HAL
open science

Pour un portail INRAE d'information sur les impacts et l'adaptation au changement climatique de l'agriculture, la forêt et les ressources en eau. Cadrage, état des lieux et propositions

Chantal Gascuel, Bertuzzi Patrick, Denis Allard, Helene H. Raynal

To cite this version:

Chantal Gascuel, Bertuzzi Patrick, Denis Allard, Helene H. Raynal. Pour un portail INRAE d'information sur les impacts et l'adaptation au changement climatique de l'agriculture, la forêt et les ressources en eau. Cadrage, état des lieux et propositions. [Rapport de recherche] INRAE. 2021. hal-03711266

HAL Id: hal-03711266

https://hal.inrae.fr/hal-03711266v1

Submitted on 1 Jul 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pour un portail INRAE d'information sur les impacts et l'adaptation au changement climatique de l'agriculture, la forêt et les ressources en eau

Cadrage, état des lieux et propositions

18 mai 2021

Contributeur.rice.s

Coordinateur.rice.s

Chantal Gascuel, directrice scientifique Adjointe Environnement, préfiguration du MP Climae
Denis Allard, UR BIOSP, Avignon, préfiguration du MP Climae
Patrick Bertuzzi, US AgroClim, Avignon, préfiguration du MP Climae
Hélène Raynal, UMR AGIR, Toulouse

Composition du groupe de travail et personnes consultées

Vincent Badeau, UMR Silva, Nancy
Gianni Bellocchi, UMR URE, Clermont-Ferrand
Antonio Bispo, US Infosol, Orléans
Nathalie Bréda, UMR Silva, Nancy
Philippe Debaeke, UMR AGIR, Toulouse
Nicolas Champseix, US DSI-Solutions Applicatives
Jean-Louis Durand, UR P3F, Lusignan
Windpouire-Esther Dzale-Yeumo, DIPSO, Paris
Philippe Faverdin, UMR PEGASE, Rennes
Iñaki Garcia-De-Cortazar-Atauri, US AgroClim, Avignon, membre de la cellule du MP Climae
Anne-Isabelle Graux, UMR PEGASE, Rennes
Wilfried Heintz, UMR Dynafor
Frederic Huard, US AgroClim, Avignon
Laurent Huber, UMR ECOSYS, Grignon
Barbara Lacor, ingénieur d'appui Département ECODIV et MP Climae, Nancy
Christine Le Bas, US Infosol, Orléans
Pierre Martre, UMR Lepse, Montpellier
Olivier Maury, US AgroClim, Avignon
Charles Perrin, UR HYCAR, Antony
Hadi Quesneville, Délégué donnée, DGDSI, Paris
David Renaudeau, UMR PEGASE, Rennes, membre de la cellule du MP Climae
Suzanne Reynders, Chargée mission Direction scientifique Environnement, Paris
Eric Sauquet, UR Riverly, Lyon, co-animateur du MP Climae
Hervé Squividant, UMR SAS, Institut Agro, Rennes
Guillaume Thirel, UR HYCAR, Antony

Avec l'appui de Marie RABUT, direction scientifique Environnement, Paris

Pour citer ce rapport.

Gascuel C., Allard D., Bertuzzi P., Raynal H., 2021. Pour un portail INRAE d'information sur les impacts et l'adaptation au changement climatique de l'agriculture, la forêt et les ressources en eau. INRAE, 39pp.

1. Contexte

Le changement climatique est très présent dans les activités de recherche actuelles et dans l'agenda de recherche d'INRAE (INRAE2030, Schémas stratégiques des départements...). Paradoxalement, l'information que la recherche génère est relativement peu visible de manière synthétique : accessible dans des productions académiques, dans des actions de recherche et de développement menées en interne ou en partenariat, souvent relative à des domaines très spécifiques. Ce constat pose la question de la capitalisation et de l'accessibilité de résultats de recherche, mais plus généralement de la **place d'INRAE comme contributeur de services climatiques**, en continuité avec la recherche menée en son sein.

On entend ici par « services climatiques » **les informations scientifiques facilement accessibles, opportunes et pertinentes pour la prise de décisions sur l'atténuation des changements climatiques, l'adaptation à ces changements et la gestion des risques de catastrophes**. Au sens large, cela recouvre le développement, l'application et le transfert des connaissances sur le climat, y compris les connaissances permettant de comprendre le climat, le changement climatique et ses impacts, ainsi que l'orientation de leur utilisation par les chercheurs et les décideurs politiques et économiques.

Or cette demande est de plus en plus importante. La **recherche est plus contextualisée, traite plus de** l'échelle de territoires, et requiert de prendre en compte les effets climatiques sur différentes cultures, animaux, disponibilité en eau... pour contribuer à des scénarios territorialisés d'adaptation au changement climatique, de gestion des risques (cf. programme TETRAE, Territoire d'innovation, mais aussi projets ANR et européen fondés sur des études de cas). La recherche relative à des filières demande une analyse fine des évolutions du climat, dans le temps et l'espace, d'indicateurs agroclimatiques, des analyses comparatives de sorties de modèles...Par ailleurs, **nos partenaires nous sollicitent pour la mise à disposition d'une information scientifique (RMT ClimA, Meteo France...) de plus en plus précise.** Beaucoup de **régions élaborent selon différentes modalités leur plan climat** et souhaitent des informations sur les impacts du changement climatique pour anticiper les adaptations, les risques. **L'information requise est multiforme, multisectorielle, plus territorialisée, souvent spatialisée**, **au plus près de la donnée de recherche**. Une structuration de l'information, pour des besoins de recherche et de partenariat, devient de plus en plus souhaitable, en soi et pour pourvoir irriguer des portails à vocation plus finalisée.

Des actifs précurseurs de services climatiques, **de plus en plus nombreux et de grande qualité,** ont été développés ces dernières années par des unités de différents départements (BILJOU, Explore 2, etc.), ou par AgroClim, élaborés pour partie avec le soutien du MP ACCAF (Siclima) et dont le recensement n'existe pas (domaine, objectifs, échelles temporelles, etc.). Ces travaux ont une **faible visibilité** en interne à INRAE et en externe à INRAE, comme constaté lors du montage du RMT ClimA ou du renouvellement de l'accord-cadre avec Météo-France. Ils ont surtout un **manque de liens** entre eux, pour partie liée à leur origine institutionnelle (INRA et IRSTEA), ou à de grands domaines autrefois considérés comme éloignés (eau, forêt, culture, élevage) mais dont les approches systémiques requièrent désormais plus de proximité et d'interactions.

Si les métaprogrammes sont des programmes interdisciplinaires structurants qui peuvent contribuer à l'élaboration du contenu de ces actifs précurseurs, notamment par des projets ou le financement de prestations, ils n'ont pas de moyens humains pour permettre leur mise en visibilité par un portail national, institutionnel et fédérateur d'information. Des initiatives passées ambitieuses ont impulsé et amorcé cette construction, mais ont manqué de moyens pour parvenir à la création d'un portail d'information autour du changement climatique. Le projet lancé en 2013, orienté vers la modélisation et la simulation, avait dû être arrêté faute de moyens. **La nécessité de repenser un projet plus réaliste, partant des acquis et des dynamiques individuelles et collectives en présence,** est à la base de cette initiative de la direction scientifique Environnement.

Une feuille de route a été définie et un groupe de travail a été mis en place avec les attendus suivants :

- faire un bilan des acquis, mettre en évidence les liens entre ces acquis, pour aller vers une meilleure vision d'ensemble et de lisibilité des outils développés,

- définir un périmètre souhaité (tout INRAE, structuré par domaine...), des temporalités de court et de long terme à privilégier, de la couverture spatiale nécessaire (France, France métropolitaine, régions...),
- faire l'inventaire des travaux et produits actuels dans ce périmètre (portail, outils/modèles, information, échelles spatiales et temporelles...),
- se projeter vers les outils à construire sur la base de moyens internes, de moyens possiblement mobilisables au travers de projets, en adoptant une vision réaliste : quels scénarios, pour quels moyens et quels livrables ? L'idée est de définir des livrables et de voir comment y parvenir, livrables visant essentiellement la lisibilité de l'information, la mise en relation des informations élémentaires,
- aller vers un cahier des charges et une feuille de route sur la mise en lisibilité d'une information agro-hydro-climatique utile en premier lieu pour les chercheurs et partenaires de la recherche, pour les enjeux de l'adaptation au changement climatique (gestion de court et moyen terme),
- définir les étapes clés et une feuille de route pour un scénario que l'on pourrait qualifier de « souhaitable » et de « ad minimum », avec possiblement des moyens supplémentaires acquis sur projets,
- proposer une articulation avec les partenaires tels que ministères, Météo France (MF) et organismes du développement agricole.

Le groupe de travail a été constitué de chercheurs et d'ingénieurs de quatre grands domaines thématiques (productions végétales, productions animales, forêt, eau) et de compétences transversales relatives à la production et à la gestion de données, leur mise en lisibilité pour faciliter leur usage. Ce document est issu de quatre ateliers de travail collectif réunissant l'ensemble des contributeurs, ateliers qui ont chacun fait l'objet d'un compte-rendu, et de cinq réunions du groupe de coordination qui ont préparé les ateliers de travail collectif, en fournissant des documents de synthèse mis à la discussion du collectif.

Une première étape qui s'est étalée sur deux ateliers collectifs a permis de définir un cadrage de la mission et fait l'objet de la première partie de ce rapport. Une seconde étape est constituée de deux volets, qui font chacune l'objet des deux parties suivantes de ce rapport :

1) un travail d'enquête auprès d'un panel de portails permet de développer des arguments sur trois registres, à savoir, en quoi créer un tel portail portera des connaissances existantes vers le public visé, facilitera l'utilisation des données, permettra de fiabiliser les données et outils existants.
2) un inventaire des services actuels ou proches d'aboutir, pour chacun de ces quatre domaines (productions végétales, productions animales, forêt, eau). Quels services disponibles ? quelles forces et faiblesses de ces services ? quels utilisateurs ? quels intérêts d'intégration ? quels moyens informatiques et humains nécessaires pour la création mais aussi pour la pérennisation du service ? quels jeux de données prioritaires et quels moyens nécessaires ?

Enfin, des propositions sont faites dans une dernière partie de ce rapport. Celui-ci ne répond pas à tous les attendus définis, mais a vocation à engager, de manière réaliste et pas à pas, la construction d'un portail d'information INRAE sur les impacts et pour l'adaptation de l'agriculture, de la forêt et de la gestion de l'eau au changement climatique.

2. Cadrage

- **Périmètre**

L'objectif d'un portail d'information INRAE sur les impacts et pour l'adaptation de l'agriculture, de la forêt et les ressources en eau au changement climatique est de fournir des services centrés sur **la mise à disposition de données issues de la modélisation (et donc ni de modèles, ni de données d'observation)**, utiles pour illustrer des impacts du changement climatique (CC) et/ou pour contribuer à éclairer des stratégies d'adaptation et/ou d'atténuation au CC.

Le champ couvert par INRAE est très vaste. Le collectif a retenu **quatre grands domaines thématiques : productions végétales, productions animales, la gestion de la forêt et de la ressource en eau**. Le champ des espèces invasives ou en expansion (comme la processionnaire du pin) est inclus car les conséquences biotiques sur végétaux et animaux sous CC sont à prendre en compte. Ces domaines apparaissent actuellement séparés, et il faut en prendre acte, mais l'objectif serait d'accroître les possibilités de croisement d'informations, de productions d'information combinant ces domaines, en lien avec l'évolution des recherches.

La visée est l'information sur l**es effets des changements climatiques, leur prise en compte pour l'adaptation et l'anticipation des risques**. Les travaux sur l'atténuation bénéficient de plus de lisibilité (initiatives 4p1000...), ce qui n'exclut pas que soient pris en compte, du point de vue de l'impact et l'adaptation, des scénarios d'atténuation du changement climatique.

Les données ciblées sont des données calculées, à partir de modèles et de projections climatiques, avec un horizon temporel de moyen (2050) et long terme (2100), à préciser selon les communautés. La prévision saisonnière est montante, mais pas suffisamment mure et stabilisée pour l'inclure au départ. Les données d'observations, issues des infrastructures d'observation et d'expérimentation, sont déjà structurées, notamment dans le SOERE TEMPO, voire dans d'autres IR (GnpIS-Ephesis, OZCAR, RZA, ANAEE). Là aussi des liens pourront être faits, sans que ces données soient la cible première.

Ces informations doivent, en ce sens, avoir un **caractère « opérationnel », c'est-à-dire directement utiles pour éclairer des stratégies**. Cet objectif est très différent, en termes de moyens et de compétences, de celui d'offrir des services de mise à disposition de méthodes ou de modèles. Mais il va bien au-delà d'une simple mise à disposition de bases de données. Ces services, pour être efficaces, doivent inclure un soutien aux utilisateurs et une aide facilitant l'appropriation des informations délivrées.

Le portail vise une **mutualisation de cette information par un point d'accès unique INRAE**. Son intérêt est d'accroitre la lisibilité des travaux faits à INRAE sur le CC, de favoriser la réutilisation des données dans et hors INRAE, de contribuer à faciliter les travaux couplant atténuation et adaptation qui nécessitent des données relevant de plusieurs domaines / champs scientifiques, de faciliter des approches territorialisées par nature multi-domaines. Il s'inscrit dans une tendance actuelle au développement de **« hubs » de connaissances** (https://fr.wiktionary.org/wiki/hub) basés sur des flux de données hétérogènes portées par des outils différents (API-AGRO https://api-agro.eu/, DRIAS http://www.drias-climat.fr/ ou autres).

Etre très près de la donnée de recherche, des communautés scientifiques qui la produisent est nécessaire pouvoir intégrer facilement et rapidement toute évolution. La question de la mise à jour des données est ici essentielle, car les approches autour du changement climatique évoluent plus vite que dans d'autres domaines, en fonction notamment des actualisations des projections climatiques.

L'évolutivité temporelle des données, le large champ couvert, invite à **aller pas à pas** : ce qui est jugé prioritaire, fiable, facilement mis à jour, plutôt que de viser d'entrée, un portail d'envergure.

- **Public cible**

Les informations doivent répondre à un besoin des **chercheurs, dans le cadre de travaux interdisciplinaires, de synthèses ou d'expertises** (INRAE et autres organismes de recherche, Allenvi notamment), **partenaires de la recherche** (instituts techniques, ONG, bureaux d'études, établissements publics d'aménagement ou de gestion de l'espace, collectivités territoriales, etc.), pour comprendre les conséquences du CC et évaluer des scénarios d'adaptation. Le public visé, et c'est un choix, est un **public averti,** plutôt de niveau ingénieur (ce qui n'écarte pas d'autres publics qu'il faudra mettre en garde sur le bon usage). Ces initiatives, mêmes si elles s'adressent en premier lieu aux chercheurs, connaissent un intérêt de plus en plus affirmé des gestionnaires au fur et à mesure du développement de nouvelles données.

