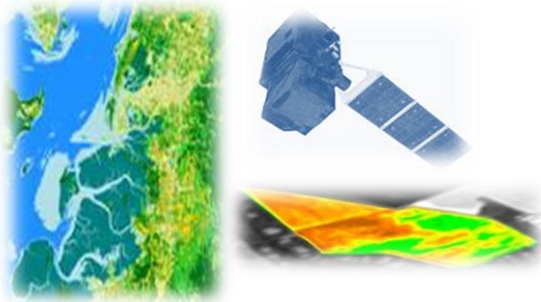


Phase de Définition du projet Tempo
Cahier des charges fonctionnel et architecture
préliminaire
Version V1



Préparé par le groupe projet sous la coordination de Terranis
Septembre 2018

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	5
2	DOCUMENTS DE REFERENCE.....	5
3	OBJECTIFS DE L'ETUDE ET PREMIERES CONCLUSIONS.....	7
3.1	Objectifs de l'étude	7
3.2	conclusions et recommandations.	7
4	SYNTHESE DES BESOINS EXPRIMES	11
4.1	BESOINS FONCTIONNELS THEMATIQUES.....	11
4.1.1	BESOINS PRIORITAIRES COMMUNS	12
4.1.2	BESOINS COMPLEMENTAIRES SPECIFIQUES	21
4.2	BESOINS OPERATIONNELS.....	24
4.3	INTERFACES DES « SERVICES TEMPO »	26
4.3.1	Les systèmes en interface avec Tempo	27
4.3.2	Les types d'échanges sur ces interfaces.....	28
4.4	INTERFACES SPECIFIQUES AVEC LES BASES DE DONNEES METEO ET CLIMATOLOGIQUES ET DE QUALITE DE L'AIR	29
4.4.1	DONNEES METEO ET CLIMATO	30
4.4.2	DONNEES DE QUALITE DE L'AIR	32
5	DEMARCHE PROPOSEE POUR LA MISE EN ŒUVRE DES SERVICES TEMPO	33
5.1	PRINCIPES	33
5.2	PHASE DE DEMONSTRATION.....	35
5.3	PHASES DE DEVELOPPEMENT ET DE DEPLOIEMENT	38
5.3.1	Première période : 2019-2020	38
5.3.2	2 ^{ème} période : disponibilité en 2021 et 2022	41
6	SCHEMAS D'ARCHITECTURE	43
6.1	Les Plateformes de service	43
6.2	Proposition de solutions techniques	45
7	SCHEMAS D'ORGANISATION ET PROGRAMMATIQUE	52
7.1	PLANNING TYPE.....	52
7.2	ORGANISATION PROPOSEE	53
7.3	ESTIMATIONS BUDGETAIRES.....	56
8	Annexes	57
8.1	annexe 1 : Besoins exprimés par régions	57

8.1.1	En Bretagne	57
8.1.2	En Occitanie.....	59
8.1.3	En Grand Est	60
8.2	Annexe 2 : Spécifications d'interfaces.....	62
8.3	Annexe 3 : recensement des données météorologiques et climatologiques	84

Historique du Document

Revision	Date	Description of the release	Author
V1	03/09/2018	Version initiale du document.	M. Tondriaux et équipe projet

Glossaire

CRIGE	Centre Régional d'Information Géographique
DIAS	Copernicus Data and Information Access Services
OCS GE	Occupation des Sols Grande échelle
OGC	Open Geo-spatial Consortium
RPG	Registre Parcellaire Graphique
RUS	Research and User Support
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

1 INTRODUCTION

Le présent document est le rapport final de la phase de définition du projet Tempo.

Il est rédigé par l'ensemble de l'équipe projet qui a mené cette étude pour le compte d'Inspace, coordonnée par TerraNIS.

Il fait suite à la phase d'analyse de l'existant menée d'avril à septembre 2017, suivie d'une analyse de besoins effectuée entre septembre 2017 et juin 2018 auprès des utilisateurs potentiels dans les 3 régions concernées (Bretagne, Occitanie et Grand Est), avec en particulier la tenue de 2 ateliers type « ASE » animés par Cap Gemini à Rennes (octobre 2017) et à Toulouse (mars 2018) et d'un atelier de synthèse des besoins (juin 2018).

Ce document comprend :

- Un rappel des objectifs de l'étude, et un résumé des conclusions et des recommandations proposées par l'équipe projet (§3)
- Une synthèse de l'expression des besoins tels que recueillis depuis le début de l'étude (§4)
- Une classification de ces besoins, ainsi qu'une approche proposée pour leur mise en œuvre (§5)
- Une architecture type pour réaliser les produits et fournir les services répondant aux besoins (§6)
- Des schémas d'organisation et une estimation programmatique pour le développement et la fourniture de ces services (§7).

Nous trouverons en Annexe à ce document :

- La répartition des besoins prioritaires exprimés par région d'analyse (Annexe 1, §8.1).
- Les spécifications d'interfaces des futurs services Tempo (Annexe 2, § 8.2)
- Un recensement des bases de données météo et climato disponibles et d'intérêt pour les services Tempo (Annexe3, § 8.3).

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

DR1 : 1^{er} rapport d'avancement : analyse de l'existant, Septembre 2017

DR2 : Rapport de synthèse de l'ASE Bretagne, Novembre 2017

DR3 : 2^{ème} rapport d'avancement : analyse des besoins, Décembre 2017

DR4 : Synthèse de l'atelier Occitanie, Avril 2018

DR5 : Compte rendu de l'atelier de restitution, juin 2018

DR6 : Note technique sur le suivi algues vertes sur la côte bretonne.

