

## Rapport final

No projet : IA219133

Titre : Mise en place d'une application web d'aide à la visualisation et à l'interprétation des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre

Responsable scientifique : Richard Hogue

Établissement : Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Date de remise : 18 janvier 2022

**Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement** (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Richard Hogue Ph.D., biologiste, IRDA, responsable scientifique du projet et dirige le Laboratoire d'écologie microbienne et le Laboratoire d'analyse biologique

Stéphane P. Lemay, P.Eng., agr., Ph. D., IRDA, directeur de la recherche et du développement

Arnaud Droit, Ph.D., professeur titulaire U. Laval, directeur de la plateforme de bio-informatique et de protéomique. Centre de recherche du Centre Hospitalier Universitaire de Québec

## **Section 2 - Partenaires**

Philippe Parent, M.Sc. agr. Cultures H. Dolbec, directeur assurance qualité et agronomie

Ginette Cardinal, Pommes de terre Laurentienne, présidente

Isabelle Marquis, agr. Consortium de recherche sur la pomme de terre du Québec (CRPTQ), coordonnatrice à la recherche et aux partenariats

## Section 3 – Fiche de transfert (max 2 à 3 pages)

### **HORUS, une application web d'aide à l'interprétation des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre**

**Richard Hogue, Thomas Jeanne, Simon Gotty, Charles Joly-Beuparlant, Arnaud Droit**

**No de projet : IA219133**

**Durée : 05/2019 – 02/2022**

#### **FAITS SAILLANTS**

À l'ère de l'agriculture numérique, les producteurs, les agronomes-conseils et les intervenants de la filière pomme de terre ont accès à une quantité massive de données (*big data*) générées par différentes applications ou outils de saisie d'images ou de capteurs. Les utilisateurs peinent à analyser ces données massives provenant de différentes sources et, faute d'avoir un outil d'aide convivial pour l'interprétation vulgarisée des données, ils se privent d'exploiter ces connaissances innovantes. Le projet a permis de développer une application web conviviale, appelée Horus, qui permet aux utilisateurs de visualiser leurs résultats d'analyse de sol et d'interroger une base de données qui regroupe les métadonnées agronomiques et environnementales, les caractéristiques physiques et chimiques des sols cultivés ainsi que les indicateurs biologiques issus de l'analyse du microbiome de 833 sols géolocalisés dans des champs en culture de pommes de terre. L'application Horus via des menus conviviaux et des outils intégrés offrant une gamme de représentations graphiques facilite la visualisation et l'interprétation des indices de la productivité du sol, des indices de diversité des communautés microbiennes, des indices de risque posé par des maladies de la pomme de terre et de toute une panoplie de métadonnées agronomiques, environnementales et physico-chimiques liées aux sols de la base de données. Horus permet aux utilisateurs de se connecter de manière sécuritaire pour avoir accès à leurs résultats d'analyses et pour effectuer la comparaison d'un ou de plusieurs champs de leur entreprise pour mieux juger de l'impact des systèmes culturaux et des pratiques agronomiques, dont le travail de sol, l'irrigation ou la fertilisation, de l'entreprise. Les moyennes des valeurs des diverses variables de chacun des sols regroupés dans la base de données ont permis de calculer des valeurs références à l'échelle de chaque entreprise ou à l'échelle de tous les sols de la base de données et pour des sols qui partagent les mêmes caractéristiques texturales. Le développement de l'application Horus a été priorisé pour favoriser l'amélioration des pratiques agroenvironnementales et l'appropriation de nouvelles connaissances par les intervenants de la filière.

#### **OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE**

L'objectif du projet était de mettre en place une application web innovante et conviviale pour faciliter la visualisation et l'interprétation agronomique des analyses de la qualité de sols. La base de données (BD) Horus a été développée pour regrouper les données massives de séquençage haut débit du microbiome de 833 sols géopositionnés dans des champs de divers systèmes de production de pommes de terre. Des espèces bactériennes et fongiques indicatrices de la qualité des sols ont été sélectionnées par analyses différentielles du microbiome. Ces données du microbiome des sols et des données agronomiques, météorologiques et physico-chimiques des sols ont été intégrées à la BD-Horus pour calculer des indices de productivité des pommes de terre et de risque à des maladies bactériennes et fongiques pour chaque sol géopositionné. Des modules de visualisation dynamique ont été développés dans un environnement Python-Dash et hébergés sur une plateforme Cloud. Les visuels développés permettent de positionner les variables indicatrices et les indices sur des cartes des champs analysés. Ils permettent d'intégrer des valeurs moyennes des sols de la ferme dans les visuels graphiques ainsi que des valeurs moyennes références issues de sols de la BD-Horus qui partagent les mêmes propriétés texturales. Des groupes de producteurs et d'intervenants de la filière pomme de terre ont contribué au design d'Horus. Ils ont testé et validé la convivialité de l'outil d'aide à l'interprétation des données de qualité et de productivité des sols.

#### **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE**

L'équipe de réalisation et les partenaires agricoles ont permis la structuration de la BD-Horus et la création de l'application web Horus. L'application Horus via des menus conviviaux, facilite la visualisation et

l'interprétation des données requises pour déterminer la qualité des sols cultivés. L'application regroupe les variables indicatrices et des indices de la productivité du sol, de la diversité des communautés microbiennes, du risque posé par des maladies de la pomme de terre ainsi que des indicateurs liés à diverses fonctions assumées par les communautés microbiennes.

La volonté des producteurs à simplifier la gestion de leurs diverses variables indicatrices les incitera à confier à la BD-Horus la gestion de leurs données pour se prévaloir des avantages de l'application. L'application Horus est sécurisée et restreinte aux seuls utilisateurs munis d'un code d'accès. Toutes les données dont la consultation est autorisée sont associées à un sol géolocalisé et elles sont affichables sur une carte du champ. L'application permet de visualiser, comparer et positionner chaque variable indicatrice ou indice, des sols et les valeurs moyennes des champs pour les comparer à des valeurs moyennes de référence calculées 1) pour tous les champs de l'entreprise inscrits dans la BD ou 2) pour tous les champs de la BD ou 3) pour tous les champs de la BD qui partagent les mêmes caractéristiques texturales.

L'application Horus facilite ainsi l'intégration et la visualisation des données analytiques des producteurs année après année et intègre la géolocalisation des zones évaluées. De plus, elle facilite l'interprétation des variables et des indices et leur comparaison entre les champs de l'entreprise. L'utilisation des données de référence pondère l'interprétation des résultats obtenus dans les champs de l'entreprise et permet à l'entreprise de (a) se fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de ses sols cultivés, et (b) d'évaluer les effets année après année de l'adoption de régies de rotation ou des pratiques agronomiques visant une agriculture profitable et durable.



Fig. 1. Page d'accueil de la plateforme <https://horusmicrobiome.ca> donnant accès à l'application Horus.

Des tutoriels sont disponibles pour se familiariser avec les fonctionnalités de l'application Horus. Des informations sont fournies à propos des types d'analyse de sol à réaliser pour déterminer la qualité du sol, de même que sur les analyses des communautés microbiennes composant le microbiome du sol cultivé. Des formulaires de demande d'accès à Horus, et de demandes d'analyses de sols y sont accessibles.

