3.3 ± 0.2 a	4.6 ± 0.2 a	13.4 ± 0.8 a	8.7 ± 0.6 a	35.0 ± 0.9 a	47.5%
20	2.9 ± 0.4 b	3.0 ± 0.2 b	1.4 ± 0.2 b	2.1 ± 0.3 b	4.1 ± 0.3 b	4.1 ± 0.2 b	14.4 ± 0.4 b	43.5%
25	4.5 ± 0.7 c	2.1 ± 0.2 c	1.2 ± 0.2 b	1.2 ± 0.1 c	3.3 ± 0.2 c	2.7 ± 0.1 c	10.4 ± 0.7 c	41.0%
30	6.7 ± 0.7 a	1.4 ± 0.1 d	1.3 ± 0.1 b	1.4 ± 0.2 c	3.0 ± 0.3 c	1.9 ± 0.1 d	8.8 ± 0.6 d	46.3%
35	7.1 ± 0.8 a	1.7 ± 0.1 c	1.2 ± 0.1 b	2.4 ± 0.4 b	6.8 ± 1.1 d	1.7 ± 0.7	12.3 ± 0.7	66.6%

Modèle de développement détaillé pour *Aedes Albopictus*

Solutions (1)

- Prise en compte des contraintes :
 - Transformation du MNT de **raster** en **vectoriel**
 - Basiquement : extraction de **courbes de niveaux** mais avec une géométrie en **polygones**



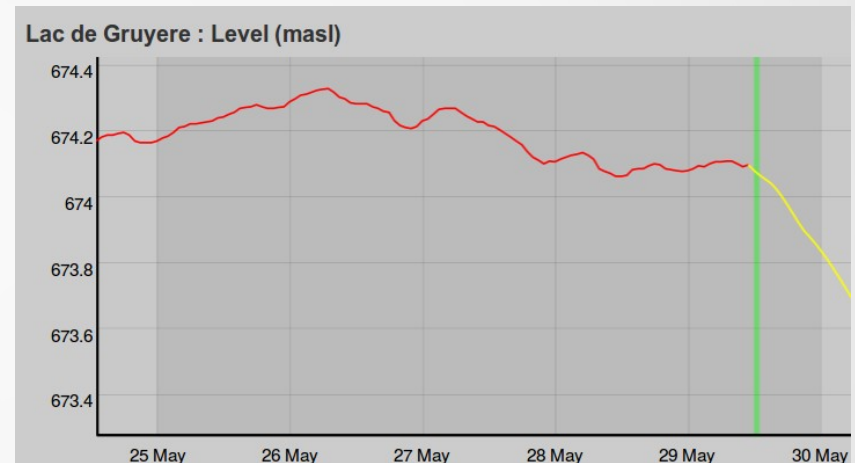
Solutions (2)

- **Transcrire** le modèle de l'an passé (langage Python) en VB.net
 - Apporter les **modifications** dues au changement de type de représentation.
 - => Interaction avec l'information géographique **différente**



Description du modèle (1)

- **Entrées :**
 - Série temporelle de **niveau du lac** (prévision et mesure)
 - Série temporelle de **température d'eau** (prévision)
- **Sortie :**
 - **Carte interactive** avec une prévision à 3 jours.
 - Plot des paramètres avec une **prévision à 3** et à **10 jours**.