Concrètement, la visée est un portail thématique, pour mettre **en valeur et améliorer la visibilité et la réutilisation de données**. Il peut accompagner à des degrés divers une **montée en compétence de la communauté d'utilisateurs** (guide, webinaire, formation, support utilisateur), pour favoriser l'interdisciplinarité, la bonne utilisation et l'interprétation des informations délivrées.

- **Mise en cohérence des objectifs et des moyens**

Une dynamique engagée sur des objectifs retombe dès lors qu'elle se confronte à la réalité des moyens. L'initiative de 2013 a échoué faute de moyens dédiés suffisants. Il est donc **nécessaire de mener la réflexion sur les moyens en même temps que sur les objectifs, selon un principe de réalité visant à amplifier les efforts de tous pour contribuer à ces moyens**.

Il faut distinguer les moyens strictement consacrés à la mise en visibilité, la maintenance des outils et l'actualisation des données, de ceux, en amont, de production des données par des modèles (par exemple, à Infosol, les moyens dédiés à la partie site web et mise en ligne des données sont réduits par rapport à ceux de production de données). De même, l'accompagnement, le support aux utilisateurs et leur montée en compétences nécessitent un soutien opérationnel qu'il faut identifier et quantifier. Une mutualisation est possible avec d'autres systèmes d'informations (SI) comme SI CLIMAT, SOL, ORE et AGROSYST... sur les moyens de production, de sauvegarde et de mise à disposition de données.

- **Articulation aux initiatives existantes, dans et hors INRAE**

✓ **Articulation aux chaînes de production de données**

Même si le portail ne vise pas la prise en main d'outils et de modèles, que sa visée est la livraison de données, il doit **s'articuler avec la chaîne de production de ces données**. Cet objectif nécessite un lien avec les communautés de recherche et d'ingénierie qui produisent ces données et en maîtrise les méthodes. L'articulation de la production à la mise en visibilité de données requiert des moyens humains suffisants et stables, notamment des informaticiens. Par ailleurs, cette fourniture de données doit se faire en lien avec les initiatives déjà en cours sur la forêt, l'agriculture, ayant peu ou prou déjà déployés des méthodes (BILJOU, RECORD, etc.).

L'articulation avec les chaînes de production de données doit être vue comme un **prolongement de celles-ci par une étape de diffusion**, potentiellement en lien avec des entités INRAE existantes (Data INRAE, Data Terra). Pour la mise en œuvre opérationnelle, les informaticiens pourront s'appuyer sur les approches d'API, de web services, de workflow de traitements. La **mise à disposition de données « à façon »,** par web services, est aussi envisageable ; c'est une technique maîtrisée à INRAE qui permet d'échanger des données utiles entre communautés. La mise à jour des données est essentielle pour un portail qui traite du CC. Elle peut très vite être une procédure lourde, qui doit être pensée et intégrée dans les workflows de traitement. Comme dans tout système d'information, la **mise à jour informatique** est un point majeur pour garantir la maintenance en condition opérationnelle et dans

un cadre de sécurité adéquat. Elle doit donc être prise en compte tant du côté portail que des chaînes de production de données.

✓ **Articulation avec les infrastructures scientifiques communes (ISC) et infrastructures de recherche (IR), notamment Data Terra**

La labellisation ISC/IR est un processus mis en place à INRAE par DISC, qui permet l'obtention de moyens dans la durée car l'intérêt collectif y est reconnu. Certaines des chaînes de production de données sont déjà en lien avec une IR ou ISC. Inscrire le portail dans une/des IR identifiées, avec des moyens et objectifs, peut permettre de l'inscrire dans la durée. Regrouper les moyens sur des plateformes plus larges pour faire masse critique est un enjeu pour les petites afin de mieux assurer leur pérennité (le départ d'un agent peut fragiliser l'ensemble du dispositif). La DSI peut aussi apporter des moyens utiles en termes de services de calcul.

Certaines IR sont consacrées aux données, comme Data Terra, portail national des données de l'environnement auquel INRAE contribue, et peut constituer un cadre pour la mise à disposition de ces données (formats ad hoc...). Le projet pourrait d'emblée s'inscrire dans Data INRAE, ou dans l'e-infra INRAE en construction, comme pilier potentiel de Data Terra. On peut s'attendre à la mise en avant des données INRAE issues de diverses IR (Phenome, IN SILVA…) dans ce cadre.

Réciproquement, ce projet peut permettre à INRAE de se positionner dans cette dynamique, le portail pouvant être un élément de la stratégie INRAE. La condition est d'être en capacité d'organiser les données et de les rendre accessibles en s'appuyant sur l'IR. Par ailleurs, le programme des investissements d'avenir PIA GAIA DATA, lauréat de l'APR Equipex+, va booster Data Terra sur cette mise en visibilité. L'utilité de services opérationnels pour diffuser et accompagner l'appropriation des données proposés dans Data Terra doit y être instruite (pôle Theïa, cf. N. Baghdadi).

Quoi qu'il en soit, nous ne disposons actuellement que de structures et d'outils disparates (c'est-à-dire non structurés en IR, ayant ou non une gouvernance propre), et en l'état actuel, pas suffisamment en adéquation avec l'objectif du portail. **Le portail doit s'inscrire, sinon bénéficier, des moyens des ISC et IR INRAE actuelles ou en devenir, et de l'IR Data Terra** notamment si un pilier « agro » y est identifié et construit.

✓ **Articulation au portail de données « Data INRAE » et les services fournis par la DIPSO**

Le portail des données Data INRAE offre différents services d'intérêt, comme le stockage, le catalogage et l'identification des jeux de données dont le projet de portail pourra bénéficier pour son développement, sa mise en œuvre et sa maintenance opérationnelle. Ces services offerts par Data INRAE, comme plus généralement ceux de la DIPSO (outils pour la formation...) peuvent contribuer au portail.

- **Articulation avec Météo France (MF) et initiatives d'acteurs publics nationaux**

MF souhaite faire évoluer le portail DRIAS vers des services d'impacts, dont un DRIAS Eau, avec notamment des données produites par INRAE et d'autres partenaires. Le champ de l'agriculture a été évoqué dans les discussions et certains outils ont été produits en collaboration (panel d'indicateurs agroclimatiques du portail commun INRAE-MF AgroMetinfo, panel d'indicateurs repris dans le nouveau service impact de DRIAS en climat futur. Les passerelles existent et sont actives entre les deux établissements et il faut en profiter pour **co-construire avec MF un schéma d'infrastructure**, voire de mutualisation, gardant une lisibilité d'**INRAE**. Ce schéma peut comprendre un portail interne et un objectif d'interopérabilité des données entre portail ayant des cibles et périmètres différents. Pour initier les échanges, et en tout cas mieux connaître les attentes et les objectifs des deux partenaires (INRAE et MF), un séminaire d'échanges sera organisé fin 2021, séminaire inscrit dans le cadre de la convention cadre avec MF.

Par ailleurs, le Ministère de la Transition Ecologique (MTE) investit déjà dans l'initiative Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique (CRACC, https://www.adaptation-

changement-climatique.fr), qui porte principalement sur la mise en réseau d'acteurs, le partage d'expérience sur l'adaptation. C'est également le cas du portail SOLAGRO financé par l'ADEME. **Ces initiatives des acteurs publics ne recouvrent pas le projet INRAE mais sont complémentaires**.

- **Comparaison et articulation à l'international**

Un benchmark international avait été fait en 2013 et serait à actualiser. Trois types d'évolutions importantes peuvent être mentionnées et l'initiative présente pourrait, le cas échéant, s'y rattacher.

Des portails d'information climatiques, comme le portail de **Copernicus**, portail européen majeur pour la communauté du climat, s'étendent progressivement à des services d'impacts (comme DRIAS au niveau national). Ce portail est désormais un portail important dans le domaine de l'eau (https://climate.copernicus.eu/)

Parallèlement des portails thématiques, par exemple le portail ***Climate impacts explorer*** (https://agmip.org/impacts-explorer-2/ d'AGMIP travaille sur des grandes régions du monde, et le portail envisagé ici pourrait représenter la première pierre de la région Europe. C'est un modèle intéressant car ses ambitions sont limitées à des indicateurs synthétiques, à large échelle pour les non chercheurs, et à des échelles plus fines pour les personnes expertes (plusieurs niveaux d'entrée).

Enfin il existe des portails multithématiques, comme envisagé ici. Citons par exemple **l'initiative CLAIRE** (Centre for Climate Action and Innovation –Research & Engineering) : « Climate change as a driver of innovation – we develop scientifically based solutions for society, economy, and politics », portée en Allemagne par le Helmotz, qui s'inscrit dans le réseau PEER.

A côté de ces initiatives internationales, il semble stratégique pour INRAE de disposer de son propre portail pour faire connaitre et diffuser le produit de ses recherches. Cela ne doit permettre de mieux collaborer à celles-ci, tout en veillant à ne pas dupliquer le travail informatique nécessaire. Vis-à-vis d'initiatives internationales telles que celles mentionnées, un portail INRAE est sans doute une **condition nécessaire pour collaborer avec ces initiatives dans un esprit d'échange équilibré**.

3. Quels enseignements tirer des portails d'information d'INRAE

- **Présentation de l'enquête**

Un point crucial pour la réussite d'un portail d'information sur **l'adaptation de l'agriculture, la forêt et la gestion de l'eau au changement climatique** est de définir les moyens à mettre au regard des ambitions visées ; pour cela, une enquête a été lancée auprès d'un certain nombre de services d'information (portails/plateformes) existants au sein d'INRAE afin de rassembler des éléments factuels permettant de raisonner des propositions.

L'enquête a porté sur l'origine de la démarche (issue des équipes de recherche ou en réponse à une commande dans ou hors INRAE), les dates de mise en chantier et d'entrée en service, les produits et services proposés (documents, cartes, données, modèles, moyens de calculs…). Une partie importante de l'enquête a été consacrée aux moyens humains mobilisés (en postes permanents, temporaires ou externes) ainsi qu'aux moyens informatiques et budgétaires, en distinguant la phase de mise en place et de démarrage, de la phase de maintenance et de mise à jour. Un focus particulier a porté sur le recours (ou non) à la sous-traitance. Enfin, une dernière partie demandait aux porteurs de ces services de partager leur expérience sous forme de texte libre.

Des réponses en provenance de 11 services ont été reçues. Ceux-ci relèvent généralement du périmètre de la DS Environnement, à l'exception de Genotoul, qui relève de la bio-informatique, et de Record dont le champ est partagé avec la DS Agriculture. L'annexe présente l'ensemble des résultats de cette enquête. Le tableau 1 dresse la liste des infrastructures qui ont participé à cette enquête, avec les dates de mise en chantier et d'ouverture, l'origine de l'initiative et les services offerts. Le tableau 2 indique les moyens humains et informatiques mobilisés par chaque infrastructure.

Le premier enseignement qui ressort de cette enquête est la très grande diversité de portails/plates-formes, tant par les services offerts que par les moyens dont ils disposent.

- **Synthèse croisant origine et niveau de service**

Les 11 portails de l'enquête peuvent se situer dans un plan à deux dimensions (Figure 1). La première correspond au niveau d'organisation d'où est issue l'initiative : 1) de l'équipe au département ou au métaprogramme ; 2) de ceux-ci jusqu'à INRAE ; 3) INRAE associé à des organisations extérieures.

La seconde dimension correspond à des niveaux de développement de l'offre de services :

1) un portail d'informations générales (impact, adaptation, etc.), site web simple de type CC-SAFE, et qui redirige vers des portails spécifiques portés par des communautés spécifiques (forêt, eau, agriculture...) qui sont elles-mêmes peu ou prou structurées (option MIN – moins d'un Equivalent Temps Plein (ETP),
2) intermédiaire, mais visant une structuration de la communauté en profondeur : une mutualisation des moyens des départements concernés, structurés via les CATI, les e-infra, etc. (option MED – 1 à 2 ETPs),
3) avec des moyens importants : outre les niveaux précédents, les services offrent la possibilité d'utiliser des outils de calcul et la mise en place du service de fourniture des données (option MAX – plus de 3 ETPs).

Dans la figure 1 ci-dessous, le nombre mis entre parenthèses correspond aux moyens humains (exprimés en ETP/an) pour le fonctionnement « en régime de croisière ». On observe qu'en règle générale les ETPs augmentent avec le niveau de service proposé et le niveau d'organisation à l'origine de l'initiative.

	Equipe à Dept/MP	**Dept à INRAE**	**INRAE et Ext.**
MIN : Infos générales et données statiques		CC-SAFE (0)	
MED : MIN + des données /visualisations dynamiques	GeoOPEN4S (1) CiTique (1)		**ESA*** (à terme) (5) **ESV*** (à terme) (3) GIS-Sol (7.5)
MAX : MED + des modèles, des outils de calcul, accompagnement scientifique	SICLIMA (0.2) BILJOU (0.6) **GeoSAS** (3.5)	**RECORD** (1.6)	**Genotou**l (11)

Figure 1 : Positionnement des portails de l'enquête dans un plan « Niveau d'organisation de l'initiative » vs. « Niveau de développement ». * indique une plateforme en phase initiale de construction. En gras, les portails appartenant au groupe « moyens constants » décrit au paragraphe suivant (les caractéristiques de ces portails sont détaillées dans le Tableau 1).

Notons que les plateformes ESA, ESV et GIS-Sol correspondent à des missions complémentaires commandées par les ministères de tutelle (MAA, MTE) ayant des niveaux de maturité TRL (*Technology Readiness Level)* très élevés, et donc partiellement développées grâce à des ressources de ces ministères. Genotoul-bioinfo est une composante de Genotoul portée par le GIS-GENOTOUL, qui coordonne les plateformes toulousaines en sciences du vivant, avec le support de plusieurs organismes de recherche et d'enseignement supérieur, et l'appui des acteurs régionaux.

Ces plateformes ne sont pas des ISC ou IR INRAE, à l'exception de Genotoul et Infosol (GIS-SOL).