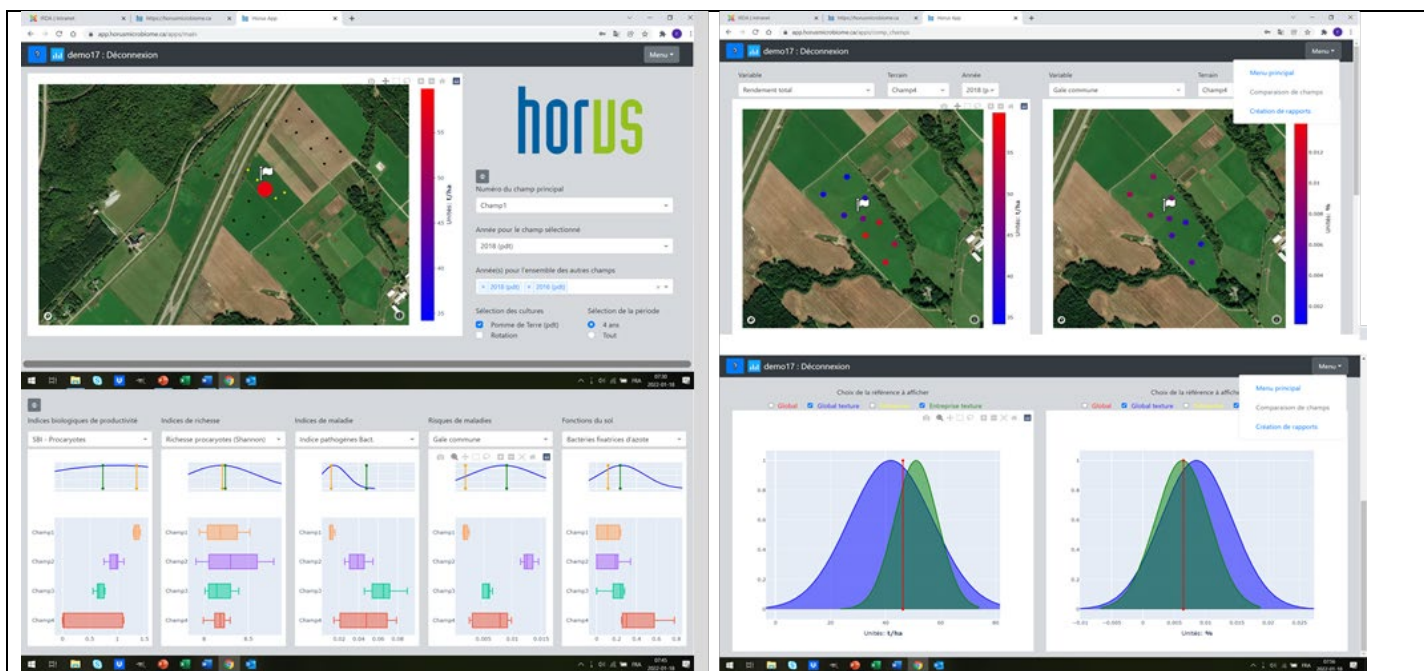


Fig. 2. Menu principal (gauche) et deuxième menu de comparaison de champs de l'application Horus.

## APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

L'adhésion progressive des entreprises agricoles à l'emploi de l'application Horus permettra d'ajouter chaque année des données à la base de données Horus qui regroupe actuellement les données agronomiques, environnementales, physico-chimiques, biologiques et du microbiome de 833 sols géolocalisés et prélevés dans des champs de systèmes de culture en pommes de terre principalement.

Les projets de recherche menés par l'équipe de recherche de même que l'intérêt des entreprises agricoles du Québec à utiliser Horus ajouteront à la BD-Horus un important volume de données liées à des sols prélevés dans des systèmes de culture plus diversifiés et de pouvoir intégrer à la BD de nouveaux types de données. Ceci permettra de rendre l'application Horus encore plus indispensable à un plus vaste ensemble d'entreprises agricoles au Québec. L'application possible auprès des producteurs viserait : 1) l'évaluation sur une base annuelle de champs nécessitant des correctifs agronomiques; et 2) l'évaluation sur une base bisannuelle de champs à haute performance et pour lesquels un producteur voudrait s'assurer du maintien des performances agronomiques.

Le développement de l'application Horus a été planifié pour assurer la sécurité des données et la confidentialité des sites de prélèvements, de sorte que seuls les utilisateurs dûment autorisés par une entreprise peuvent consulter les données géolocalisées liées aux champs de l'entreprise. Par ailleurs, Horus permet de traiter les données pour les anonymiser à l'échelle régionale afin de permettre la consultation d'Horus par des intervenants de la recherche et des secteurs gouvernementaux et industriels désireux de pouvoir déterminer les effets des systèmes culturaux et des pratiques agronomiques sur la qualité des sols.

Des consultations sont amorcées avec divers intervenants des filières agroenvironnementales pour évaluer les axes de développement et d'utilisation de l'application Horus dans les prochaines années.

## POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Richard Hogue

Téléphone : (418) 929-6744

Courriel : [richard.hogue@irda.qc.ca](mailto:richard.hogue@irda.qc.ca)

site web : <https://horusmicrobiome.ca>

## REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le projet a également bénéficié d'une aide financière du Consortium de recherche sur la pomme de terre du Québec.




## Section 4 - Activités de diffusion et de transfert scientifique

4.1) Hogue, R., T. Jeanne, S. Gotty, A. Droit. 2021. Mise en place d'une application web d'aide à la visualisation et à l'interprétation des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre. Conférencier invité au Colloque Pomme de terre 2021, Lévis, 19 novembre.

The screenshot shows a web browser window with the URL [craaq.qc.ca/Evenements-du-CRAAQ/colloque-sur-la-pomme-de-terre-2021/e/2590#tab\\_tab-programme](https://craaq.qc.ca/Evenements-du-CRAAQ/colloque-sur-la-pomme-de-terre-2021/e/2590#tab_tab-programme). The page is titled "Programme" for "Vendredi 19 novembre 2021".

**BLOC 1 : PRATIQUES CULTURALES ET LUTTE INTÉGRÉE**  
ANIMATION AVANT-MIDI  
Sarah-Maude Larose-Lavallée et Christine Bourbonnais

8 h Café de bienvenue 

8 h 45 Mot de bienvenue et directives pour la journée

8 h 55 Mot d'ouverture du président d'honneur  
Julien Pinsonneault, Ferme R. Pinsonneault et Fils

9 h **Démystifier les biostimulants et leur fonctionnement**  
*Conférence donnée en anglais, traduction simultanée en français disponible*  
**Adriano Altissimo**, M. Sc., professionnel de recherche, LANDLAB srl  
*Les biostimulants sont des produits récents et prennent de plus en plus d'importance. La façon de les utiliser doit être connue avec précision et adaptée aux conditions environnementales variables. Une compréhension plus approfondie de leur composition et de leur mode d'action est cruciale.*

9 h 40 **Mise en place d'une application web d'aide à la visualisation et à l'interprétation des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre**  
**Richard Hogue**, Ph. D., chercheur-biologiste, IRDA  
*Présentation de l'application web Horus qui facilite l'interprétation des données issues de l'analyse du microbiome du sol et les contextualise à l'échelle du champ et par rapport à des valeurs références de la ferme ou de la province.*

10 h 05 Pause

The right side of the page lists sponsors: **Partenaires OR** (LA PATATE LAC-SAINT-JEAN, BASF) and **Partenaires ARGENT** (AIR, synAgri, BAYER).

Le plan de financement des activités de diffusion et de transfert se poursuit un an après le dépôt du rapport final de projet, soit le 12 janvier 2023. D'ici là nous poursuivrons nos efforts pour assurer la réalisation des activités de diffusion scientifique et de transfert prévues dans ce plan.

**Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs** (joindre en annexe la documentation en appui. Au moins une preuve de réalisation d'une activité de transfert aux utilisateurs est obligatoire pour l'acceptation du rapport final.)

**5.1)** Jeanne, T., R. Hogue, A. Droit, S-E. Parent et P. Parent. 2019. *Un nouvel outil d'aide à la décision basé sur le microbiome des sols : Développement d'une application web pour les producteurs de pommes de terre*. Affiche présentée au Colloque Pomme de terre 2019, Lévis, 22 novembre.

Voir Annexe Section 5, item 5.1 : Affiche présentée qui schématise les diverses fonctionnalités de l'application web de même que les étapes et les partenaires du projet. Plusieurs producteurs, agronomes-conseils et autres intervenants du secteur pommes de terre nous ont transmis leurs commentaires et suggestions lors de la présentation de notre affiche.

**5.2)** Hogue, R., T. Jeanne, S. Gotty, A. Droit. 2021. Le projet Horus, une application web d'aide à la visualisation et à l'interprétation des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre. Conférencier invité au Colloque Pomme de terre 2021, Lévis, 19 novembre.

Voir Annexe Section 5, item 5.2 : Une conférence de 30 min a présenté les faits saillants de la réalisation du projet IA219133 en dévoilant les résultats de l'application Horus. Une présentation vidéo de 10 min intégrée à la conférence a présenté les fonctionnalités de l'application à l'aide d'exemples tirés de la version Démo de l'application.

**5.3)** Activités liées à la phase de deuxième itération de la version bêta v2 de l'application web en vue de finaliser l'application web Horus-Démo.