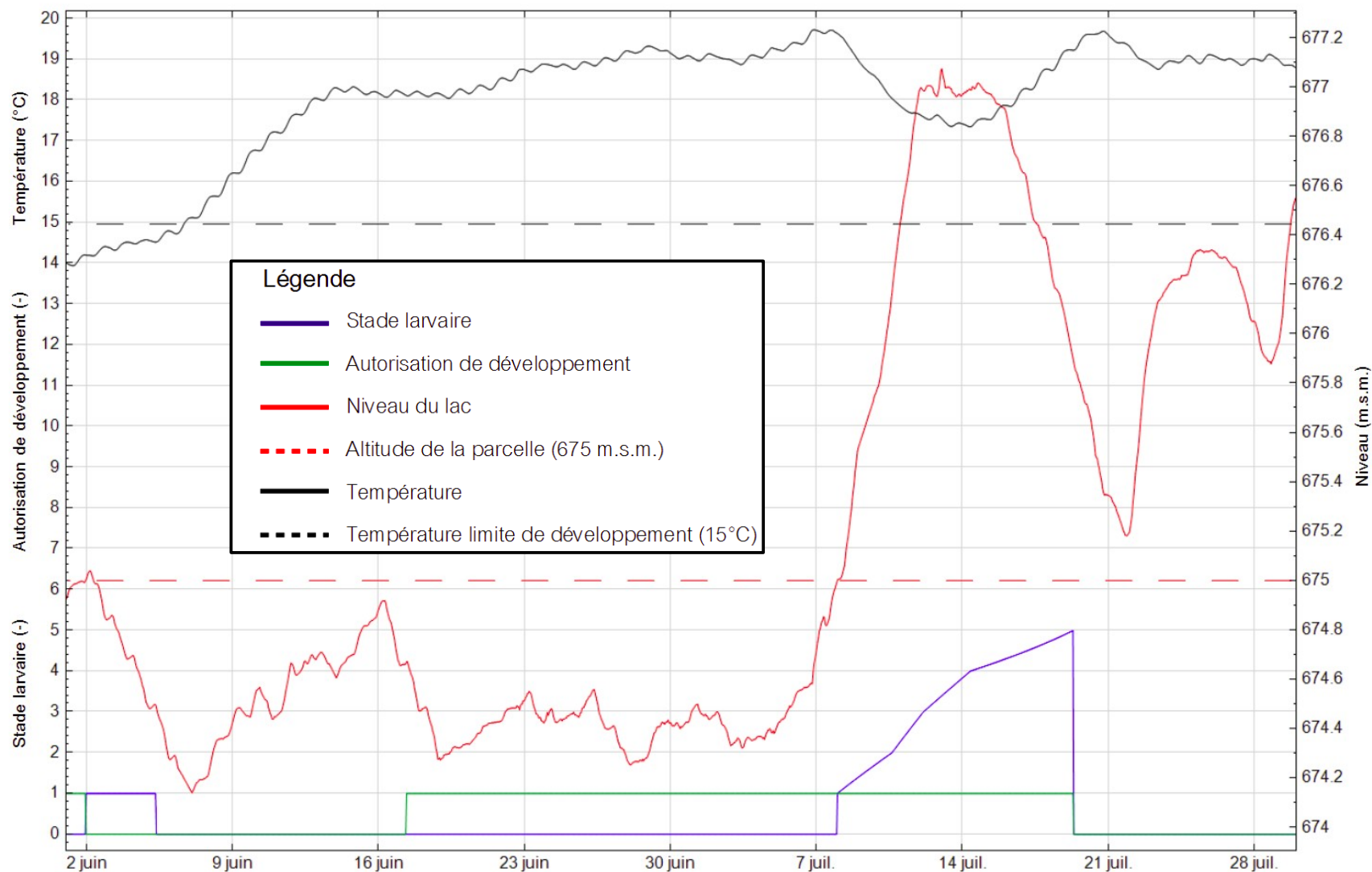


Exemple de série temporelle de la plateforme d'E-dric

Description du modèle (2)

- **Points principaux de l'algorithme :**
 - Détermination des **surfaces inondées**
 - **Activation de la croissance** larvaire ssi une phase de **maturation** au sec d'au moins deux semaines précède l'inondation
 - **Calcul** de la croissance (fonction de la **température**)
- **Méthode de décision :**
 - **Descente** du niveau du lac → **migration** des larves avec l'eau → concentration dans les **dépressions du terrain**
=> phase hydrologique **optimale**
 - **Montée** du niveau du lac → **dilution du Bti** → nécessité d'en utiliser plus sur une **plus grande surface**
=> phase hydrologique **défavorable**

Résultats – Simulation Larvaire



Résultats – Interface dynamique

- **Alarme** fixée par stade atteint dans les 3 jours :

Stades	Couleur
Non-éclos	Vert
L1	Jaune
L2	Orange
L3	Rouge
L4	Noir

- Affichage de la **progression** du développement larvaire à la **sélection d'un polygone**