- **Quelle trajectoire, montée en puissance ?**

Certains portails ont choisi de consacrer des moyens importants en phase initiale (BILJOU, CiTique, GeOpen4S, GIS-Sol, SICLIMA), tandis que d'autres privilégient des ressources constantes avec une

montée progressive en niveau de service (ESA, ESV, Genotoul, GeoSAS, Record ; en gras Figure 1). Une analyse plus approfondie des réponses aux enquêtes montre que ces différences sont liées au contexte et au service proposé :

- les deux phases auront tendance à être découplées si le portail correspond à une offre clairement circonscrite (BILJOU, SICLIMA), à un projet porté avant tout par une équipe (BILJOU, GeOpen4S, CiTique) ou profitant de moyens ponctuels pour initier l'offre (CiTique, GIS-Sol) ;
- à l'inverse, ESA, ESV et Genotoul, disposent de moyens importants et pérennes liés au fait que ces plateformes répondent à une commande et/ou un engagement stratégique d'INRAE (éventuellement avec des partenaires institutionnels forts).

On observe deux exceptions à cette tendance générale. D'un côté, jusqu'à récemment GIS-Sol n'a pas été doté des ressources humaines jugées nécessaires pour assurer la maintenance et les mises à jour. La situation devrait toutefois s'améliorer grâce à de nouveaux recrutements, rapprochant le GIS-Sol du second groupe. D'un autre côté, GeoSAS propose un niveau de service élevé sur un périmètre assez vaste, alors qu'il s'agit d'une initiative locale issue de scientifiques, tout en fonctionnant avec des moyens relativement constants. GeoSAS constitue une exception sans doute rendue possible grâce au dynamisme du porteur, à l'engagement de scientifiques (INRAE et Institut Agro), au soutien de l'UMR. Il est intéressant de se référer au témoignage du porteur de GeoSAS :

« Je m'interroge sur ce postulat de « schéma idéalisé » qui repose sur une déconnexion entre les productions numériques d'un côté et leur diffusion de l'autre. Notre expérience nous a démontré l'intérêt de l'implication des scientifiques dans la phase de diffusion des données et des modèles. » (GeoSAS)

- **Des besoins pérennes**

L'enquête met en lumière le besoin de ressources dans la durée, liées aux mises à jour fréquentes des données, l'évolution des technologies informatiques (bases de données, technologies web, technologies de développement, etc.). Il faut aussi prendre en compte l'aide aux utilisateurs, via une appropriation des outils et des données, l'organisation de formations et même parfois une aide ponctuelle plus technique. C'est donc une infrastructure à construire et à maintenir. Prendre la décision de lancer un portail de données/services qui fonctionne dans la durée, qui est mis à jour régulièrement et dont la technologie ne devient pas obsolète est un engagement long, nécessitant des moyens humains pérennes dédiés. Plusieurs schémas sont possibles (création de nouveaux postes dédiés, mutualisation des moyens avec d'autres plateformes/infrastructures, sous-traitance).

« *Evolution rapide des outils web : des mises à jour (ex : versions de langages et de boites à outils de développement), a minima pour la sécurité, et parfois dont l'arrêt du support nécessite des migrations importantes telles que des changements de framework.)* » (BILJOU)

« L'évolution des technologies et les difficultés rencontrées nous pousse à amener à revoir notre organisation informatique. Nous sommes ainsi passés d'une offre totalement construite autour de la virtualisation (VMware) à une offre qui progressivement bascule en conteneurisation avec Docker. A l'heure actuelle, 2 des 3 serveurs sont des machines Debian avec docker. » (GeoOpen4S)

« *Moyens alloués à la signature de la convention des plateformes d'épidémie-surveillance a priori pour 10 ans. Négociations de la DGEAPP avec le ministère de l'agriculture pour ajuster les moyens aux missions confiées à INRAE*. » (ESA)

« Appui de personnels temporaires pour les développements mais ensuite, aucun moyen dédié : l'entretien, la mise à jour et le dépannage sont réalisés par des permanents, en plus de leurs tâches habituelles. Il est envisagé de mettre en place une procédure et une équipe dédiée à la diffusion des jeux de données en 2021 (IR, IE et AI). De même, un IE informatique devrait arriver en 2021 pour renforcer l'équipe. Pour le site du GIS Sol, une refonte est envisagée en 2021, par une externalisation financée par les membres du GIS Sol. » (GIS-Sol)

- **La place de la sous-traitance**

Plusieurs plateformes ont fait le choix d'externaliser une partie ou la totalité des efforts de développement ou de maintenance. Il s'agit d'une tendance récente. Deux cas de figure assez contrastés ont été rapportés :

- pour un projet précis en mobilisant le recours, via un appel d'offre, à une société de prestation de service informatique (SICLIMA), grâce un soutien financier du métaprogramme ACCAF,
- pour un accompagnement sur un temps plus long, par un ancien collaborateur (doctorant, post-doc, ingénieur CDD) connaissant le portail ou le service, sous la forme d'une prestation facturée (BILJOU, GeoSAS).

L'externalisation impose un travail rigoureux de maîtrise d'ouvrage, comme le souligne l'expérience (réussie) de SICLIMA. Elle n'est souvent pas si rapide qu'imaginée (plus d'un an et demi entre l'esquisse et la livraison).

« *Importance de la bonne définition d'un cahier des charges ; importance du suivi du prestataire, nécessité d'un suivi informatique rapproché ; importance de la méthode de suivi du projet (méthode agile) »* (SICLIMA)

- **Anticiper le succès**

Il faut évidemment souhaiter le plein succès à ce portail de services, mais il faut garder à l'esprit que le succès entraîne une saturation de la demande de services, obligeant l'offre à devoir s'adapter pour pouvoir fonctionner.

« Programme victime de son succès. La quantité de données et de tiques collectées croit de manière importante et continue ; de même que les sollicitations d'équipes de recherche souhaitant utiliser ces ressources. » (CiTique)

« En 2019, avec près de 1000 utilisateurs la Genotoul était la PF bioinformatique avec le plus grand nombre de laboratoires utilisateurs (source : enquête nationale IFB). Plus en capacité de répondre à la demande (difficulté à renouveler l'infrastructure du fait de son coût et moyens humains insuffisants). Nombre d'utilisateurs (1000) et nombre de développements informatiques engagés volontairement limité. » (Genotoul)

- **Enseignements tirés de l'enquête sur les portails de données**

Il n'y a pas de recette unique pour le succès d'un portail. GeoSAS est la conjonction heureuse d'un porteur très dynamique et visionnaire et d'une équipe soudée, marque de fabrique d'une démarche bottom-up réussi[1]. ESA et ESV ont de grandes ambitions, mais sont encore largement en construction. Elles sont dotées de beaucoup de moyens, issues du MAA essentiellement. Jusqu'à récemment, GIS Sol éprouvait des difficultés pour la maintenance et les mises à jour. En creux, on peut cerner les conditions susceptibles de mener à l'échec : manque d'appropriation de la part du porteur (il doit en faire sa première priorité, sinon l'unique) ; manque de moyens pérennes ; défaut de compétence métier.

Il ressort également de cette enquête la grande fragilité de plusieurs portails, portés à bout de bras par une ou deux personnes très dévouées. L'impression qui s'en dégage est le besoin, voire la nécessité, de confier les aspects techniques à une équipe d'informaticiens efficaces. Un cadre possible serait de mutualiser ces compétences, mises au service de plusieurs portails.

[1] Attention de ne pas vouloir copier cette recette dans une approche « top-down » : ce serait tomber dans le piège du « biais du survivant ». Par construction, cette petite enquête ne pouvait pas recenser les initiatives « bottom-up » qui ont échoué malgré la bonne volonté des porteurs et la qualité scientifique des produits portés à connaissance.

4. Etat des lieux des productions maintenant et à court terme

Pour faire cet état des lieux, quatre domaines ont été définis : productions végétales, productions animales, gestion de la forêt et des ressources en eau. Des groupes de travail ont été mis en place par domaine et ont réalisé cet inventaire sans viser l'exhaustivité. Chaque groupe a produit une synthèse des enjeux produits, avec une tentative de priorisation, et un tableau selon trois grandes catégories

- productions statiques, prédéfinies, sous forme de carte, figure ou tableau ;
- productions statiques, comportant différentes options prédéfinies de traitement, sous forme de carte, figure ou tableau ;
- workflow de calcul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et de produire des résultats.

Tous les résultats de cet état des lieux sont en annexe 2. La synthèse ci-dessous rassemble les synthèses des quatre domaines.

4.1. Le domaine des productions végétales

Contributeurs : Gianni Bellocchi, Philippe Debaeke, Jean-Louis Durand, Iñaki Garcia-de-Cortazar-Atauri, Olivier Maury, Pierre Martre, Hélène Raynal.

Etat des lieux : voir pages 30 à 33.

Les productions concernées : les grandes cultures, les prairies, l'arboriculture, la viticulture, l'horticulture et le maraichage. Compte-tenu de ce vaste périmètre, l'inventaire n'est pas exhaustif mais donne un panorama représentatif de ce qui a été développé jusqu'ici et qui peut être aligné avec la dynamique du portail envisagé.

Le groupe de travail a identifié un grand nombre de travaux sur grandes cultures et prairies. Même s'ils font l'objet de nombreuses publications, nous n'avons aucune garantie, aujourd'hui, que les données puissent être facilement réutilisables en l'état pour le portail. Cela nécessitera certainement un travail important pour récupérer ces données (quand elles ne sont pas déposées dans un entrepôt de données) et les adapter. Pour la viticulture, l'arboriculture et le maraichage, des travaux existent même s'ils sont moins nombreux.

La nature des informations. Les informations sont relatives à des **indicateurs de stress, de potentiel de production, de recommandations variétales, d'évolution attendue de stades phénologiques, de risques de maladies, de faisabilité climatiques d'opérations culturales** … Le tableau liste aussi les informations qu'il serait intéressant de porter à connaissance à travers le portail même si actuellement il n'existe pas d'initiatives ou de projets identifiés en capacité de fournir ces informations. C'est le cas des cartes de vulnérabilité climatique, de risques de maladies …

Les échelles, les niveaux d'intégration. Beaucoup de projets passés ou en cours alimentent une base importante de productions existantes (en orange et bleu dans le tableau). Il s'agit d'informations à l'échelle de la culture. Il n'y a pas (ou très peu) d'informations à l'échelle du système de culture (du moins à notre connaissance) ou à l'échelle de la filière. Intégrer ces niveaux d'échelles dans le portail pourrait être un objectif compte-tenu de leur importance. Par contre, les données de phénotypage ne relèvent pas du périmètre du portail car relevant de l'expérimentation et de l'échelle de la plante (elles ont d'ailleurs des portails dédiés comme GNPIS-Ephesis).

On peut souligner les échelles temporelles relativement larges des projets, allant des données historiques (du passé) jusqu'à des données du futur suivant différents scénarios climatiques (RCP). On peut aussi souligner que, suivant les projets, les informations produites s'adressent à différentes catégories : chercheurs (le plus souvent), filières ou décideurs publics.

Les modalités de mise à disposition d'information. La visualisation à l'aide de cartes semble être la plus appropriée, car elle permet de rendre compte de l'hétérogénéité spatiale du contexte pédoclimatique à l'échelle d'une région, d'un bassin versant d'une région ou de la France. Pour des études de cas (donc locales), l'entrée par une carte permet de les situer géographiquement

(géoréférencement) A la manière de certains portails (ex AgMip Impacts Explorer, PIK educational web-portal; Climate Change Knowledge Portal de la banque mondiale, ClimatADAPT de l'agence européenne pour l'environnement), les représentions cartographiques peuvent être complétées par des graphiques et on obtient ainsi des environnements du type « dashboard ». Par ailleurs, il sera nécessaire d'associer à cette information cartographique, une information sur la dynamique passée et future de chaque point.

A la suite de ces informations statiques, on trouve des workflows (en gris dans le tableau de l'annexe 2) qui ont été conçus et développés pour que les utilisateurs puissent piloter, soit l'extraction de données qui les intéressent, soit la production d'information par la simulation de modèle. Dans le premier cas, on trouve par exemple, des web services et/ou interfaces graphiques qui permettent l'extraction de données météo (SAFRAN et DRIAS), de données d'indicateurs agro-météo… Dans le deuxième cas, on trouve des chaînes de traitement mixant des extractions et manipulation de données et de la simulation informatique de modèles de culture, le plus souvent dans un contexte de données massives. En effet, il s'agit de produire de l'information à l'échelle de la France (voire au-delà) suivant une approche maillée, calée sur les mailles 8 x 8 km de SAFRAN définies par Météo France.

La présentation d'informations et/ou de services agro-, hydro-, ou climatiques à travers des portails dédiés orientés cartographie est une tendance actuelle. On la retrouve dans beaucoup de projets auxquels participent des chercheurs INRAE qui démarrent actuellement, en particulier quand ces projets ont une dimension territoriale. Il serait donc intéressant de trouver une articulation permettant une remontée de l'information vers le portail. Certains de ces projets (ex. AP3C) sont d'ailleurs prêts à voir comment ils pourraient contribuer au portail. On peut noter que certains de ces projets mettent en place une méthodologie sur laquelle il peut être intéressant de capitaliser.

Les dernières lignes du tableau concernent quelques initiatives internationales en termes de portails (productions végétales) qui ont nourri notre réflexion, et qui peuvent servir de références. Un comparatif synthétique de quelques portails internationaux est disponible à l'adresse : https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/legacy-new/knowledge-base/files/4e984e7d4693a4dde70a962098summary-cimate-change-portals-and-platforms.pdf.

Parmi toutes les initiatives internationales, il y a le portail AgMip Impact Explorer développé dans le cadre de projet AgMip, qui fournit aux décideurs des résultats de recherche (impact et projections sur climats futurs) avec une mise en forme avancée des résultats, les rendant facilement appropriables. De plus, il fournit des informations succinctes sur la manière dont les résultats de la recherche ont été élaborés. Ce format aide à contextualiser les informations à utiliser dans les processus de décision. D'autres portails sont mentionnés dans le tableau, ainsi qu'une référence sur une analyse comparative.

4.2. Le domaine des productions animales

Contributeurs : Anne-Isabelle Graux, Philippe Faverdin, David Renaudeau

Etat des lieux, voir page 34.

Le groupe s'est consacré aux travaux de l'UMR PEGASE, le département PHASE ayant précédemment mené une enquête montrant l'importance de cette UMR sur le sujet. Ces travaux visent à mieux comprendre comment les animaux (bovins laitiers, porcs) et les systèmes d'élevage interagissent avec l'environnement afin de contribuer au développement de systèmes d'élevage innovants, compétitifs et durables. Dans ce cadre, sont développés et utilisés 1) des **modèles de simulation des productions fourragères** et 2) des modèles de **prédiction des réponses animales associées à la disponibilité des ressources alimentaires et à l'environnement des animaux**. L'unité a déjà contribué et contribue encore à plusieurs projets autour de la quantification des impacts du changement climatique (AnimalChange, PigChange, GenTORE) et de l'identification de solutions d'atténuation (Etude 4p1000, CarSolEl). Autrefois impliquée dans le métaprogramme ACCAF, elle est aujourd'hui impliquée dans le nouveau métaprogramme CLIMAE et le RMT ClimA.