Des utilisateurs et des partenaires du CRPTQ, dont les entreprises partenaires au projet Cultures H. Dolbec et Pommes de terre Laurentiennes ont été impliqués de l'automne 2020 à l'été 2021 à la réalisation des activités liées à la phase de deuxième itération de la version bêta de l'application web en vue de finaliser l'application web Horus-Démo. Cette dernière a été utilisée lors des activités de formation et de transfert qui ont eu lieu en décembre 2021 à la suite de la présentation au Colloque Pomme de terre 2021.

**5.4)** Activités liées à l'évaluation de l'application web Horus-Démo par des utilisateurs recrutés parmi les participants au Colloque Pommes de terre 2021 et les partenaires du CRPTQ. Une trentaine d'évaluateurs se sont inscrits à l'activité via un formulaire en ligne pour obtenir un code d'accès spécifique à Horus-Démo. Les évaluateurs ont été invités à compléter un sondage et émettre leurs commentaires concernant leur rétroaction à l'utilisation d'Horus-Démo.

Voir Annexe Section 5, item 5.4 : Message courriel transmis à chacun des évaluateurs de Horus-Démo

**5.5)** Mise en service d'un site web dédié à diffuser des informations concernant l'application web Horus.

Voir Annexe Section 5, item 5.5 : Saisie d'écran de la page d'accueil du site <https://horusmicrobiome.ca>

Lors de la présentation de l'affiche en 2019 et de la conférence en 2021, nous avons mentionné que toutes les activités du projet ont été réalisées grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le projet a également bénéficié d'une aide financière du Consortium de recherche sur la pomme de terre du Québec.

Le plan de financement des activités de diffusion et de transfert se termine en janvier 2023. Le rapport final des activités de diffusion scientifique et de transfert présentera le bilan final des activités réalisées.



## Section 6 – Grille de transfert des connaissances

<b>1. Résultats</b> Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	<b>2. Utilisateurs</b> Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	<b>3. Message</b> Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	<b>4. Cheminement des connaissances</b> a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
Base de données Horus regroupant les données des variables agronomiques, environnementales, physico-chimiques et de la diversité en richesse, en composition et en fonctions des communautés de bactéries, champignons et microfaunes du microbiome de sols géolocalisés.	Producteurs et agronomes-conseils des entreprises  Chercheurs  Intervenants du secteur privé ou gouvernemental des filières agricoles	-La BD Horus est structurée pour mieux colliger et centraliser une diversité de variables et se lier à des sources de données diverses afin de simplifier la gestion des données des champs de l'entreprise. -La centralisation des données et les règles de gestion/validation des données sont requises pour élaborer les modèles. -La BD centralise les données et le gain d'informations issues du traitement des données appui mieux l'orientation des politiques et des actions.	1- Des journées d'information/formation en ligne ou en présentiel 2- Des webinaires liés à la santé des sols ou aux pratiques de gestion d'un système de culture permettent de montrer le fonctionnement d'Horus lorsque des résultats/effets concernant les cultures et les sols doivent être visualisés. 3- Créer un réseau microbiome pour un ensemble ou des filières spécifiques via lequel les informations sur le microbiome des sols et l'impact des systèmes culturaux et des pratiques agricoles sur les variables agronomiques, environnementales, physico-chimiques et du microbiome des sols cultivés peuvent être visualisés et discutés.
Application web Horus regroupant des outils de visualisation des données et trois panneaux principaux pour la visualisation, la comparaison et l'exportation des données de la BD-Horus	Producteurs et agronomes-conseils des entreprises  Chercheurs  Intervenants du secteur privé ou gouvernemental des filières agricoles	-L'outil d'aide à la visualisation et à l'interprétation des données permet de mieux connaître l'état des sols, cibler les déficiences et sélectionner les actions. Gains en productivité/ durabilité des sols -Les données collectées par les producteurs aident les chercheurs à développer des modèles prédictifs des effets des systèmes culturaux et des pratiques. -Les intervenants peuvent élaborer des politiques/actions plus adaptées aux effets des cultures et des pratiques et mieux circonscrites aux sols vulnérables.	1- Le Plan d'agriculture durable offre un soutien financier pour favoriser l'adoption des pratiques bénéfiques pour atténuer l'impact des changements climatiques, il faudrait inciter/soutenir les entreprises financées à faire les analyses requises pour documenter l'état initial et final des sols traités et témoins. Ceci pour accroître le volume de données à intégrer à la BD-Horus afin d'accroître la précision/utilité des modèles d'apprentissage machine ou des modules d'analyse, de visualisation et d'interprétation de l'état de santé des sols intégrés à Horus. 2- Poursuivre le développement des modules de visualisation des données pour mieux les adapter aux plateformes utilisées par les utilisateurs (ordinateur, tablette, téléphone) ou aux besoins de transmettre des informations complexes, mais dont l'interprétation est facilitée par des visuels dynamiques et performants.

## **Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées**

L'industrie du secteur pommes de terre a participé à deux étapes principales du projet en 2019 et 2020.

Cultures H. Dolbec (Philippe Parent) : Contribution à la mise en place du comité aviseur regroupant des producteurs et intervenants de la filière pomme de terre pour définir le cahier des charges et des fonctionnalités de l'application web (activité 2 réalisée entre décembre 2019 et février 2020).

Deux rencontres réunissant l'équipe de recherche, les producteurs (Culture H. Dolbec, Pommes de terre Laurentiennes) et des intervenants de la filière (Samuel Morissette agr. conseil Production des Chutes, Mélanie Gauthier agr. M.Sc. AgroEnviroLab , Isabelle Marquis agr. coordonatrice CRPTQ) qui collaborent au projet ont été tenues pour définir un cahier des charges et la liste des fonctionnalités de l'application web. Ces réunions ont permis de sélectionner les variables agronomiques, physico-chimiques et du microbiome des sols pour lesquelles des outils de visualisation doivent être développés et intégrés à une plateforme web facilitant leur interprétation.

Évaluation de la version bêta de l'application web par les producteurs et les intervenants du comité aviseur lors de l'activité 5 entre mars et mai 2020.

Évaluation de l'application Horus-Démo par les producteurs et les intervenants du comité aviseur et par une vingtaine de producteurs et intervenants de la filière pomme de terre qui se sont inscrits sur le site horusmicrobiome.ca à la suite de la présentation de l'application Horus-Démo lors du Colloque Pomme de terre le 19 novembre 2021. Lors de l'activité 6, entre novembre 2021 et janvier 2022, les commentaires et suggestions de ces évaluateurs sont colligés pour bonifier l'apparence, les fonctionnalités et la convivialité de l'application Horus et du site web horusmicrobiome.ca. Le site et l'application web sont entretenus et hébergés par l'équipe du Laboratoire d'écologie microbienne et le service des infrastructures informatiques de l'IRDA jusqu'en 2023, le temps de trouver un financement permettant d'assurer la pérennité du site et de l'application Horus.

Le partenaire CRPTQ et Cultures H. Dolbec ont réalisé leur engagement stipulé dans le plan de financement de contribuer financièrement et en nature respectivement au projet.

## **Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique** (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

### **Objectifs globaux du projet :**

- 1- Mettre en place une application web innovante et conviviale pour faciliter la visualisation et l'interprétation agronomique des analyses de la qualité des sols en culture de pommes de terre.
- 2- Cette application web est intégrée à des plateformes numériques existantes pour faciliter l'interprétation graphique vulgarisée des résultats issus de l'interrogation d'une base de données massives géolocalisées par les producteurs, leurs conseillers et les autres intervenants de la filière pommes de terre.

### **Objectif spécifique 1.0 :** réalisé du 06/2019 au 11/2019

La base de données disponible en début de projet et regroupant des variables physico-chimiques et des variables de 833 microbiomes des sols analysés a été adaptée et structurée au format MySQL.

### **Objectif spécifique 2.0 :** réalisé de 12/2019 au 02/2020

Deux rencontres réunissant l'équipe de recherche, les producteurs (Culture H. Dolbec, Pommes de terre Laurentiennes) et des intervenants de la filière (Samuel Morissette agr. conseil Production des Chutes, Mélanie Gauthier agr. M.Sc. AgroEnviroLab , Isabelle Marquis agr. coordonatrice CRPTQ) qui collaborent au projet ont été tenues pour définir un cahier des charges et la liste des fonctionnalités de l'application web.

Ces réunions ont permis de sélectionner les variables agronomiques, physico-chimiques et du microbiome des sols pour lesquelles des outils de visualisation doivent être développés et intégrés à une plateforme web facilitant leur interprétation.