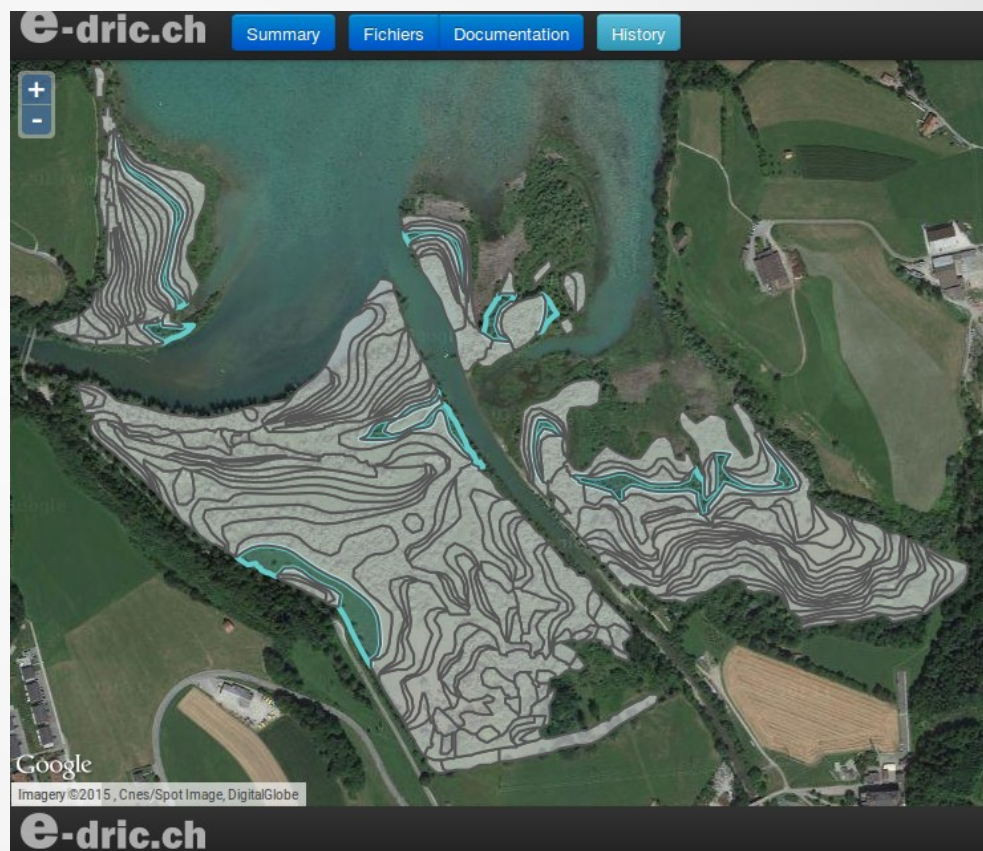


Illustration de la future interface
(Grande Bassière en bleu à 674.8 m.s.m.)

Perspectives d'amélioration

- La **Grande Bassière** est isolée du lac → la température de l'eau est **supérieure** à celle du lac en été.
- Une **méthode de calibration** de la **température** peut être envisagée :
 - **Mesure** de température sur une (ou plusieurs) saisons
 - Calibration des températures simulées grâce à la **radiation solaire**, la **température de l'air**, la **profondeur** ainsi que des mesures effectuées.
 - **Machine Learning** est très adapté à cette tâche (par exemple *neural networks Nns*)
- Le choix d'une sonde doit être un **tradeoff** entre moyen **financier** et **humain** :
 - Local vs connecté
 - Haute vs faible fréquence de mesures



Conclusion

- La **représentation des résultats** a pu être grandement améliorée
- Sa **disponibilité** et sa **maintenance** sont garanties à long terme
- La **centralisation** du modèle avec les données améliore sa pérennité dans le temps :
 - => Diminution de la possibilité d'une corruption éventuelle des sources

Remerciements

- Nous remercions :
 - **Christian Roulier** (SCZA), **Jérôme Gremaud** (Atelier 11a) et **Stéphane Joost** pour leur encadrement et leurs conseils lors de ce projet.
 - **Peter Lüthy** pour nous avoir transmis ses connaissances et son expérience du terrain
 - **Frédéric Jordan** (e-dric.ch) pour son appui considérable lors de l'intégration du modèle au système informatique de son entreprise.

Service conseil Zones alluviales

atelier 11a
Jérôme Gremaud
biologiste

e-dric.ch