Systèmes d'élevage porcins

Le modèle PigChange, développé dans le cadre du métaprogramme ACCAF, a fourni de premières évaluations des impacts du climat futur sur la **vulnérabilité des performances économiques d'un élevage breton de porcs** en intégrant plusieurs scénarios climatiques et économiques reflétant la disponibilité et le prix des matières premières, ainsi que la concurrence internationale et le prix du porc. Ce modèle (ThermiPig) est en cours de raffinement avec la construction d'un métamodèle intégrant :

- INRAporc (réponses des animaux aux stratégies alimentaires)
- Medibat (fonctionnement bioclimatique des bâtiments d'élevage)
- Mogador et SHOP (modèles de fonctionnement des troupeaux)
-

Ce travail est réalisé en collaboration étroite entre l'INRAE et l'IFIP et devrait permettre de :

1/ mieux évaluer la vulnérabilité des exploitations porcines face aux conséquences du changement climatique en prenant en compte la variabilité des conduites d'élevage actuelles ;

2/ simuler des stratégies d'adaptation (modification de l'ambiance des bâtiments, de la conduite alimentaire ou des stratégies de renouvellement des animaux) pour « anticiper » ou « corriger » les impacts négatifs des perturbations climatiques.

A termes, ce méta-modèle pourrait être utilisé comme un outil de diagnostic de la vulnérabilité des exploitations porcines du grand ouest, mais également comme un **outil d'aide à la décision pour la préconisation de stratégies d'adaptation, par ex. des stratégies alimentaires basées sur la variabilité interindividuelles de la sensibilité des animaux aux perturbations climatiques**.

Systèmes d'élevage laitiers

Des **métamodèles de la production fourragère et des flux d'eau et d'azote des surfaces cultivées en prairie** ont produits des cartes nationales (8km*8km), sur la base de simulations avec une version améliorée du modèle STICS (Graux et al., 2017 ; 2020). Des scénarios testant les effets d'une intensification du pâturage ont également été mis en œuvre sur quelques départements. Nous avons prévu d'actualiser ces cartes avec une version du modèle plus opérationnelle pour simuler l'évolution à long terme de la matière organique des sols et tenant compte de la diversité fonctionnelle des prairies. En collaboration avec l'équipe LACODAM de l'INRIA de Rennes, nous avons débuté la construction d'un entrepôt de données multidimensionnel devant permettre de faciliter l'archivage, la visualisation et l'interrogation de ces jeux de données conséquents. Sur la base de cet entrepôt, il s'agit d'identifier des lois de réponse générales des variables d'intérêt au type de sol, climat et/ou aux pratiques, et d'identifier les situations maximisant les services écosystémiques de ces surfaces, et les situations compromis entre les services et les émissions vers l'environnement. Cet entrepôt pourrait alimenter directement un portail d'information.

A moyen terme, ces simulations pourront être relancées sous climat futur afin de :

1/ quantifier les impacts du changement climatique sur les services assurés par les prairies françaises (production et valeur alimentaire des fourrages, stockage de carbone) ;

2/ développer des modèles simples de ces évolutions à l'image de ce qui existe pour les grandes cultures (Makowski et al., 2020) ;

3/ quantifier le degré de vulnérabilité future des productions fourragère à ces changements. En particulier, les déformations saisonnières dans les productions fourragères associées aux aléas climatiques (Codrea et al., 2011).

Nous cherchons également à mettre en relation les données à haut-débit enregistrées pour caractériser l'environnement des bâtiments d'élevage, le comportement, les caractéristiques biologiques et physiologiques ainsi que les performances des animaux. Il s'agit d'identifier des indicateurs des épisodes de stress qui tiennent compte de la variabilité inter-individu des animaux et de construire des modèles de réponse des grandes fonctions animales aux épisodes de stress thermique.

Dans le cadre du projet européen GenTORE, nous co-développons avec l'UMR MoSAR un **outil de simulation de troupeaux laitiers et de gestion des stocks fourragers**. Ce modèle sera utilisé pour tester l'intérêt de stratégies d'élevage face à une modification de la disponibilité des ressources fourragères sous climat futur. Ce travail se limite actuellement à quelques exploitations laitières représentatives des exploitations européennes. A plus long terme, il pourrait être étendu à davantage de situations afin de tester localement l'intérêt d'une diversification des ressources fourragères sous climat futur.

Les priorités identifiées

Deux priorités sont identifiées pour lesquelles il est possible de contribuer au portail en fournissant des informations (bases de données, cartes) sur :

- **L'évolution des réponses animales (bovins et porcs) aux changements climatiques futurs** ; cela peut être par exemple des cartes d'évolution des épisodes de stress thermique et les répercussions associées sur les performances des animaux (gestation, reproduction, production laitière) et leur bien-être, avec et sans adaptation par exemple de l'environnement (bâtiment, parcelles) des animaux.
- La **sécurisation des systèmes alimentaires** via leur diversification en produisant des cartes d'évolution des conditions de **production fourragère** (par exemple car d'évolution de la durée de la saison de pâturage, de la portance de sols etc.) **ou de vulnérabilité comparée de différents systèmes fourragers** aux changements climatiques futurs.

Le premier point est disponible à plus courte échéance que le second car nous y travaillons déjà. Pour autant, il nous semble important de prévoir d'ores et déjà d'inclure le point 2 dans un cahier des charges.

Nous travaillons sur ces thèmes en lien étroit avec nos partenaires de l'IDELE, de l'IFIP, de la CRAB et la CRAPL, et l'adaptation au changement climatique fait partie des axes de travail retenus avec l'IDELE dans le cadre de la nouvelle UMT RIEL. Il nous faut discuter de l'affichage de ces productions dans le cadre du portail, même si les échelles de temps auxquels nous nous intéressons sont souvent différentes, les instituts s'intéressant et communiquant sur les évolutions/adaptations court terme, là où INRAE regardons davantage les évolutions/adaptations à moyen et long terme.

4.3. Le domaine des forêts

Contributeurs : Nathalie Breda, Vincent Badeau, Christelle Robinet, Jean-Luc Dupuy, Denis Lousteau

Etat des lieux : pages 35 – 36.

Les thématiques recensées sur les forêts sont au nombre de quatre : le bilan hydrique des forêts, les invasions biologiques avec la processionnaire du pin, la gestion des forêts, le stockage de carbone et le risque d'incendie.

Bilan hydrique forestier

Il s'agit sur cette thématique de valoriser les sorties du modèle de bilan hydrique forestier BILJOU (https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/). A l'origine, c'est une initiative propre de deux scientifiques (André Granier et Nathalie Breda), suite à l'explosion des demandes de calculs de bilans hydriques forestiers pendant et après la sécheresse exceptionnelle de 2003. L'objectif a alors été de permettre à des utilisateurs gestionnaires, en charge de R&D à l'Office National des Forêts (ONF) et à l'Institut pour le Développement Forestier (IDF), à des étudiants, à d'autres scientifiques … de réaliser eux même leurs calculs de bilan hydrique.

Une version anglaise (projet financé par le Labex ARBRE) est depuis opérationnelle, des demandes d'évolution et de fonctionnalités nouvelles émanant du département de la santé des forêts (service rattaché au Ministère de l'Agriculture qui a financé une partie du développement correspondant) qui

a en outre souhaité des **cartes de bilan hydrique à l'échelle de la France** pré-calculées (service). Plus récemment, une demande du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) a été de produire un **indicateur national de surface forestière en état de sécheresse** pour les Indicateurs de Gestion Durable (IGD) et financée dans le cadre du Programme National de la Forêt et du Bois (PNFB).

Suivi processionnaire du pin

Un modèle d'expansion de la processionnaire du pin a été publié en 2014 à l'échelle de la France. Des simulations jusqu'en 2030 ont été réalisées, à partir d'un modèle exploratoire pour comprendre et démontrer le rôle du réchauffement climatique sur l'expansion de la chenille. Pour le moment, les sorties du modèle ne sont pas suffisamment précises pour une prédiction à des fins appliquées. Le modèle doit être amélioré pour être plus prédictif. Pour cela, un axe important est de prendre en compte l'effet du changement climatique sur la phénologie de l'espèce, et donc indirectement sur ses capacités d'expansion. Le projet ANR PHENEC (2019-2024) a pour but de mieux comprendre l'interrelation expansion/phénologie dans le contexte du changement climatique. Les résultats attendus de l'ANR PHENEC pourraient être valorisés sur le portail.

Effet du changement climatique, des risques tempête et incendie et gestion forestière

Il s'agit de valoriser les simulations réalisées dans le cadre du projet « Forêts-21 » (https://forets21.inra.fr/pelican3.1/index.html) qui met à disposition de résultats de modèle de gestion forestière dans un contexte de changement climatique de 2020 à 2100. Les résultats concernent un nombre important de simulations, couvrant une **diversité de réservoirs en eau des sols utilisable par les arbres, d'itinéraires de gestion, de scénarios climatiques, de classes d'âge, d'essences, à différentes échelles spatiales**. Ils seront rendus disponibles aux décideurs et sylviculteurs désireux de disposer d'un outil d'aide à la décision en contexte incertain sur une plateforme d'interrogation et de visualisation des résultats. Co-construit avec les utilisateurs gestionnaires (privés et publics), les résultats du projet visent à éclairer la planification stratégique de la gestion, aux échelles nationales, régionales de la forêt française. Les simulations, réalisées avec le modèle GO+ couplé avec les modèles CAT, ForestGales et un indice de risque incendie, couvriront des espèces comme les chênes sessile et pédonculé, le douglas, le hêtre et le pin maritime.

Risque Incendie

Il s'agit de valoriser les résultats des estimations de l'Indice Feu Météo (IFM) qui fournit une estimation du **risque d'occurrence d'un feu de forêt**. Il repose sur un modèle empirique canadien, et il est calculé à partir de six composantes qui tiennent compte des effets de la teneur en eau des combustibles et du vent et qui quantifient le potentiel du risque d'incendie. Les sorties mobilisables concernent le suivi en temps réel du risque, mais aussi sa projection future sous différents scénarios climatiques à l'échelle de la France métropolitaine mais aussi de la zone Prométhée (quart Sud-Est de la France).

4.4. Le domaine de l'eau, de l'hydrologie

Contributeurs : Eric Sauquet, Charles Perrin, Patrick Arnaud, Guillaume Thirel

Etat des lieux : voir page 37.

Les données produites, bien souvent au travers de **modélisations statistiques ou pluie-débit**, ont été des livrables scientifiques (unités HYCAR, RECOVER et RiverLy). Ces unités ont cherché à mettre en visibilité leurs travaux en hydrologie de portée nationale, pour répondre aux besoins des acteurs opérationnels. Des modes de diffusion différents leur sont associés, selon les moyens financiers dédiés et le partenariat construit pour ces projets de recherche. L'établissement ex-Irstea ne s'est jamais investi dans la création de portail de services hydro-climatiques en tant que tel, une des raisons étant que leur développement demanderait des moyens relativement importants (mise à jour, évolutions, hot line pour les utilisateurs, échange avec les groupes utilisateurs, diffusion, etc.) que l'établissement ne pouvait assumer. Le développement d'une offre en données et services a donc reposé sur des initiatives essentiellement à l'échelle des UR, et des collaborations, de plus ou moins long terme,

développées dans le cadre de projet de recherches et de développement, assortis de conventions avec les Ministères ou des établissement publics (Office français de la biodiversité (OFB), Agences de l'eau).

Offre actuelle en données et services

Contrairement aux domaines précédents, la présentation de l'état des lieux couvre ici différentes temporalités (réanalyse, prévision court terme, projection...), celles-ci étant liées (données, modèles...) et issues de la même communauté scientifique. L'offre actuelle couvre donc les domaines de la **réanalyse climatique et hydrologique, l'estimation des débits hydrologiques extrêmes (en crue et étiage), la projection des impacts hydrologiques des changements climatiques, la prévision en temps réel des débits en rivière à courte, moyenne ou longue échéance, et les outils d'analyse hydrologique**. Les usages des sols et activités humaines sont le plus souvent intégrés à un grain grossier, par le biais de relations statistiques (c'est-à-dire sans lien avec les activités humaines et usages des sols, sans projections de leurs évolutions).

Pour illustrer la diversité des supports de diffusion, citons entre autres :

- Les réanalyses climatiques FYRE et SCOPE France entière sur la période 1871-2013 qui sont disponibles sous licence « Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 » sur zenodo :
    - FYRE : https://zenodo.org/record/4006472,
    - SCOPE :
        - https://doi.org/10.5281/zenodo.1299760 pour les précipitations,
        - https://doi.org/10.5281/zenodo.1299712 pour la température,
        - https://doi.org/10.5281/zenodo.1251843 pour l'ETP de référence,

- La méthode SHYREG qui a fourni une base de données des quantiles de pluie et de débit en France au pas d'espace de 1 km² pour différentes durées et périodes de retour statistique : https://shyreg.inrae.fr/. L'accès à cette base de données est restreint à la Direction Générale de la Prévention des Risques du MTE, aux services déconcentrés de l'état (DDMT, DREAL, etc.) et aux bureaux d'étude ayant un agrément pour la sécurité des ouvrages hydrauliques,
- Le projet PREMHYCE de comparaison et d'évaluation des modèles de prévision des étiages pour la gestion de la ressource en eau dans un futur proche (quelques jours à quelques semaines) avec son portail de prévision des étiages en temps réel (https://sunshine.irstea.fr/app/premhyce) accessibles aux acteurs publics de la gestion de l'eau (DREAL, DDT, EPTB,..),
- La méthode LOIEAU qui a fourni une base de données informatique des statistiques d'étiage, de bilan et de saisonnalité en tout point du réseau hydrographique : https://loieau.inrae.fr. Cette base de données d'observation est accessible sous réserve de s'enregistrer,
- La diffusion de la prévision hydrologique en temps réel est assurée via des plateformes régionales (RHYTMME qui fonctionne toujours en PACA avec la méthode AIGA) et nationale (APIC Vigicrue Flash dans lequel l'hydrologie est produite par INRAE). Le site APIC-Vigicrues Flash est réservé uniquement aux mairies, aux préfectures, aux Services de Prévisions des Crues et à Météo-France,
- L'accès aux observations via la Base de Données des Observatoires en Hydrologie (BDOH, https://bdoh.irstea.fr/) hébergée à RiverLy. Cette base de données est accessible sous réserve de s'enregistrer,
- Les outils d'analyse hydrologiques en ligne :
    - airGRmaps, qui propose une cartographie des paramètres de modèles hydrologiques,
    - airGRteaching, qui met à disposition un outil de simulation hydrologique,
    - basinSample, qui permet une sélection de bassins versants suivant des critères prédéfinis,
    - profilsHYDRO, qui donne le profil en long hydrologique des cours d'eau (évolution des débits d'amont en aval.