### **VARIABLES AGRONOMIQUES**

Type de production (Table, transformation, semence) | Système cultural | Précédent | Type de fertilisation | Zone géographique | Dates plantation et récolte | Cultivar | Rendement | Indices de maladies |

### **VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES**

Texture | %MO | ratio C/N | pH | C-actif

### **VARIABLES BIOLOGIQUES DU MICROBIOME**

Indices de richesse | Indice de productivité (bactérien, fongique) | Indices de risque de maladies bactériennes, fongiques | Ratio quantité totale Bactéries/Champignons

### **VARIABLES MÉTÉOROLOGIQUES**

Précipitations cumulées | Degrés-jours | Temp. Moyenne de l'air et du sol

Les valeurs sont déterminées par la station météo la plus proche de la zone échantillonnée

### **Objectif spécifique 3.0 :** réalisé du 12/2019 au 04/2020

Pour uniformiser les données lors de la réalisation de l'objectif spécifique 3.0, il a été nécessaire de travailler sept mois de plus que prévu sur une standardisation et une codification des données agronomiques. Ceci afin de réanalyser l'ensemble des données biologiques de la diversité microbienne des sols et pour s'assurer que toutes les données soient traitées selon les mêmes versions de logiciels informatiques et des mêmes bases de données de référence.

### **Objectif spécifique 4.0 :** réalisé du 03/2020 au 10/2020 (Voir Annexe Section 8, Obj. 4.)

Développement de la version bêta de l'application web en vue de la soumettre à une évaluation auprès des producteurs et intervenants de la filière partenaires et collaborateurs au projet.

Les principales règles de fonctionnement de l'application ont été convenues :

- 1- Un utilisateur doit s'identifier par son identifiant et un code d'accès unique;
- 2- Un utilisateur ne peut visualiser que les données des champs de son entreprise;
- 3- Un regroupement d'entreprises peut autoriser un utilisateur à visualiser les données des entreprises regroupées. Cette autorisation est en tout temps révoquée;

- 4- Le panneau d'accueil permet de présenter des visuels (figures ou graphes) pour les valeurs de plusieurs variables issues d'un échantillon de sol prélevé dans un champ. Les données de tous les échantillons de sol prélevés dans le champ sélectionné par l'utilisateur sont localisées sur une carte dans une fenêtre au sein du panneau principal (Annexe 8 Obj.4);
- 5- Le deuxième panneau permet de comparer deux variables d'un même champ ou les valeurs d'une même variable mesurées dans deux champs. Le panneau inclut quatre fenêtres, deux pour les cartes de champ, deux pour les visuels des valeurs des variables. Ces deux dernières fenêtres permettent de présenter les valeurs moyennes des champs sur une échelle présentant la dispersion des valeurs moyennes de cette variable pour l'ensemble des champs de la base de données (Annexe 8 Obj.4);
- 6- Le troisième panneau permet de visualiser un tableau compilant toutes les valeurs des variables de tous les champs de l'entreprise ou des seuls champs sélectionnés par l'utilisateur. Les valeurs dans ce tableau sont exportables en format compatible pour des analyses statistiques.

Pour réaliser une première maquette de l'application web pomme de terre, nous avons créé un schéma permettant d'intégrer les objectifs du projet dans le développement de l'application (Figure 1).

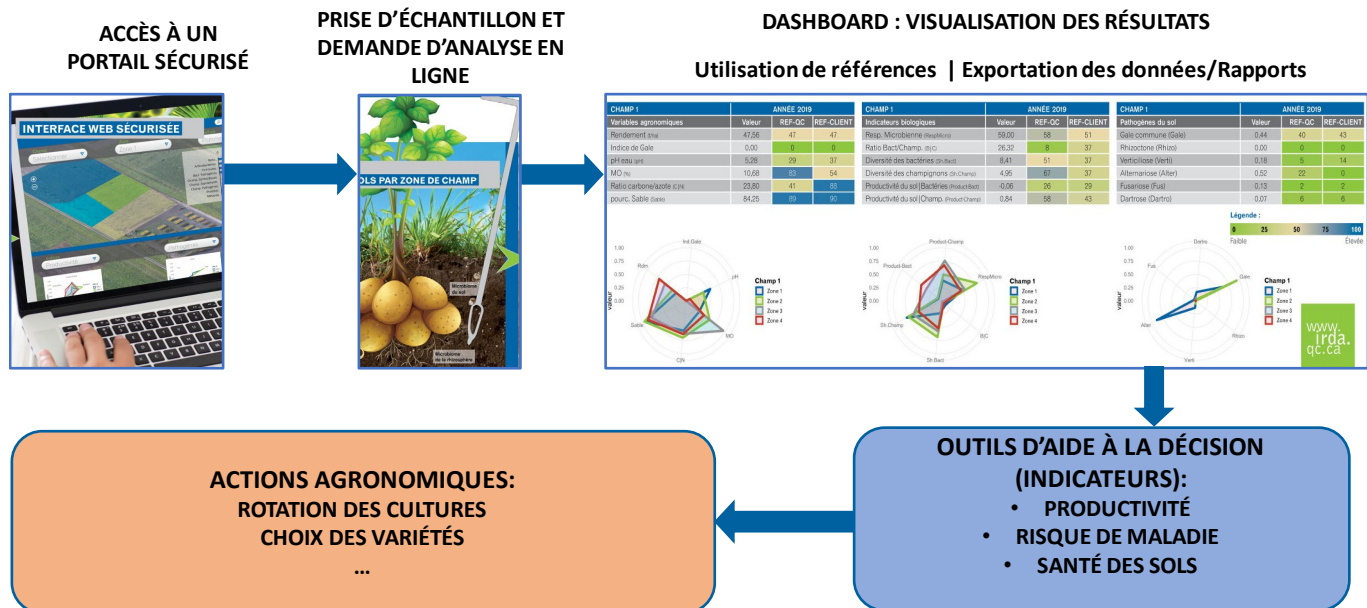


Figure 1 : Maquette du développement et des fonctions de l'application web.

Les conclusions tirées de cette rencontre avec les quatre intervenants du secteur, de même que celles tirées de plusieurs discussions tenues avec les producteurs et les agronomes-conseils qui ont pris connaissance de notre affiche lors du Colloque pomme de terre en novembre 2019, nous ont confirmé l'importance d'intégrer à l'application des données en lien avec les risques de maladies de la pomme de terre.

La capacité de détecter des séquences spécifiquement liées aux organismes pathogènes détectés dans le sol nous a permis d'intégrer des indices de risques associés aux principales maladies de la pomme de terre. Ces indices sont basés sur la détection et l'identification d'organismes pathogènes à partir des données de séquençage à haut débit issues de la même analyse de base du microbiome du sol.

Les données issues de cette analyse de base du microbiome du sol étaient déjà utilisées pour calculer les indices de productivité du sol (Jeanne et al., 2019). Les résultats d'un projet réalisé par notre équipe et terminé en 2019 (IA117741) comportaient un jeu plus important de données agronomiques, physico-chimiques et du microbiome. Ces données issues de 833 sols analysés ont accru la capacité de l'application web à fournir des valeurs références d'indices de productivité des sols et de risques de maladies pour des champs de la base de données.

Avec l'équipe du Dr A. Droit de l'Université Laval, nous avons choisi un langage de programmation (Dash sous Python) de type ouvert « open source » pour faciliter l'accessibilité de l'application et les futurs développements. Cette approche facilite également la mise en place d'une connexion sécurisée. La sécurité des données est une préoccupation importante pour nous. Elle est au centre du développement de l'application et cet élément fait partie d'un développement spécifique intégré à la version bêta v1 évaluée par les producteurs partenaires.

**Objectif spécifique 5.0** : réalisé du 11/2020 au 09/2021 (Voir Annexe Section 8, Obj.5)

Le développement de la version bêta v2.0, appelée Horus – Démo, a donné lieu à des développements logiciels pour mettre en place un portail d'accès sécurisé, pour visualiser l'historique de variables dans le temps, pour avoir la capacité de regrouper et/ou filtrer des données selon des critères choisis par l'utilisateur (ex. régie de culture...) et pour réaliser plusieurs améliorations des visuels des valeurs des variables et des moyennes des variables pour les sols analysés et les références issues de la version bêta.

Développement de la version bêta v2.0, appelée Horus – Démo, qui intègre les modifications proposées par les évaluateurs de la version bêta. Les principales modifications ont trait aux aspects suivants :

1- Retrouver dans le panneau d'accueil de l'application web les éléments suivants (Annexe 8 Obj.5):

- Une carte à échelles variables de géolocalisation pour y présenter les champs sélectionnés par l'utilisateur parmi la liste de tous les champs de la BD pour lesquels des données doivent être visualisées.
- L'utilisateur peut sélectionner une seule ou plusieurs années pour lesquelles des données sont disponibles pour le ou les champs sélectionnés.
- Dans la moitié inférieure du panneau d'accueil, cinq fenêtres présentent chacune les valeurs d'un indice calculé à partir des données du microbiome des sols analysés (Indice bactérien de productivité des sols, Indice fongique de productivité des sols, indice de diversité, indice de risque de maladies bactériennes, indice de risque de maladies fongiques). Les producteurs et intervenants nous ont affirmé vouloir, dès le panneau d'accueil, privilégier la visualisation et l'interprétation innovante des données du microbiome puisque l'interprétation des indicateurs physico-chimiques est déjà bien acquise.
- Pour chacune des 5 fenêtres, intégrer la visualisation des valeurs d'indice des champs que l'utilisateur veut comparer, et, présenter dans la partie supérieure de chaque fenêtre la valeur moyenne de chaque champ comparé sur un graphe qui situe ces moyennes par rapport à la dispersion des valeurs moyennes obtenues pour soit : (a) tous les champs inscrits dans la base de données; (b) les seuls champs de la base de données qui sont du même groupe textural que le champ sélectionné par l'utilisateur; (c) tous les champs de l'entreprise; (d) tous les champs de l'entreprise ayant le même groupe textural que le champ sélectionné par l'utilisateur (Annexe 8 Obj.5).

2- Retrouver dans le deuxième panneau de l'application web les éléments suivants (Annexe 8 Obj.5):

- Le deuxième panneau permet de comparer deux variables d'un même champ ou les valeurs d'une même variable mesurées dans deux champs. Le panneau inclut quatre fenêtres, deux pour les cartes de champ, deux pour les visuels des valeurs des variables. Ces deux dernières fenêtres permettent de présenter les valeurs moyennes des champs sur une échelle présentant la dispersion des valeurs moyennes de cette variable pour l'ensemble des champs de la base de données.
- Le troisième panneau permet de visualiser un tableur compilant toutes les valeurs des variables de tous les champs de l'entreprise ou des seuls champs sélectionnés par l'utilisateur. Ce tableur est exportable en format compatible pour des analyses statistiques.

**Objectif spécifique 6.0** : réalisé du 10/2021 au 01/2022 (Voir Annexe Section 8, Obj.6)

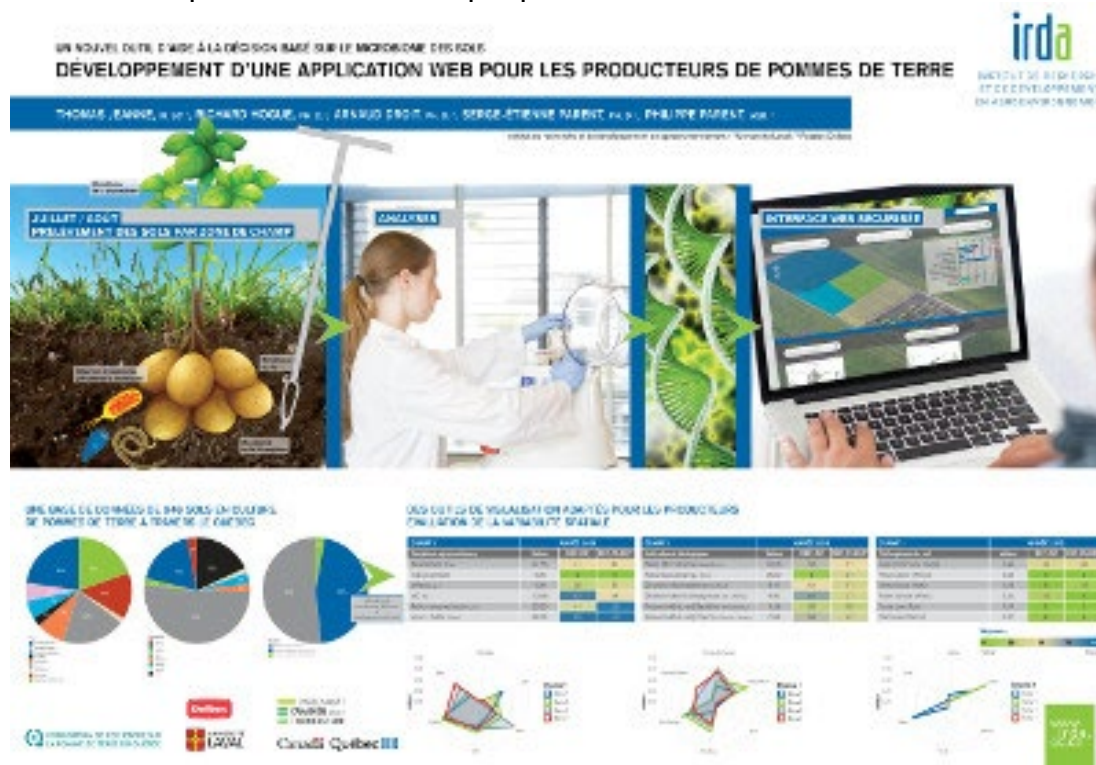
Cet objectif vise à recueillir auprès des producteurs et des intervenants de la filière pomme de terre qui se sont inscrits pour évaluer l'application web Horus-Démo tous leurs commentaires de rétroaction. Les commentaires reçus après la présentation de la conférence du 19 novembre 2021 et lors des visites du kiosque IRDA dans la salle attenante à la salle des conférences ont été très positifs.

Les producteurs et les agronomes-conseils déjà engagés dans une évaluation de leurs systèmes culturaux et de leurs régies et pratiques agronomiques en vue d'améliorer le taux de matière organique et la santé de leurs sols ont particulièrement été intéressés par la visualisation des indices issus de l'analyse du microbiome. Plusieurs producteurs sont regroupés dans des initiatives visant à mieux connaître la biologie de leurs sols et ils se sont montrés très intéressés à s'inscrire au Réseau Microbiome mis en place par le Laboratoire d'écologie microbienne de l'IRDA pour diffuser, via le site <https://horusmicrobiome.ca>, des informations relatives aux analyses du microbiome, à la diversité biologique des sols et aux fonctions rendues par le microbiome des sols agricoles.

Le rapport final du projet rend compte du développement de l'application Horus en date de mi-janvier 2022.

## ANNEXE Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

### 5.1 : Affiche présentée au Colloque pomme de terre 2019



### 5.2 : Conférence de 30 min présentée par Richard Hogue au Colloque Pomme de terre 2021 (voir page suivante)

**irida** INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

---

## Le projet Horus

Une présentation de Richard Hogue  
 Colloque Pomme de terre  
 19 novembre 2021

PARTENARIAT  
 CANADIEN pour  
 L'AGRICULTURE

Canada Québec

CONSORTIUM DE RECHERCHE SUR  
 LA POMME DE TERRE DU QUÉBEC

UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

**Dolbec**

Partenaires financiers

Partenaires de R&D

Une présentation vidéo de 3 minutes des principaux éléments de la conférence a été présentée en boucle au kiosque IRDA lors de la tenue du Colloque Pomme de terre 2021.

## ANNEXE Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (suite)

5.4 : Message courriel transmis à chacun des évaluateurs de Horus-Démo en décembre 2021



Bonjour,

À la suite de votre demande d'accès à la version démo de Horus, nous avons le plaisir de vous transmettre vos informations de connexion. Veuillez noter que vous aurez accès gratuitement à la plateforme numérique pour une période de 7 jours.

**Identifiant :** demo17

**Mot de passe :** tCEtYPr&ht

### Accéder à Horus

1. Cliquez [ici](#) pour accéder à la page web officielle de Horus.
2. Cliquez sur le bouton web « **Se connecter à Horus** ».
3. Insérez votre identifiant et votre mot de passe. Pour votre première connexion, vous devrez insérer deux fois vos identifiants.