La question des applications en temps réel est très délicate : bien que correspondant à une forte demande, ces applications demandent une veille constante pour résoudre les problèmes survenant avec les fournisseurs de données (en particulier Météo-France), pour gérer les erreurs associées aux données en temps réel et assurer un fonctionnement en continu des moyens de calcul (typiquement arrêts inopinés des serveurs informatiques).

Les réanalyses FYRE et SCOPE ne sont pas issues d'une demande/commande d'opérateurs, mais d'une production de connaissances scientifiques dans le cadre de thèses. Elles se sont appuyées sur les données de Météo-France qui en a autorisé la diffusion (pour des études non commerciales, donc pas de demandes faites de les diffuser sur un portail). Ceci est différent de PREMHYCE ou de SHYREG par exemple, où l'utilité était et reste fortement attendue, avec l'objectif d'une mise en lisibilité par des portails web statiques ou dynamiques dédiés qui ont vu le jour avec des objectifs bien ciblés et avec un soutien de co-financeurs (OFB et MTE principalement).

Les projections hydro-climatiques sont fournies dans le cadre d'Explore 2070, plus récemment dans le cadre de MOSARH21 (évaluation des impacts des changements climatiques sur les débits de la partie française des affluents du Rhin MOselle-SArre-RHin) et le seront à l'avenir dans le cadre du projet Explore 2 (démarrage en avril 2021).

Les fiches statiques d'Explore 2070 sont disponibles ici : http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=Explore2070&service=DGALN. Les données ne sont pas en accès libre. Le projet MOSARH21 a produit des fiches statiques sur une page web d'équipe : https://webgr.inrae.fr/projets/projets-acheves/mosarh21/. Ces fiches ne contiennent que des indicateurs.

Concernant le futur projet Explore 2, tous les hydrologues et hydrogéologues impliqués, y compris INRAE, se sont accordés pour que Météo-France assure la diffusion des projections du consortium scientifique, sur un nouveau portail « DRIAS Eau », qui complètera les services offerts par DRIAS pour le climat (http://www.drias-climat.fr), avec les données sur l'eau. Les porteurs du projet ont convenu avec les co-financeurs du projet - l'OFB et le MTE - de ne pas disperser les résultats du projet sur différents sites de téléchargement. La lisibilité du consortium, y compris INRAE, sera assurée. L'UR RiverLy, comme Météo-France, sont impliqués dans le projet Life Eau&Climat (https://www.gesteau.fr/life-eau-climat, coordination OiEau) qui vise à aider les acteurs de la gestion locale des ressources en eau à intégrer la question du changement climatique dans les plans locaux de gestion. Les besoins remontés par partenaires opérationnels de Life Eau&Climat nourriront les services hydro-climatiques de « DRIAS Eau ». Les actions mises en place dans le cadre du projet Life « Eau&Climat » contribueront également au projet Explore 2 (création d'un MOOC sur l'exploitation des projections hydro-climatiques résultats d'Explore 2). Le projet Explore 2 sera doté d'un comité d'utilisateurs pour préciser les attentes en termes d'information utile sur le changement climatique. Les partenaires du projet Explore 2 seront sensibilisés à la question de l'accompagnement des acteurs opérationnels. Les développements du portail DRIAS-Eau s'appuieront sur un retour d'expérience du projet Explore 2070 et un inventaire des services hydro-climatiques disponibles en Europe[2].

L'UR HYCAR s'est impliquée également dans le projet européen AQUACLEW (Advancing QUAlity of CLimate services for European Water, https://webgr.inrae.fr/projets/projets-en-cours/aquaclew/) avec un objectif d'amélioration des services hydro-climatiques dédiés aux hydro-électriciens (développements d'outils et d'interfaces des services régionaux, nationaux et paneuropéens en collaboration avec une trentaine d'utilisateurs et avec des applications sur les stratégies d'adaptation de sept cas d'étude).

Perspectives

Il y a un intérêt à disposer d'une rubrique « Eau » dans un portail INRAE intégrant les productions des hydrologues. Rassembler des données de certains projets sur un portail INRAE pourrait permettre de gagner en visibilité.

Dupliquer les projections hydrologiques produites par INRAE pourrait être envisagé si cela s'inscrit dans une logique d'ensemble et de valorisation (par ex. si elles sont les données d'entrée d'autres types de modèles d'impact du changement climatique). Notons que si les services associés doivent être reproduits à l'identique, *a minima* un partenariat avec Météo-France est nécessaire pour Explore

[2] Sauquet et al. (2019). Vers l'élaboration de nouvelles projections hydro-climatiques pour les stratégies d'adaptation au niveau des bassins versants français. [Rapport de recherche] Inrae; Irstea. 2019. ⟨hal-02930768⟩

2 et au-delà même du projet Explore 2 (redondance des plateformes, propriété des résultats hydrologiques issus de forçages produits par Météo-France). Il faudra veiller à distinguer les données selon leur caractère statique ou non. Par exemple, s'il s'agit de plateformes temps réel, identifier la plate-forme par un lien dans le portail INRAE sera plus facile techniquement que d'intégrer la structure spécifique complète de ce type de plateforme dans le portail INRAE.

Le choix des données à intégrer dans le portail INRAE peut être conditionné par le caractère connu et reconnu des données par nos partenaires opérationnels. Au-delà du stockage et du catalogage, il faut identifier celles qui sont manipulables (ex. les sorties de SHYREG qui sont des statistiques de crue usuellement traitées par les aménageurs et les gestionnaires des risques) de celles qu'on sait délicates à traiter, là où le développement de services a tout son sens et présente une vraie valeur ajoutée.

4.5. Le bilan des outils et données disponibles

Le groupe de travail s'est fortement mobilisé et les inventaires sur les outils et données disponibles ont été bien renseignés. Ils témoignent d'un **potentiel important mais disparate**, d'un **intérêt des scientifiques du groupe de travail pour l'initiative** d'un tel portail d'information.

54	productions existantes statiques sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, fiche stations, etc.)	productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau (exemples cartes d' indicateur, etc.) comportant des options de traitements retenus pouvant faire d'une analyse comparative par un utilisateur sur la base d'options qui ont prévalu	Wokflow de calcul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et produire des résultats cartographiques
productions végétales	20	3	8
productions animales	4	1	2
Forêt	4	4	1
Eau, hydrologie	2	3	2
Somme	30	11	13

Au total, et sans viser l'exhaustivité, 54 thèmes/outils sont inventoriés, la plupart sous forme de production statique (carte, figure...), certaines sous formes statique mais selon des options prédéfinis, certaines sous forme de résultats à façon. Tous les domaines sont concernés, et en premier lieu celui des productions végétales. Cet inventaire indique une grande diversité des thèmes explorés au sein de chacun des domaines.

5. Propositions

Une forte inquiétude a été exprimée tout au long des ateliers sur les moyens : cette initiative ne se concrétisera pas sans moyens. Certains seront nouveaux, mobilisés au sein d'INRAE (DS, DIPSO, CD...), d'autres pourront venir d'autres initiatives, notamment celles sur les infrastructures de données, de projets thématiques (par domaine de recherche) ou transversaux (adaptation au CC).

Les propositions sont organisées en cinq grands thèmes : 1- les contenus ; 2- Les cadres méthodologiques et les outils ; 3- L'écosystème numérique ; 4- La gouvernance et les moyens humains, 5- La feuille de route, y compris la mise en place d'un démonstrateur.

Proposition 1. Les contenus

Les inventaires réalisés montrent un **grand potentiel d'information, probablement sous-estimé** à l'échelle d'INRAE, dans lequel il faudra prioriser une mise à disposition via un portail d'information. **Les communautés sollicitées peuvent opérer cette priorisation.** Deux critères sont suggérés : la maturité (stabilité des productions, adéquation avec la demande) ; la facilité à être porté à connaissance (déjà prêt).

Deux maîtres-mots sont : **la progressivité de mise à disposition des informations**, avec une stratégie de commencer petit, avec quelques productions phares, pour monter progressivement en puissance ; **la diversité des formats des informations**, car si les cartes, notamment au niveau national, sont un produit phare, elles peuvent ne pas toujours l'être pour toutes les communautés. La mise en place du contenu devra suivre une approche agile, privilégiant une grande souplesse dans les produits sélectionnés, collectivement arbitrés, pouvant s'appuyer sur quelques projets pilotes pour démarrer.

Les informations envisagées sont de trois types : 1) un **renvoi vers des services** (Biljou, Siclima, Forêt-21 ...) ; 2) des **données phares sélectionnées au sein de ces services** ; 3) des **données issues de projets de recherche ou de développements impliquant INRAE** et en lien avec le changement climatique. Ces différents types peuvent cohabiter dans le portail. Par exemple, on peut imaginer pour la forêt d'illustrer quelques résultats phares de Biljou et Forêt-21 assorti d'un renvoi vers les sites respectifs de ces services, et de simulations décidées de manière concertée entre les porteurs de ces services et la gouvernance du portail.

Les contenus peuvent donc être issus de trois démarches complémentaires : une **veille** (intérêt des utilisateurs / montée en opérationnalité des productions) ; une **proactivité vis-à-vis des communautés** pour dialoguer avec elles et identifier les produits utiles ou à venir proche ; une **commande d'information**, notamment de simulations, cette voie étant souvent la plus efficace pour présenter des résultats harmonisés, communicables, utiles aux acteurs, dans le cadre de projets pilote. L'accès aux informations est envisagé suivant plusieurs modes : un contenu éditorialisé, un moteur de recherche ou un catalogue de données.

Sur certains domaines, notamment en lien avec la gestion de l'eau et la production d'indicateurs agro et hydro climatiques, un **dialogue avec MF** doit s'opérer : ce qui est de l'ordre du service, des impacts, des projections, à destination du grand public, pourrait aller sur le portail DRIAS, avec une lisibilité de l'engagement INRAE dans les développements (cf. les accords cadres). Le portail INRAE pourra comporter les métadonnées, voire quelques produits d'appel, et un renvoi vers le portail DRIAS.

Des articulations sont à trouver avec certaines plateformes, comme celle d'épidémio-surveillance, en visant l'ajout de projections climatiques à terme

Proposition 2. Les cadres méthodologiques et les outils

Il est proposé :

- D'utiliser des **logiciels libres**, de favoriser au maximum **l'interopérabilité des informations**, des outils permettant une diversité de formes de mise à disposition.
- De s'inscrire dans le cadre de **l'open data** tel qu'il est défini par le cadre de la gouvernance des données à INRAE (https://datapartage.inrae.fr/Gouvernance-des-donnees2). La responsabilité de l'usage, brut ou dans des API avec applicatif, relève des usagers.

Les données « phares » seront mises en lisibilité en s'appuyant sur deux principaux outils :

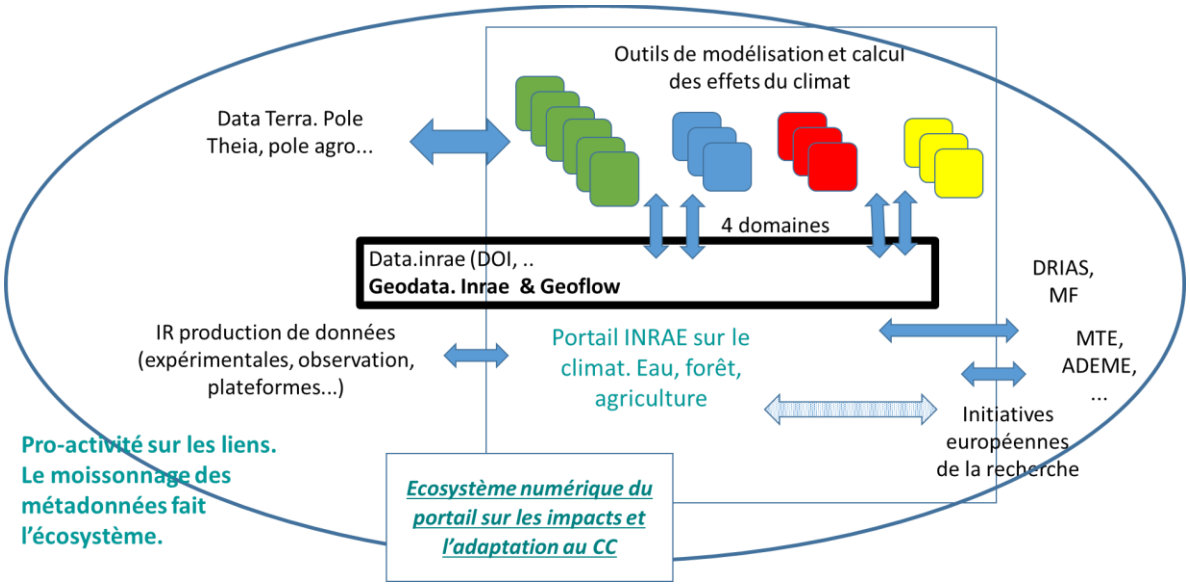
- **data.inrae** à travers ses services de : catalogage des données, gestion des métadonnées, génération de DOI, stockage, utilisant les outils collectifs développés par INRAE, de publication de certaines données
- **Une infrastructure de données spatiales :** le portail GéoSAS (cf. annexe 1) est apparu comme un modèle, tant dans la gouvernance (fort lien science – ingénierie) que dans les outils mis en œuvre (diversité des formats d'informations), et a montré tout l'intérêt qu'il y avait à mobiliser un outil comme Georchestra pour la diffusion et l'appropriation des données géoréférencées. GeoSAS est basé sur **le logiciel libre GeOrchestra qui est une infrastructure de données spatiales (IDS) (appelée aussi infrastructure de données géoréferencées IDG),** intégrant un système de gestion

de contenus, des métadonnées, des modules de visualisation, extraction, édition, catalogue. A ce niveau d'instruction du projet de portail, nous avons établi le lien avec le projet «GeoDataINRAE » en cours, dont un des objectifs est la mise en production à l'échelle de l'institut, d'une infrastructure Georchestra. Ce projet est porté par l'unité DSI-Solutions Applicatives (N. Champseix), DipSO et le CATI Gedeop (animateur W. Heintz). Le portail bénéficiera des services proposés par le projet GeoDataINRAE, notamment une instance dédiée de l'outil et de ses différents services pour cataloguer, créer des flux de données et les visualiser. En outre, le portail bénéficiera de l'expertise et du savoir-faire en terme de données géoréférencées (ex outil Geoflow …), de l'intégration de flux de données hétérogènes de ce CATI. H. Squividant, pilote de Geosas, pourra aussi apporter ses conseils.