## **Pour une expérience de navigation optimale**

Commencez par explorer les menus et les fonctionnalités d'Horus pour vous familiariser avec la plateforme. Des bulles d'aide sont situées à différents endroits pour vous guider et un [tutoriel](#) (encore en développement) est mis à votre disposition.

Notre jeu-questionnaire vous permettra de découvrir les possibilités d'Horus. Participez et courez la chance de gagner **un sac un dos de randonnée**. Un tirage au sort sera effectué parmi les participants le 15 décembre 2021. Vous pourrez transmettre vos réponses aux trois questions suivantes en complétant notre [sondage d'appréciation](#).

### Question 1

"Menu principal"- En 2018, quel champ présente un indice biologique de productivité (SBI-Procarotes) le plus élevé? (essayez de grossir les boites en recadrant avec la souris).

### Question 2

"Menu comparaison des champs" - À partir de la zone cartographique, quelle est la valeur la plus élevée du ratio bactérie/champignon pour le champ 3 en 2017?

### Question 3

" Menu comparaison des champs " - La proportion moyenne d'agent pathogène de la gale commune du champ 4 en 2017 est-elle faible, dans la moyenne ou élevée par rapport à la courbe référence globale pour les champs du même groupe textural?

## **Votre opinion compte**

À ce stade du développement de la plateforme numérique Horus, l'avis et les recommandations de la communauté agroenvironnementale nous sont précieux.

Prenez cinq minutes de votre temps pour compléter le [sondage d'appréciation](#) en ligne.

## **Des questions ?**

Écrivez-nous à [horus@irda.qc.ca](mailto:horus@irda.qc.ca).

Merci pour votre intérêt et pour votre contribution au développement d'Horus.

L'équipe de développement d'Horus

## ANNEXE Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (suite)

5.5 : Saisie d'écran de la page d'accueil du site <https://horusmicrobiome.ca>

IRDA | Intranet x ho https://horusmicrobiome.ca x +

← → ↻ 🏠 horusmicrobiome.ca

Accueil Tutoriel Analyse À propos Contact

# horus

VISUALISER  
COMPARER  
AGIR

irda

Nouvel outil d'aide à la décision, Horus est une plateforme numérique créée en collaboration par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement et l'Université Laval. Horus permet aux producteurs et aux agronomes d'avoir accès à leurs données agronomiques et de propriétés de sol pour mesurer l'impact des pratiques agricoles et viser une agriculture durable.

[Demander une démonstration](#) [Se connecter à Horus](#) [Effectuer des analyses de sols](#)

## Partenaires

INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

UNIVERSITÉ LAVAL

PARTENARIAT CANADIEN pour l'AGRICULTURE

CONSORTIUM DE RECHERCHE SUR LA POMME DE TERRE DU QUÉBEC

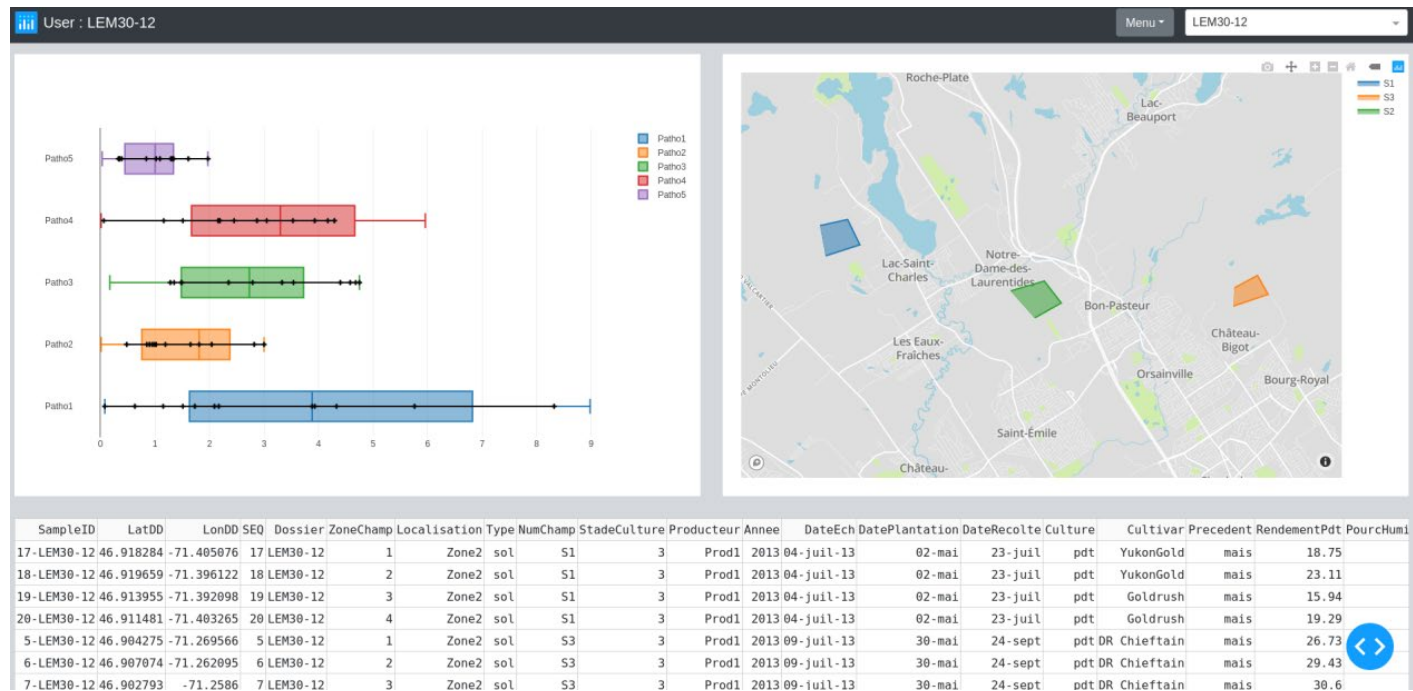
Canada Québec

Proudly powered by WordPress.

## ANNEXE Section 8 – Objectif 4 - Panneaux de la version bêta de l'application web

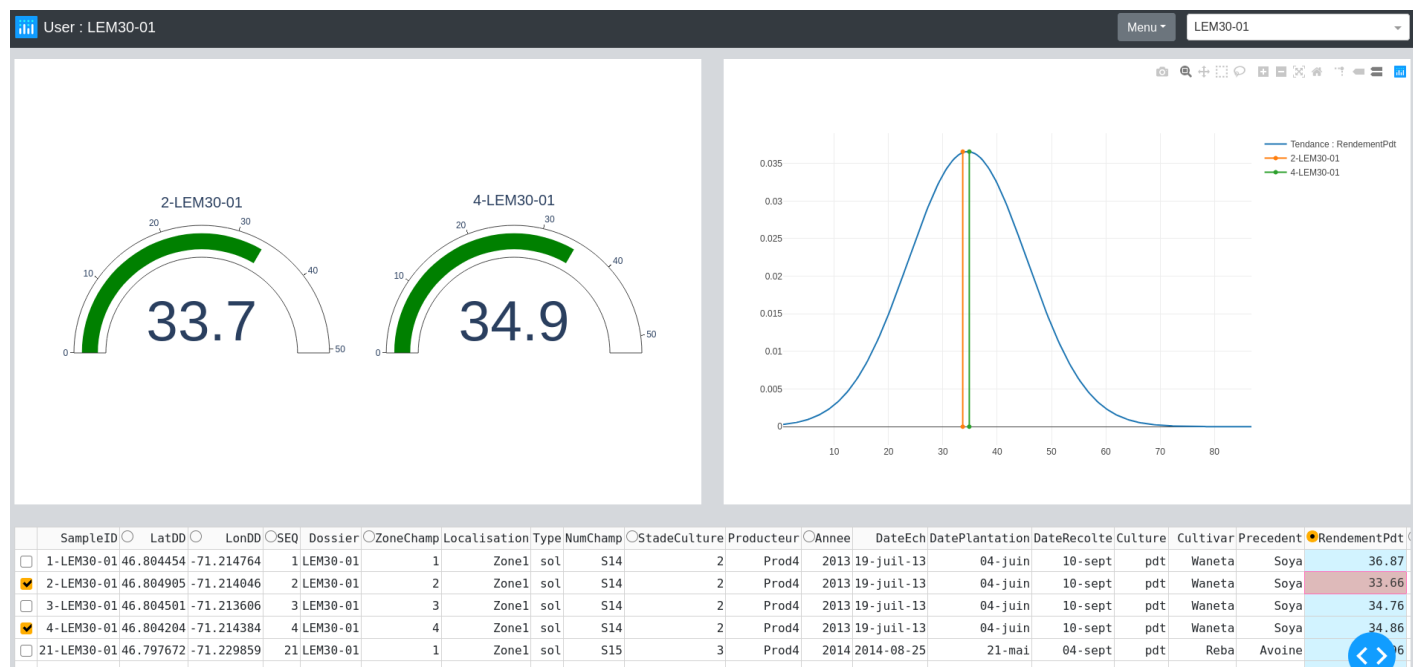
### Panneau d'accueil de la version bêta de l'application web

Une fenêtre de géolocalisation des champs analysés (localisations fictives), une fenêtre des valeurs des variables et une fenêtre inférieure qui regroupe dans un tableau les valeurs des variables. Le tableau s'exporte.