Par ailleurs, il est proposé de contribuer à la structuration des outils amont, suggérant la création d'**une IR pour les outils de production de données** (qui n'ont souvent pas comme seule finalité le CC), voire pour le portail lui-même. Les réflexions en cours montrent qu'une telle IR pourrait être tout ou partie de l'IR Data Terra, pilier agro.

Proposition 3. Un portail inscrit dans un écosystème numérique

Ce portail thématique peut s'inscrire dans le concept d'écosystème numérique, à la croisée de l'écosystème numérique d'INRAE et des services numériques autour du changement climatique. Le schéma ci-dessous propose cette organisation.



Le **principe de moissonnage des données (métadonnées) dans les écosystèmes numériques,** fait que la **mise un jour** dans un système est **automatiquement informée et faite dans les autres systèmes connectés**.

L'intégration de l'IDS au sein d'un écosystème de services numériques, avec ici une visée thématique, institutionnelle et géographique, est permise d'un point de vue technique par les vertus de l'interopérabilité mais elle nécessite une anticipation pour la rendre effective.

D'un point de vue méthodologique, l'outil (IDS) n'est qu'un élément du dispositif. Il faut y ajouter les volets accompagnement, formation, animation, et communication auprès de différentes communautés : scientifiques des communautés amont dans le cadre des ISC ou IR, porteurs de projets mobilisant l'IDS, financeurs extérieurs, « clients » thématiques … dans un cadre CMS (Content Management System), c'est-à-dire de la structuration d'une communauté thématique.

Cette proposition est en rupture avec l'approche classique de l'organisation du numérique dans la recherche (BDD VS Modèle/calcul) : on propose ici d'aller vers une approche « tout service », reliant observation / modèle et calcul / diffusion dans un cadre unifié, des liens fluides entre les entités.

Proposition 4. La gouvernance et les moyens humains

Un comité de pilotage dont le positionnement au sein d'INRAE devra être réfléchi, aura une mission de stratégie, d'opérationnalité, de ligne éditoriale et de sélection de ce qui va être porté à connaissance, au début et dans le temps, s'appuyant sur l'inventaire des ressources et des propositions de priorisation. Il conduira le développement du projet tout au long de ses différentes phases (spécifications, conception, réalisation, lancement …), grâce à des compétences scientifiques et d'ingénierie. Il doit à la fois porter une vision scientifique et d'ingénierie, agir comme un comité éditorial de sélection, de cadrage des produits, une organisation éditoriale qui oriente et valide des contenus, des formats, comme dans toute communauté éditoriale, depuis la création à l'évolution du portail.

Une équipe d'ingénierie est nécessaire. Le portail devra disposer de moyens propres dédiés pour assurer d'une part l'articulation avec les entités de l'écosystème, et d'autre part la mise en place et la maintenance du portail, en tant qu'entité propre. Ces moyens sont à dimensionner en fonction de l'ambition choisie. Nous évaluons le besoin à 2 ETP (il s'agit de temps ingénieur) dédiés à 2 types de mission. 1 ETP dédié au lien avec les lieux de production de données (conception et mise en place des pipelines, interopérabilité avec les outils, données existantes, développement web …), 1 ETP pour la coordination. Nous n'avons pas inclus dans cette estimation de moyens, la mise en place/adaptation de l'infrastructure technique pour les besoins du projet (création et configuration de l'instance IDS, développement des outils en lien avec les spécificités fonctionnelles…), partant sur une approche où le portail bénéficierait des services de GeoDataINRAE.

Ce projet devra se coordonner avec les entités de l'écosystème décrit : les structures productrices des données (ISC, IR …), l'IR Data Terra dont le pôle agroécosystème est en gestation, et donc travailler en collaboration avec les moyens de ces dernières, pour la conception et la mise en œuvre des flux d'information et de données.

Proposition 5. Une feuille de route pour aller vers le portail

Nous avions pensé au départ à instruire deux scénarios : l'un peu ambitieux avec un portail présentant quelques données phares illustratives, l'autre plus ambitieux, avec un portail combinant i) des données phares suivant une approche plus exhaustive, en cohérence avec l'inventaire par domaine, ii)intégrant la visualisation de ces données sous forme graphique (cartes, graphiques …), iii) intégrant une aide à leur appropriation et iv)mettant en lisibilité les sites de production (système d'information, portail, plateforme, outils …) de production de données. Les échanges dans les groupes de travail ont orienté notre proposition sur le seul deuxième scénario, compte tenu de son intérêt plus important pour la recherche et de son impact sociétal plus fort. Par ailleurs, le premier scénario est proche de l'initiative e-infrastructure portée par M. Chelle, H. Quesneville et E. Cahuzac, dont un des objectifs est de « faire l'inventaire et de porter à connaissance les données INRAE dans des catalogues de données ».

Constituer un comité de pilotage ne nous semble pas le plus compliqué. Le GT mis en place devrait permettre de le constituer. Un duo de pilote, scientifique et ingénierie, aidé d'un groupe de 5-6 personnes, ingénieurs et thématiciens issus du GT nous semble pourvoir être identifié. Le lien avec le MP Climae (et peut être un futur MP Risques) peut être fait simplement par la présence de membres de la cellule dans ce GT (comme ici). Il n'y a pas nécessité de liens plus formalisés.

Constituer une équipe d'ingénierie est plus problématique. Une première possibilité est de s'appuyer sur les moyens permanents existants, et de disposer de moyens complémentaires apportés par des mois de CDD, ce qui permettrait par ailleurs de « booster » le projet (avec pour inconvénient que les contractuels partent avec leurs compétences). Une première démarche pourrait être de proposer cette mission à une dizaine d'ingénieurs, dans le cadre d'une évolution partielle de leur projet et d'identifier en leur sein au moins 2 ingénieurs pouvant dégager un temps significatif sur le projet. Une

seconde possibilité est la création ex nihilo d'une cellule opérationnelle prenant en charge cette mission et mise en place dans une unité de recherche ou de service, à l'instar de ce qui a été réalisé par exemple dans le cadre de la cellule Epidémiosurveillance ou la cellule Ecoinformatique d'Infosol.

Ces moyens peuvent être pour partie nouveaux, articulés avec des dispositifs existants, ou venir des opportunités issues de la recherche et des partenaires. Quelle que soit l'option choisie, des moyens pouvant permettre l'embauche de contractuels peuvent être recherchés, auprès de l'Ademe (en lien avec l'accord cadre qui a identifié ce thème) et du MAA (mission climat), en priorité. Ces moyens d'ingénierie ne sont pas si faciles à obtenir, et s'ils offrent des opportunités, ils imposent aussi des contraintes. Il peut aussi bénéficier de moyens liés à un service d'ingénierie pour la mise à disposition des données INRAE, moyens propres trans-départements, attaché à un département, ou à DIPSO.

La structuration opérationnelle la plus adaptée pour accueillir ce projet et permettre l'affectation de moyens humains et financiers est une équipe autonome dans une UMR/UR/US chargée de cette mission. Cette équipe devra être en lien étroit avec quelques unités de plusieurs départements, animer un collectif d'unités impliquées.

Mettre en place un démonstrateur en mode projet

La décision INRAE pour un tel projet est difficile, et l'expérience de 2013 l'a montré. Nous proposons dans un premier temps de mettre en place un démonstrateur. Cette phase de démonstration constituera une sorte de preuve de concept, basé sur 3-4 projets représentatifs des quatre domaines (culture, animal, eau, forêt) et des trois types de production (statique, statique avec option, workflow). Elle servira à identifier les informations les plus utiles, à établir des pipelines entre des projets de production de données et le portail, en visant à les mettre dans l'IDS, s'appuyant sur l'expertise acquise au sein du CATI GEDEOP et de la DSI-Solutions Applicatives et à l'Institut Agro (agrocampus Ouest). Le portail CC-SAFE peut fournir une base d'introduction, sous réserve d'une actualisation des contenus.

Elle nécessitera un accord d'engagement des ingénieurs ayant développé les modèles et outils concernés, l'engagement de deux ETP ingénieurs dont au moins un ingénieur titulaire INRAE, travaillant à plein temps sur le projet, et la mise en place d'un comité de pilotage.

Même si le choix des projets reste à affiner et à discuter avec les parties prenantes, un premier projet a été identifié en concertation avec les porteurs du SI concerné. Il s'agit de Siclima (Système d'information de données climatiques maillées), proposant des séries climatiques maillées et des indicateurs agroclimatiques et écoclimatiques)[3]. SICLIMA est développé au sein de l'US AgroClim. Il dispose d'une application web, dédiée aux agents d'INRAE (ou UMR), qui permet **d'extraire des données climatiques maillées des projections climatiques et de calculer des indicateurs agroclimatiques et écoclimatiques sur ces mailles**. Les données brutes de base comme les données «stationnelles » de la publithèque de Météo-France ou de ré-analyse maillées type SAFRAN de Météo-France, sont des données « publiques soumises à autorisation préalable ». Cette autorisation est nécessaire pour obtenir les données de base à titre gratuit ou de coopération. Ce système d'information se démarque des autres lieux de production de données dans le périmètre du portail, par le fait qu'il intervient dans la plupart des cas pour mettre à disposition les données climatiques « primaires » (Température, Précipitation, Evapotranspiration potentielle, Vent, etc.) nécessaires aux simulations ou aux calculs d'indicateurs. A titre illustratif, nous proposons trois cas de mobilisation possible de ce SI par le portail.

Un premier cas d'utilisation concernant ce SI, pourrait être la mise à disposition de données climatiques pour alimenter l'étape de prétraitement des données dans un workflow de simulation. Un deuxième cas d'utilisation concernerait le cas d'un utilisateur intéressé par une question donnée, par exemple l'évolution des périodes possibles de semis (basées sur l'état du sol et de la température du jour) par exemple, pour une céréale de printemps. En terme de restitution sur le portail, on aura des cartes à l'échelle de la France, suivant une approche maillée (maille 8km*8km), qui rendront compte de l'évolution interannuelle de cette date sur les données climatiques historiques et sur les données

[3] https://siclima.intranet.inrae.fr

de projection climatique du futur. Ces cartes seront visualisées depuis l'interface graphique du portail et pourront être dans un deuxième temps téléchargées (ex au format standard shapefile) pour exploitation ultérieure par les utilisateurs. Ces cartes seront régénérées automatiquement lors de la réactualisation des données climatiques ou lors d'une nouvelle version de données climatiques. SICLIMA ne dispose pas pour l'instant des fonctionnalités pour produire de telles sorties en flux de données géographiques. Des développements seront donc nécessaires et sont donc à coordonner entre le portail et SICLIMA. De plus, SICLIMA n'est pas prévu pour conserver les résultats de calculs (capacité de stockage limitée), ce point sera donc aussi à traiter. Une troisième utilisation pourrait être d'avoir un panel d'indicateurs clés pour aider un territoire présélectionné dans son adaptation au changement climatique, ciblant en particulier les risques.

Ce démonstrateur serait conduit en mode projet, avant le lancement du portail dans son ensemble. Ce démonstrateur pourrait être financé par la DIPSO (directement ou sur appels d'offre « pépinière de projets numériques » ?), rattaché à une unité d'accueil proche du thème du CC. Ce démonstrateur permettra de poursuivre l'instruction de la structure d'accueil opérationnelle. La phase d'incubation du démonstrateur sera aussi consacrée au dialogue avec les différentes parties prenantes, ce qui permettra de préciser les attentes (de la communauté scientifique, des acteurs ...), les contributions et articulations.

Le projet pourra être présenté au collège de direction, aux différentes directions d'INRAE (DGDSI, directions scientifiques et départements, DISC et DIPSO, DAPP-DEPE/DGEAPP. Il nécessitera une décision institutionnelle, assortie de moyens humains permanents (pilotage stratégique, développement, liens aux producteurs et aux utilisateurs, aux partenaires). L'équipe d'animation du projet pourra contribuer à rechercher des moyens complémentaires.

Annexe 1. Résultats relatifs à l'enquête sur les portails d'information d'INRAE

Tableau 1 : Principales caractéristiques des infrastructures ayant répondu à l'enquête

Nom	Chantier / Ouverture	Initiative	Services offerts	Public Cible
BILJOU[4] (note : les liens longs sont renvoyés en note en bas de page pour ne pas encombrer le tableau)	2008 / 2010 v1 / 2015 v2 / 2021 v3	Chercheurs UMR Silva Evolution demandée par DSF puis MAA	- Se former en ligne - Exécuter ses propres bilans hydriques - Visualiser grâce à une interface graphique - Interroger des cartes nationales d'indicateurs de sécheresse créées de manière dynamique suite à une requête de l'utilisateur	Besoins en recherche, développement et enseignement (3 cibles décrites dans la licence d'utilisation)
CC-SAFE https://www.cc-safe.fr	2013 / 2016	DS-ENV & MP ACCAF	Textes sur climat du futur, impact, adaptation	Cela n'a jamais été assez clairement posé : Des chercheurs / Des porteurs d'enjeux avertis (instituts techniques, ministères) qui consulteraient des scénarisations
CiTique https://www.citique.fr/	2016 / 1027	Scientifiques Centre Nancy	Données nationales, ~45000 déclarations de piqûres, «tiquothèque» ~35000 entrées, des courriers et témoignages dont certains sont en lien avec les évolutions climatiques (nombres en croissance continue)	des citoyens, des professionnels/entreprises soumis au risque de piqûre / des professionnels de santé humaine et vétérinaire
ESA (Épidémiosurveillance en Santé Animale https://www.plateforme-esa.fr/	2019 / 2021 – 2022 Toujours en construction	MAA (DGAL), ANSES, INRAE, ACTA, CIRAD)	- Résumés des résultats et synthèse des travaux - Cartes actuellement sous forme de rapport, parfois automatisés	Politiques publiques (DGAL, SRAL), les filières agricoles, la recherche, les médias mais aussi le grand public
ESV (Épidémiosurveillance en Santé Végétale) https://plateforme-esv.fr/	2019 / 2020 vBeta (SIA) – toujours en constructions	Tutelles (MAA, ANSES, INRAE, ACTA, …)	**Accès public** - Documents + application Shiny - fiches de reconnaissance SORE - informations générales sur les méthodes **Accès restreint** - workflow pour récupérer des informations sur les organismes nuisibles - à terme : informations sur les foyers épidémiques	Politiques publiques (DGAL, SRAL), les filières agricoles, la recherche, les médias mais aussi le grand public

[4] https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/

Genotoul http://bioinfo.genotoul.fr/	1999 / 2000	INRAE	- Puissance de calcul / Espace de stockage - Banques de données du domaine - Données de projets pour client PF de séquençage GeT - Logiciels dans la forge MIA, - Compétences en collaboration (5 à 10 publications/an pour l'équipe) - Formations (~20K€/an)	Recherche
GeOpen4S[5]	2010 / 2020	Equipes de recherche INRAE PACA	- Service de base de données postgresql + postgis (~ 30 bases de données) - Service cartographique (geoserver) - Service Système d'Information Géographique : Ogiss; Grass - Service de valorisation cartographique (lizmap) - Calculs dynamiques	Agents INRAE PACA (ou collaborateurs) ayant besoin d'outils de gestion/analyse et dans une moindre mesure publication de données de recherche, avant tout spatio et/ou temporelles
GeoSAS[6]	2010 / 2010	Equipes chercheurs	- Outil de communication, d'information et d'animation, newsletter, … - catalogage de données spatiales produites et diffusées par l'UMR SAS - Calcul et modélisation sous la forme d'API interopérables.	Chaque modèle a ses propres ré-utilisateurs potentiels, présupposés, mais il y a aussi tous les autres, ceux auxquels on n'a pas pensé. Dès le début, on est parti sur l'idée qu'on ne maitriserait pas les réutilisations de nos données et autres services de calcul. C'est d'ailleurs un des principes fondateurs de l'open data.
GIS Sol https://www.gissol.fr/ https://data.inrae.fr/infosol, https://agroenvgeo.data.inra.fr/	2001 / 2006	Emanation du GIS-Sol : MAA, MTE, ADEME, INRAE, IRD, IGN et OFB	- Notices de cartes - Fiches techniques - Lettres d'informations - Rapports et guides - Posters & Vidéos - 30 jeux de données ; 115 cartes - 27 jeux de données	Très divers Sur le guestbook, essentiellement des bureaux d'études, des chercheurs, des instituts/agences (ex : Arvalis, INERIS, ADEME…) et des pouvoirs publics (ex : DREAL)

[5] http://w3.avignon.inra.fr/geonetwork_plateau/srv/fre/catalog.search#/home
[6] http://geowww.agrocampus-ouest.fr

Record https://www6.inrae.fr/record	**Record :** 2010 **Erecord** : 2014 / 2015 **SIWAA** : 2017 / 2019	Département EA et MIA Equipes chercheurs	**Suite logicielle pour construire et simuler des modèles** **- API erecord** **- SIWAA**, Instance Galaxy pour le développement de workflows de traitement de données et de simulation de modèles et d'analyses, exécutables sur un cluster de calcul	Recherche, via des projets
SICLIMA https://siclima.intranet.inrae.fr/	2017 / 2020	Equipe Agroclim + MP ACCAF	**- SICLIMA Extraction** : données (maillées) historiques SAFRAN de Météo France et les projections climatiques DRIAS - **SICLIMA Calcul** permet le calcul et l'analyse d'un panel d'indicateurs choisi par l'utilisateur selon différentes options de calcul	INRAE

Tableau 2 : Moyens mobilisés pour chaque infrastructure

Nom	RH	ETP pour lancement	ETP en service	Moyens Informatiques
BILJOU	2 DR, 1 IR, 1 IE < 10% CDD 10 mois IE ; CDD IR 6 stagiaires (6 mois)	4 ETP	0.6 ETP/an Sous-traitance avec budget ACCAF	DC INRAE 1200 Go 4 VM
CC-SAFE	3 DR < 10% CDD 10 mois IE	1.6 ETP	0	Serveur Web INRAE; négligeable
CiTique	Perm : DR: 2 + TR 0.8 Temp : 2.5 IE + 2 AI 0.1 ETP + 50 k€ Sous-traitance	7 ETP	1 ETP/an	Externalisé : 70 k€
ESA	Perm : 1 IR, 1 IE Temp : 1 IE Ext : 2 AI	5 ETP / an	5 ETP/an	DC INRAE 3 NAS (48 To) ; 2 serveurs (36 CPU; 128 Go RAM) + 8 VM 40 k€
ESV	1 IR et 1 IE pour le SI 2 IR et 1 IE épidémiologie 1 IE communication	4 ETP	3 ETP / an pour le SI et le portail Web	DC INRAE 2 VM (4 cœurs, 16 Go RAM, 150 Go HDD) Serveurs Shiny BioSP
Genoutoul	INRAE : 6 ETP IR/IE CDD : 6 ~IR/IE	11 ETP / an	11 ETP / an	DC INRAE ~400 k€ /an
GeOpen4S	A temps partiel: 2CR; 2 IE + IE CDD; 2 TR	2 ETP / an	1 ETP / an	Salle Info PACA machines physiques (DELL R710) + 15 Machines virtuelles 5 To sur le NAS du centre Paca
GeoSAS	¼ IE INRAE ; ½ ETP IR Institut Agro (Rennes) + ¼ EC Institut Agro (Rennes)	1 ETP	3.5 ETP / an 30 k€ sous-traitance	DC INRAE Une quinzaine de serveurs virtuels ou physiques Quelques To
Infosol (GIS-Sol et autres) (plusieurs services)	Perm: 5 ETP Temp: 6 ETP Ext : 2.5 ETP	11 à 13 ETP	0.05 ETP/an diffusion 7.5 ETP / an production + IGN	DC INRAE +IGN
Record + SIWAA	1 IR ; 0.8 IE ;0.2 TR pendant 2 ans	2.3 ETP	1.6 ETP / an	1 VM prod ; 1 VM Test Cluster de calcul (> 100 000 h/an de calcul et 200 Go non sauvegardé) Hébergement à MesoLR
SICLIMA	0,3 ETP IE + 0,05 ETP IR pendant 3 ans 100k€ sous-traité	1.5 ETP	0.2 ETP/an	DC INRAE 2 machine virtuelle DSI 2 instances de PostgreSQL

Annexe 2. Résultats de l'enquête sur les productions relatives au domaine des productions végétales, animales, au forêt et à l'eau.

	Critères d'identification du projet								Cocher la colonne selon le statut du projet		
Productions végétales	Description sommaire de l'outil ou prototype	Dimension spatiale.	Dimension temporelle.	Quel en est le public cible?	Identification 1	Identification 2	Identification 3	Identification 4	Projet existant en l'état dans votre domaine	Projet existant mais à améliorer dans votre domaine dans un délai de 2 ans maxi	Projet nouveau à créer dans votre domaine dans un délai de 2 ans maxi
	Objet ou finalités	France, Région, Bassin versant, Parcelle, etc.	Passé, Présent, Mois, Saison, Année, Décennie, Horizon 2050, Horizon 2100	Filière agricole, Acteurs économiques, Chercheurs, Décideurs publics, tout public ?	Département INRAE	Unité dépositrice de l'information	Nom et Prénom correspondant éventuel	Source bibliographique éventuelle.			
	Cartes d'indicateurs de stress du tournesol	France	Passé /Présent	Filières agricoles + chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	P. Debaeke / P. Casadebeig	publi en cours : Casadebaig et al. Tournesol	projet CASDAR CARAVAGE		
	Cartes de rendement et d'indicateurs de stress hydrique, thermique et azotée du blé	Europe	Passé /Présent	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR LEPSE	P. Martre	Behnam Ababaei, Jeremy Derory, Pierre Martre. Typologies of drought and heat stress scenarios at european level for wheat. iCROPM 2016 International Crop Modelling Symposium. Pulication en cours		x	
	Cartes d'indicateurs de stress du maïs	France	1950-2100	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	I. Garcia de Cortazar-Atauri	J. Caubel, I. Garcia de Cortazar-Atauri, A.C. Vivant, M. Launay, N. de Noblet-Ducoudré. Assessing future meteorological stresses for grain maize in France. Agricultural Systems. Volume 159. 2018. Pages 237-247		x	
	Cartes d'indicateurs de stress du pois	France	1961-2015 1983-2015	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR Agroécologie UMR Agronomie	A. Larmure M. Benezit	Castel T, Lecomte C, Richard Y, Lejeune-Hénaut I, Larmure A. 2017. Frost stress evolution and winter pea ideotype in the context of climate warming at a regional scale. OCL, 2017, 24(1) D106. Bénézit M, Biarnès V, Jeuffroy M-H. 2017. Impact of climate and diseases on pea yields: what perspectives with climate change? OCL, 2017, 24(1) D103.		x	
	Cartes d'indicateurs de potentialités de production des cultures fourragères	France	1950-2100	Filières agricoles + chercheurs	AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM / URP3F	F. Ruget / J-L. Durand	Francoise Ruget, Jean Louis Durand, Dominique Ripoche, Anne-Isabelle Graux, F. Bernard, et al.. Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, mais) : vari- abilité selon les régions et les saisons. Fourrages, Association Française pour la Production Fourragère, 2013, 214, pp.99-109. hal-02649401		x	
	Cartes d'indicateurs de potentialités de production du soja	Europe	1980-2010	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	J. Constantin, H. Raynal	Future soybean productivity in Europe, C. Nendel ICropm2020	En // du projet LegumGap en cours		
	Cartes d'indicateurs de potentialités de production blé, maïs, orge	Monde	Présent Futur	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	Beaucoup d'unités	J-L. Durand	Contributions AgMip et MacSur	AgMip MACSUR		MACSUR3

1 Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Carte de rendement et d'indicateurs stress hydrique et thermique, du blé et maïs	Pays européens	passé (1981-2010/futur (2040-2069)	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR LEPSE	Pierre Martre	Webber H, et al. (2018) Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. Nat Comm 9: 4249. https://doi.org/10.1038/s41467-018-06525-2 Webber H, et al. (2020) Pan-European multi-crop model ensemble simulations of wheat and grain maize under climate change scenarios Open Data Journal for Agricultural Research 6: 21-27. https://doi.org/10.18174/odjar.v6i0.16326	MACSUR		MACSUR3
	Carte de rendement et d'indicateurs stress de 10 cultures	France	Passé (1900-2016)	Chercheurs	AGROECOSYSTEM		Tamara Ben-ari David Makowski	Schauberger B, Ben-Ari T, Makowski D, Kato T, Kato H, Ciais P (2018) Yield trends, variability and stagnation analysis of major crops in France over more than a century. Scientific Reports 8: 16865. https://doi.org/10.1038/s41598-018-35351-1			
	Cartes avec type variétal recommandé du soja	France	1990-2017 Futur	Chercheurs + Filière + Décideurs publics	AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	P. Debaeke	Assessing the suitability of soybean crop in France under present and future climates by a simple phenological model , C. Schovinga, M. Ben Soltanea, J. Constantina, L. Champolivierb, P. Maury a,c, P. Debaekea, ICROPM2020		x	
	Cartes avec type variétal recommandé du blé, maïs, tournesol	Europe		Chercheurs + Filière + Décideurs publics	AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	P. Debaeke (co-leader WP)	Projet H2020 Invite (blé, maïs, tournesol) P.Martre, C Welcker, P. Debaeke, P. Casadebeig en cours	Projet H2020 Invite		
	Carte de risques de maladies fongiques										x
	Carte d'évolution attendue de stades phénologiques d'espèces annuelles et pérennes	Europe	present (1980–2005) futur (2041–2070)		AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	I. Garcia de Cortazar-Atauri	Helder José Chaves Fraga et al. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. Global Change Biology, Wiley, 2016, 22 (11), pp.3774-3788. (10.1111/gcb.13382). (hal-02641538)		x	
	Carte de vulnérabilité climatique de différentes espèces en combinant l'analyse de plusieurs indicateurs										x
	Carte de faisabilité climatique d'opérations culturales	Pays européens	1982-2012		AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	J. Constantin	J. Constantin et al. Management and spatial resolution effects on yield and water balance at regional scale in crop models, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 275, 2019, Pages 184-195, ISSN 0168-1923, https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.05.013.	Projet MACSUR		MACSUR3
	Carte Phénologie Vigne Vaucluse	Dpt. Vaucluse	1950-2100		AGROECOSYSTEM	Agroclim	I. Garcia de Cortazar	Travail ODG Ventoux			
	Carte Phénologie Blé France	France	1950-2015		AGROECOSYSTEM	Agroclim	I. Garcia de Cortazar	Stage Marie Marjou			
	Risque cumulé de moniliose sur rameaux d'abricotiers pour la phase de floraison						Tresson	Tresson, 2018 https://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2019.125960)			x
	Cartes de risques récurrents en lien en particulier avec les pathogènes								Projets OPERATE - ACLIFF		

	Carte d'indicateurs stress hydrique et thermique, blé et maïs	Pays européens	passé (1981-2010/futur (2040-2069)	Chercheurs	AGROECOSYSTEM	UMR LEPSE	Pierre Martre	Webber H, et al. (2018) Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. Nat Comm 9: 4249. https://doi.org/10.1038/s41467-018-06525-2 Webber H, et al. (2020) Pan-European multi-crop model ensemble simulations of wheat and grain maize under climate change scenarios Open Data Journal for Agricultural Research 6: 21-27. https://doi.org/10.18174/odjar.v6i0.16326			
Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats (exemples cartes d' indicateur, etc.) selon les options de traitements retenus sur la base de choix prédéterminés	Cartes d'indicateurs atténuation de l'impact du CC - stockage du C	France	1983-2013	Décideurs publics	AGROECOSYSTEM	UMR ISPA	S. Pellerin	Management and spatial resolution effects on yield and water balance at regional scale in crop models,	Projet 4p1000		
	Carte indicateurs agro-climatiques	Massif Central	2000-2050	Chercheurs, professionnels, décideurs		UMR Ecosysteme Prairial	G. Bellochi	projet qui démarre	Projet AP3C Adaptation des pratiques culturales au Changement		
	Cartes production fourragère	France	2000- actualisé mensuellement	Chercheurs, professionnels, décideurs		UMR EMMAH - URP3F	F. Ruget / J-L. Durand	https://www6.paca.inrae.fr/emmah/Production-Documentation/BDD-Produits-Satellitaires/Bases-de-donnees/ISOP-Prairies	ISOP: Information et suivi objectif des prairies		pourrait intégrer la simulation pour des climats futurs
Wokflow de calcul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et produire des résultats cartographiques.	Logiciel GETARI de calcul des indicateurs	France			AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	Garcia De Cortazar Atauri, Inaki	Garcia De Cortazar Atauri, Inaki; Maury, Olivier, 2019, "GETARI : Generic Evaluation Tool of AgRoclimatic Indicators", https://doi.org/10.15454/IZUFAP, Portail Data INRAE, V1 Caubel, J., Garcia de Cortazar-Atauri, I., Launay, M., De Noblet-Ducoudré, N., Huard, F., Bertuzzi, P., Graux, A-I. (2015). Broadening the scope for ecoclimatic indicators to assess crop climate suitability according to ecophysiological, technical and quality criteria. DOI 10.1016/j.agrformet.2015.02.005.	x		
	Service Web SICLIMA Extraction pour la mise à disposition de données maillées Safran et Drias	France			AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	O. Maury	https://siclima.intranet.inrae.fr/siclima/	x		
	Service Web SICLIMA Calcul pour le calcul d'un panel d'indicateurs	France			AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	O. Maury	https://siclima.intranet.inrae.fr/siclima/	x		
	Portail Tempo de données phénologiques	Monde			AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	Garcia De Cortazar Atauri, Inaki / O. Maury	https://data.pheno.fr/	x		
	AgroMetInfo: information en temps J-3 et mise en perspective par rapport à l'historique. Evaluation des conditions du blé et maïs	France			AGROECOSYSTEM	US AGROCLIM	Frédéric Huard	https://www.agrometinfo.fr/			
	CartoPhen: workflow de calcul de la phénologie du Pommier	France			AGAP et URFM		C. Pichot et I. Farrera	http://w3.avignon.inra.fr/websig/lizmap/www/index.php/view/map/?repository=urfmuefm&project=cartophen_floraison_GP			