### Deuxième panneau de la version bêta de l'application web

Deux fenêtres de visualisation des valeurs et des moyennes de deux champs vs les moyennes référence.



## ANNEXE Section 8 – Objectif 5 - Panneaux de la version Horus - Démo de l'application web

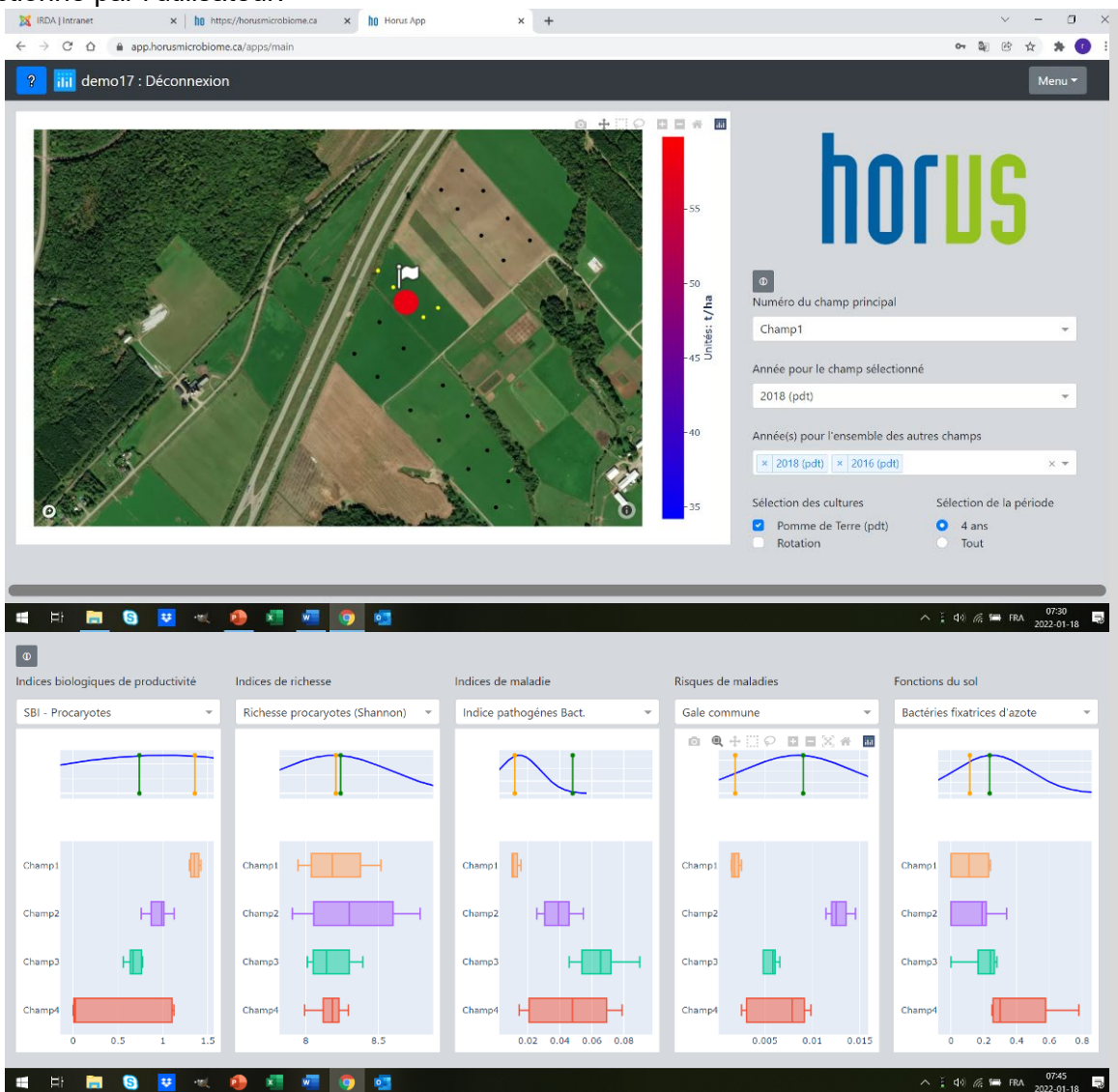
### Panneau d'accueil de la version Horus-Démo de l'application web en date du 12 janvier 2022

Dans la moitié supérieure du panneau d'accueil, une fenêtre de géolocalisation des sols analysés pour les champs sélectionnés. À droite, l'utilisateur peut sélectionner des champs, des années et des types de cultures à visualiser sur la carte à gauche.

Dans la moitié inférieure du panneau, cinq fenêtres pour autant de variables indicatrices issues de l'analyse du microbiome des sols prélevés dans un champ sélectionné. Dans la partie inférieure de chaque fenêtre l'utilisateur visualise la répartition des valeurs mesurées de chacun des sols prélevés ainsi que la moyenne de ces sols pour chacun des champs sélectionnés dans la fenêtre supérieure du panneau d'accueil.

Il y aura un visuel des valeurs mesurées et de la moyenne de chacun des champs sélectionnés. Ici l'exemple présente une sélection de quatre champs. Dans cette partie inférieure du panneau, l'utilisateur peut de nouveau sélectionner un ou plusieurs des champs pour lesquels il y a un visuel des données.