	Workflow de simulation de cartes de potentiel de production du soja à l'échelle européenne. Extensible à d'autres espèces, basé sur STICS. Approche global gridded model	Europe			AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	J. Constantin - H. Raynal	Future soybean productivity in Europe, C. Nendel ICropm2020	x	x	
	Workflow simulation + traitement de bdd . Approche global gridded model de rotation de cultures en enchaînement	France			AGROECOSYSTEM	UMR AGIR	H. Raynal	AgGlob: Workflow for simulation of agronomic models at a global scale, Raynal Hélène et al., ICROPM2020	x	x	

Exemples d'initiatives européennes

AgMip Impacts Explorer	https://agmip.org/impacts-explorer-2	PIK educational web-portal	https://www.klimafolgenonline-bildung.de/	ClimatADAPT (agence européenne pour l'environnement)	https://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/sector-policies/agriculture
MACSUR - Modelling Agriculture with Climate Change for Food Security	https://www.macsur.eu/	Word Bank Climate Change Knowledge portal	https://climateknowledgeportal.worldbank.org/		

Productions animales	Description sommaire de l'outil ou prototype	Dimension spatiale.	Dimension temporelle.	Quel en est le public cible?	Identification 1	Identification 2	Identification 3	Identification 4	Projet existant en l'état dans votre domaine	Projet existant mais à améliorer dans votre domaine dans un délai de 2	Projet nouveau à créer dans votre domaine dans un délai de 2
	Objet ou finalités	France, Région, Bassin versant, Parcelle, etc.	Passé, Présent, Mois, Saison, Année, Décennie, Horizon 2050, Horizon 2100	Filière agricole, Acteurs économiques, Chercheurs, Décideurs publics, tout public ?	Département INRAE	Unité dépositrice de l'information	Nom et Prénom correspondant éventuel	Source bibliographique éventuelle.			
1 Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Cartes, tableaux de valeurs départementales de la production fourragère des prairies (rendements MS, teneur protéique, exportation d'azote)	France	Passé (1984-2013)	Décideurs publics	PHASE	PEGASE	A.-I. Graux	Graux et al., 2017; Graux et al., 2020 https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125952	**Etude Prairies**		
	Courbes d'évolution de l'augmentation du risque de lixiviation en réponse à une intensification de l'épandage des effluents organiques pour différents ratio surfaces en prairie/SAU et différents types de sol	Bretagne + Mayenne + Loire-Atlantique	Passé (1984-2013)	Décideurs publics	PHASE	PEGASE	A.-I. Graux	Graux et al., 2017		**Etude Prairies**	
	Cartes des émissions vers l'environnement (lessivage de nitrates, émissions N2O) et du stockage C sous prairies	France	Passé (1984-2013)	Décideurs publics	PHASE	PEGASE	A.-I. Graux			**Etude Prairies**	
	Projections des impacts à court et moyen termes du CC sur un élevage "type" de porcs	France	Futur (d'ici 2050 ou 2100)	Décideurs publics/éleveurs	PHASE	PEGASE (coll avec IFIP)	D. Renaudeau, L. Brossard, F. Garcia-launay		**PigChange, SUSI**	**PigChange, SUSI**	**FarmAdapt**
Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau, selon les options de traitements retenus et pouvant faire d'une analyse comparative par un utilisateur sur la base du choix des options prédéterminées	Entrepôt de données multidimensionnel avec interface Rshiny	France	Passé (1984-2013)	Décideurs publics	PHASE	PEGASE	A.-I. Graux	Graux et al., 2017; 2020; Lebar S.,2019 (mémoire de master)		**Etude Prairies**	
Wokflow de calcul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et produire des résultats cartographiques.	métamodèle de prédiction de la production fourragère des prairies en fonction d'indicateurs simples descriptifs du pédoclimat et des pratiques	France	Passé (1984-2013)	chercheurs	PHASE	PEGASE	A.-I. Graux	Graux et al., 2020 https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125952	**Etude Prairies**		
	métamodèle de prédiction de l'évolution de la matière organique des sols à 30 ans couplé à une interface Rshiny	France	Passé (1984-2013)	Conseil en élevage	PHASE	PEGASE (collab. avec IDELE)	A.-I. Graux			**Projet ADEME CarSolEl**	

		Description sommaire de l'outil	Dimension spatiale	Dimension temporelle	Quel en est le public cible?	Identification 1	Identification 2	Identification 3	Identification 4			
FORÊT		Objet ou finalités	France, Région, Bassin versant, Parcelle, etc.	Passé, Présent, Mois, Saison, Année, Décennie, Horizon 2050, Horizon 2100	Filière agricole, Acteurs économiques, Chercheurs, Décideurs publics, tout public ?	Département INRAE	Unité dépositrice de l'information	Nom et Prénom correspondant éventuel	Source bibliographique éventuelle.	Projet existant en l'état dans votre domaine	Projet existant mais à améliorer dans votre domaine dans un délai de 2 ans maxi	Projet nouveau à créer dans votre domaine dans un délai de 2 ans maxi
1Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Projection des forêts en France de 2000 à 2100: projets CARBOFOR, CLIMATOR, FAST, Prospective INRAE-IGN	Cartes de répartition des essences, de production, ETR, stress hydrique, maladies des	France(50x50km)	Futur	Filière Forêts-Bois, MAA, MTE, Régions et communes forestières	ECODIV, AGROECOSYSTEM	UMR ISPA, UPMR SILVA, UMR AGROCLIM,	N. Brisson, D. Loustau, V. Badeau, M.-L. Desprez-Loustau, A. Granier				
	Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Outil de diagnostic de l'effet du bilan hydrique en forêt. Calcul de bilan par l'utilisateur, production et analyse de graphiques de synthèses	Parcelle/Bassin Versant/Région	Passé/présent, Horizon 2050, Horizon 2100	Filière Forêts-Bois, MAA, MTE, Régions et communes forestières	ECODIV	UMR SILVA	N.Breda, A. Granier, V. Badeau, J Levillain, D Maurice, A Benard, N Leroy	https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/			
	Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Cartes d'indicateurs de danger d'incendie de forêt basées sur le Fire Weather Index System, avec	France	Passé/présent, Horizon 2050, Horizon 2100	Tout public	ECODIV	URFM	F Pimont /JL Dupuy	Fargeon et al 2020 Climatic Change	Thèse Hélène fargeon (2019) Action avec ONF agence DFCI (2021)		
	Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Cartes d'indicateeurs d'activité des incendies de forêt (nombre de feux, surfaces brulées, temps de retour) basées sur le modèle Firelihood	Quart sud-est de la France (zone Prométéhe)	Passé/présent, Horizon 2050, Horizon 2100	Tout public	ECODIV MATHNUM	URFM / BioSP	F Pimont /JL Dupuy T Opitz	Pimont et al 2020 https://doi.org/10.1101/2020.05.20.105767. To appear in Ecological Applications	Action avec ONF agence DFCI (2021)	Action avec ONF agence DFCI (2021)	
	Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Sortie modèle Biljou : carte nationale d'indicateurs de sécheresse	France	Passé, Présent	Tout public	ECODIV	UMR SILVA	N.Breda, A. Granier, V. Badeau, J Levillain, D Maurice, A Benard, N Leroy	https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/			

productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats selon des options de traitements prédéterminés	Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, etc.)	Sortie modèle Biljou : carte nationale d'indicateurs de sécheresse	France	Passé, Présent	Tout public	ECODIV	UMR SILVA	N .Breda, A. Granier, V. Badeau, J Levillain, D Maurice, A Benard, N Leroy	https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/			
	Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats (exemples cartes d' indicateur, etc.) donnant des informations différentes selon les options différentes traitements retenus et pouvant faire d'une analyse comparative par un utilisateur sur la base du choix des options qui ont prévalu.	Service web Forêt-21. Cartes, graphiques et tableaux des projections des forêts métropolitaines pour Pin, Douglas, Hêtre, Chênes. 30 ITK simulés.	France 8x8 km à 32x32km,	Futur	Filière Forêts-Bois, MAA, MTE, Régions et communes forestières	ECODIV	UMR ISPA	D. Loustau				
	Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats (exemples cartes d' indicateur, etc.) donnant des informations différentes selon les options différentes traitements retenus et pouvant faire d'une analyse comparative par un utilisateur sur la base du choix des options qui ont prévalu.	Service web Forêt-21 (+). Cartes, graphiques et tableaux des projections des forêts métropolitaines pour la production de biomasse énergie pour Pin, Douglas, Hêtre,	Franceà 32x32km,	Futur	Filière Forêts-Bois, MAA, MTE,ADEME	ECODIV	UMR ISPA, UR BETA	D. Loustau, S. Caurla				x
	Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats (exemples cartes d' indicateur, etc.) donnant des informations différentes selon les options différentes traitements retenus et pouvant faire d'une analyse comparative par un utilisateur sur la base du choix des options qui ont prévalu.	AVIRI Analyse et Vsiualisation du Risque d'Incendie pour l'aide à la décision et à la gestion	France, Quart sud-est de la France (zone Prométhée), cf ci-dessus	Passé/présent, Horizon 2050, Horizon 2100	Tout public	ECODIV	RECOVER/URFM	R Barbero F Pimont / JL Dupuy		Action plurianuelle AVIRI financée par le MTE (SRNH, DGPR)		
Wokflow de caloul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et produire des résultats	*Prevision risque processionnaire du pain*	*France*	*Passé/présent, Horizon 2050, Horizon 2100*	*Tout public*	*ECODIV*	*URZF*	*C. Robinet*		ANR PHENEC			

ressources en eau, hydrologie	Description sommaire de l'outil ou prototype	Dimension spatiale.	Dimension temporelle.	Quel en est le public cible?	Identification 1	Identification 2	Identification 3	Identification 4	Projet existant en l'état dans votre domaine	Projet existant mais à améliorer dans votre domaine dans un délai de 2	Projet nouveau à créer dans votre domaine dans un délai de 2
	Objet ou finalités	France, Région, Bassin versant, Parcelle, etc.	Passé, Présent, Mois, Saison, Année, Décennie, Horizon 2050, Horizon 2100	Filière agricole, Acteurs économiques, Chercheurs, Décideurs publics, tout public ?	Département INRAE	Unité dépositrice de l'information	Nom et Prénom correspondant éventuel	Source bibliographique éventuelle.			
1 Production existante statique sous forme de carte, figure ou de tableau de résultats (exemples carte d' indicateur, fiche stations, etc.)	Cartes et tableaux d'une sélection réduite d'indicateurs d'évolution de débits	France, Bassins versants jaugés	Présent et futur, horizons continus jusqu'à 2100 ou fixes 2021-2050 et 2071-2070 ou 2035-2055, selon les sources	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR, RECOVER, RiverLy	Charles Perrin, Patrick Arnaud et Eric Sauquet		France (projet Explore 2070), bassins versants régionaux (R^2D^2, MOSARH21, CHIMERE21, Adour2030, Garonne2050, Climaware…)		**Explore 2 (cf. Drias Eau)**
	Cartes et tableaux d'une sélection réduite d'indicateurs de débits passés issus d'observations ou de réanalyses	France, Bassins versants jaugés	Depuis 1871 jusqu'à aujourd'hui	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR, RECOVER, RiverLy	Charles Perrin, Patrick Arnaud et Eric Sauquet	SHYREG, LOIEAU, PREMHYCE, FYRE, SCOPE	Convention DGPR, OFB, projet ANR		
Des productions existantes sous forme de cartes, figures ou de tableau xde résultats (exemples cartes d' indicateur, etc.) selon les options de traitements prédéterminés	Cartes et tableaux d'une sélection étendue d'indicateurs d'évolution de différentes caractéristiques de débits + chroniques + sites non jaugés	France, réseau hydrographique (extrapolation)	Présent et futur, horizons continus jusqu'à 2100 ou fixes 2021-2050 et 2071-2070 ou 2035-2055, selon les sources	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR, RECOVER, RiverLy	Charles Perrin, Patrick Arnaud et Eric Sauquet		France (projet Explore 2070), bassins versants régionaux (R^2D^2, MOSARH21, CHIMERE21, Adour2030, Garonne2050, Climaware…)		Explore 2 (cf. Drias Eau)
	Outils de prévision	Bassins versants	Prévision à courte et moyenne échéance	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR, RECOVER	Charles Perrin, Patrick Arnaud	GRP, AIGA…	Convention DGPR, OFB, projet ANR		
	Cartes et tableaux d'une sélection étendue d'indicateurs de débits passés issus d'observations ou de réanalyses + chroniques + sites non jaugés	France, réseau hydrographique (extrapolation)	Depuis 1871 jusqu'à aujourd'hui	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR, RECOVER, RiverLy	Charles Perrin, Patrick Arnaud et Eric Sauquet	SHYREG, LOIEAU, PREMHYCE, FYRE, SCOPE	Convention DGPR, OFB, projet ANR		
Wokflow de calcul permettant à l'utilisateur de piloter une simulation et produire des résultats cartographiques.	Adossement aux sites HYDRO3 pour l'extraction des statistique de débit	France, Bassins versants jaugés			AQUA	HYCAR, RECOVER, RiverLy	Charles Perrin, Patrick Arnaud et Eric Sauquet		x		
	Valorisation des interfaces Shiny en cours de développement ?	France	Ca dépend	Chercheurs et décideurs publics, gestionnaires de l'eau, grand public	AQUA	HYCAR	Charles Perrin	https://sunshine.irstea.fr/	x		