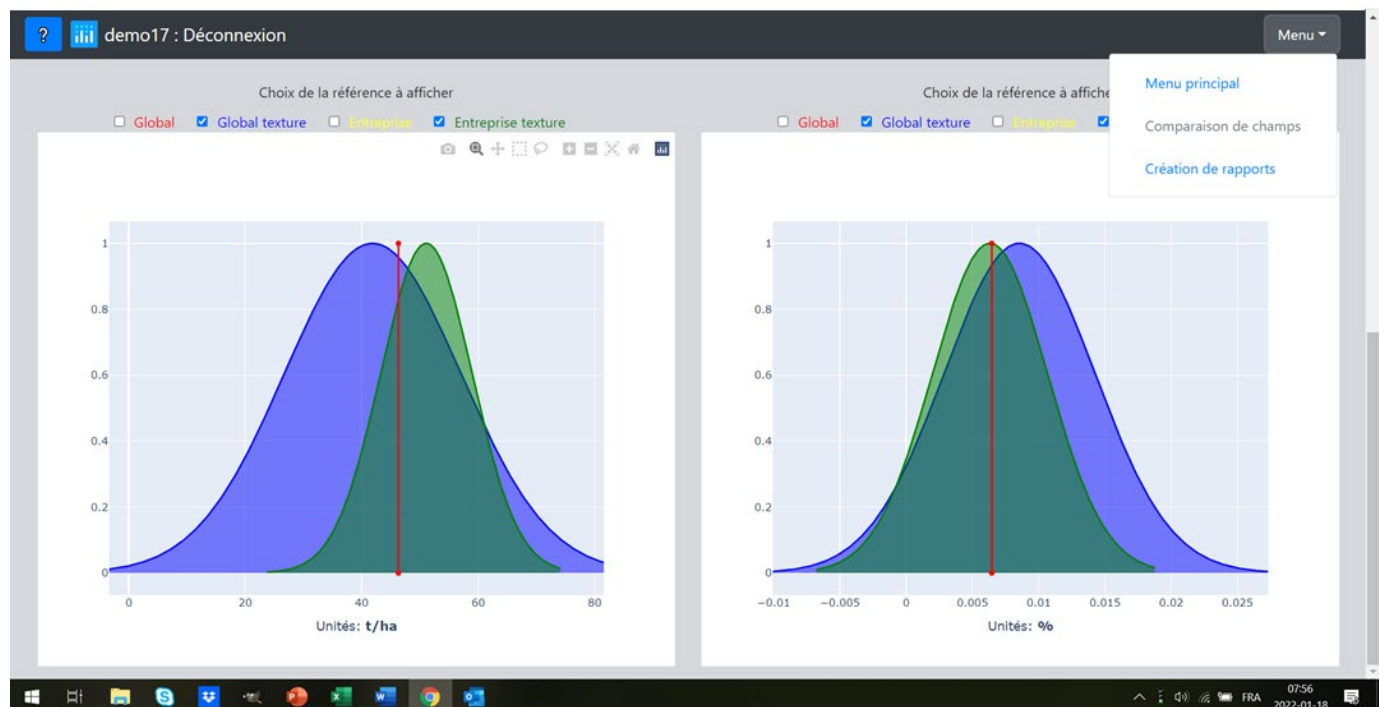
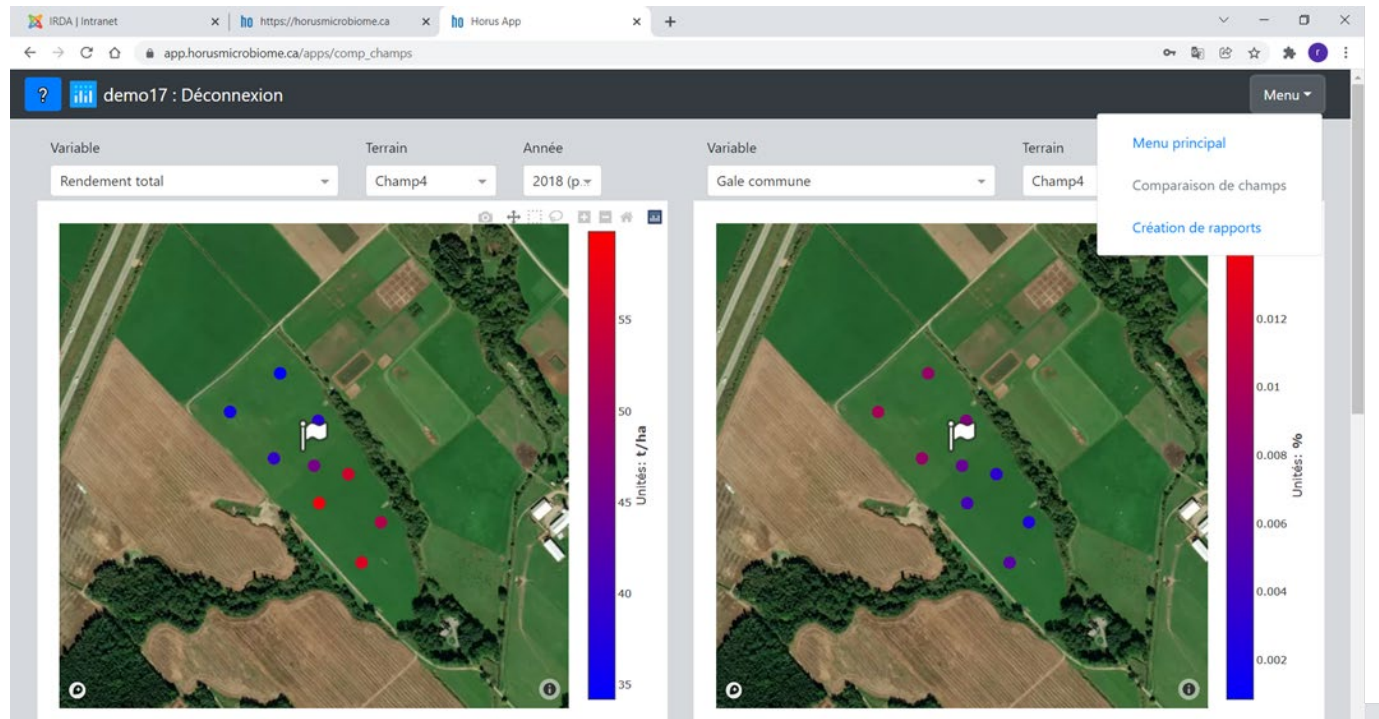
Dans l'exemple illustré de quatre champs, les champs 1 (orangé) et 3 (vert) ont été sélectionnés et, pour la variable de la fenêtre (indice de productivité, indice de richesse, indice de maladies), chaque moyenne (flèche orangée et flèche verte) est comparée à la répartition des moyennes référence (courbe bleue) calculées à partir de soit (a) l'ensemble de tous les champs de la base de données, (b) les seuls champs de la base de données qui sont du même groupe textural que le champ sélectionné par l'utilisateur; (c) tous les champs de l'entreprise; (d) tous les champs de l'entreprise ayant le même groupe textural que le champ sélectionné par l'utilisateur.



## ANNEXE Section 8 – Objectif 5 - Panneaux de la version Horus - Démo de l'application web

Deuxième panneau de la version Horus-Démo de l'application web en date du 12 janvier 2022

Le deuxième panneau permet de comparer deux variables d'un même champ ou les valeurs d'une même variable mesurées dans deux champs. Le panneau inclut quatre fenêtres, deux pour les cartes de champ, deux pour les visuels des valeurs des variables. Ces deux dernières fenêtres permettent de présenter les valeurs moyennes des champs sur une échelle présentant la dispersion des valeurs moyennes de cette variable pour l'ensemble des champs de la base de données.



## ANNEXE Section 8 – Objectif 5 - Panneaux de la version Horus - Démo de l'application web

Troisième panneau de la version Horus-Démo de l'application web en date du 12 janvier 2022

Un troisième panneau permet de visualiser un tableau compilant toutes les valeurs des variables de tous les champs de l'entreprise ou des seuls champs sélectionnés par l'utilisateur. Ce tableau est exportable en format compatible pour des analyses statistiques.

app.horusmicrobiome.ca/apps/rapports

demo17 : Déconnexion

Menu

### Sélection de données

Créer le rapport

**Risques de maladies**

- Gale commune
- Pourritures bactériennes
- Dartrose
- Fusariose
- Tache noire
- Indice pathogènes Bact.
- Indice pathogènes Champ.

**Indices biologiques**

- Richesse procaryotes (Shannon)
- Richesse champignons (Shannon)
- Bactéries fixatrices d'azote
- Bactéries dénitrifiantes
- Bactéries cellulolytiques
- Champignons saprophytes du sol
- Champignons saprophytes de la litière
- Champignons mycorhyziens arbusculaires
- Quantité Bactéries
- Quantité Champignons
- Ratio Bact/Champ

**Indices chimiques**

- pH
- Carbone total
- Azote total
- Ratio C/N
- Carbone organique
- Carbone actif
- Phosphore
- Potassium
- Calcium
- Magnésium
- Fer
- Manganèse
- Aluminium
- Cuivre
- Zinc
- Nitrate
- Ammonium

**Indices de rendement**

- SBI - Procaryotes
- SBI - Champignons

Texture

- Texture fine
- Texture moyenne
- Texture corsée

Numéro du champ

Année de sélection pour le champ

	EchNB	EchID	EchType	Dossier	CodeClient	Année	Date de prélèvement	LatDD	LonDD
x	DEMO_756	756	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.68	-71.93
x	DEMO_757	757	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.68	-71.93
x	DEMO_758	758	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.67	-71.92
x	DEMO_759	759	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.67	-71.92
x	DEMO_760	760	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.68	-71.93
x	DEMO_761	761	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.67	-71.93
x	DEMO_762	762	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.67	-71.93
x	DEMO_763	763	sol	DEMO	demo	2018	7/17/2018	46.67	-71.92

08:04  
2022-01-18



Fig. 1. Page d'accueil de la plateforme <https://horusmicrobiome.ca> donnant accès à l'application Horus.

Des tutoriels sont disponibles pour se familiariser avec les fonctionnalités de l'application Horus. Des informations sont fournies à propos des types d'analyse de sol à réaliser pour déterminer la qualité du sol, de même que sur les analyses des communautés microbiennes composant le microbiome du sol cultivé.

Des formulaires de demande d'accès à Horus et de demandes d'analyses de sols y sont accessibles.