DR7 : Analyse de faisabilité du suivi du trait de côtes en Occitanie

3 OBJECTIFS DE L'ETUDE ET PREMIERES CONCLUSIONS

3.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif de la phase de définition de TEMPO était d'élaborer, à partir d'interviews d'utilisateurs potentiels dans les différentes collectivités territoriales concernées, le cahier des charges de services permettant de fournir, en utilisant des données issues d'une part d'images satellitaires et d'autre part de bases de données nationales et/ou régionales accessibles dans des Systèmes d'Informations Géographiques ouverts, un certain nombre d'indicateurs sur l'aménagement des territoires régionaux et sur leurs évolutions au fil du temps, ainsi que sur les impacts du changement climatique observables sur ces territoires.

Cette étude a été menée dans 3 régions à l'origine de cette étude, la Bretagne, l'Occitanie et la région Grand Est, en interviewant plusieurs personnes en charge des différents aspects de l'aménagement du territoire dans ces 3 régions, à des échelons territoriaux différents (Région, Département, Communauté de Communes, métropoles), ainsi qu'en menant des séances de travail communes réunissant des représentants de ces différentes collectivités.

On trouvera le détail des besoins exprimés lors de ces interviews et les noms et fonctions des personnes ayant participé à ces interviews et, pour certaines d'entre elles, aux ateliers de synthèse dans les compte rendus correspondants (cf DR2, DR3, DR4 et DR5).

En complément de l'établissement d'un cahier des charges fonctionnel, l'étude avait également comme objectif de faire une estimation du planning et des coûts de développement et d'opérations nécessaires pour satisfaire ces besoins, en se basant sur une architecture type, prenant en compte les évolutions des infrastructures d'accès aux données satellitaires. Ces éléments sont fournis également dans ce document, dans les sections 6 et 7.

3.2 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.

Vis-à-vis des objectifs rappelés ci-dessus, les principales conclusions de l'étude, qui seront détaillées dans la suite du document, peuvent être résumées comme suit :

1. D'un point de vue fonctionnel, les demandes exprimées par les utilisateurs portent de manière générale sur la mise à disposition de données relatives à

l'occupation des sols et à leur usage, avec des échelles de précision variant en fonction des interlocuteurs et la nécessité d'une **mise à jour plus fréquente** que ce dont ils disposent aujourd'hui (typiquement au moins une mise à jour par an, à comparer à 3 ans ou parfois 8 ans actuellement). Une requête également fréquemment formulée est la garantie d'avoir ces mises à jour de **manière régulière, à un moment connu et constant dans l'année** permettant de suivre et d'évaluer de manière périodique vis-à-vis des élus et de la population l'efficacité des politiques publiques définies entre autres dans les documents SRADDET en cours de finalisation dans chacune des régions. Sous ces conditions, les services fournis viendraient compléter les données de référence disponibles (OCS GE, par exemple) qui ont vocation à rester la référence pour tous les documents administratifs, sans pour autant se substituer à elles. Ces services devraient permettre d'en évaluer périodiquement les évolutions sur des indicateurs pertinents. La nécessité d'obtenir **un consensus** entre les différents acteurs (régionaux et nationaux) **sur la définition de ces indicateurs** caractérisant l'état et l'usage des ressources naturelles du territoire a aussi été très souvent soulignée. La mise en place de services Tempo basées sur les mêmes spécifications sur plusieurs régions françaises avec une fourniture régulière d'indicateurs basés sur les mêmes chaînes de mesures (images satellitaires) et de traitements pourrait certainement contribuer à obtenir ce consensus, de manière à faire reconnaître ces indicateurs au niveau d'organismes ayant autorité pour cela (le Conseil National de l'Information Géographique, par exemple, du moins pour certains d'entre eux).

1^{ère} recommandation :

Définir, pour chaque étape de mise en œuvre des services Tempo, un ensemble d'indicateurs caractérisant l'occupation des sols d'un territoire et garantir pour chacune de ces étapes une fourniture périodique et régulière des produits issus de l'observation spatiale pour analyser l'évolution de ces indicateurs, avec l'organisation opérationnelle ad hoc pour ce faire.

2. Toujours d'un point de vue fonctionnel, on peut distinguer un ensemble de besoins exprimés de **manière commune** entre les territoires, et **d'autres plus spécifiques à chacune des régions**, en fonction des particularités géographiques et/ou économiques. Ces besoins seront classés selon ces critères dans ce document de manière à permettre, s'il en est décidé ainsi, que la fourniture des services « communs » puisse être gérée en cohérence entre les différentes régions avec, si cela est souhaité, des fournisseurs uniques pour certains services. En tous cas la possibilité de comparer les

résultats d'une région à une autre (ou plutôt d'un territoire à un autre) est certainement un service complémentaire, avec un besoin d'ailleurs exprimé à différentes reprises lors des entretiens.

Il y aura donc un choix stratégique à faire au niveau du déploiement de ces services dits « communs » :

- soit on privilégie la minimisation des coûts de production et l'unicité de méthodes, et dans ce cas on met en œuvre une politique d'approvisionnement centralisée (ou coordonnée) de ces services,
- soit on préfère donner la priorité à la production de ces services en local, pour pouvoir ensuite plus facilement « croiser » les produits générés avec d'autres données disponibles localement sur le territoire, et dans ce cas on gère l'approvisionnement des services au niveau régional.

Ces deux types d'approvisionnement des services coexisteront d'ailleurs très probablement en phase opérationnelle, en fonction des services concernés.

Il est toutefois recommandé de conserver, quel que soit le mode d'approvisionnement retenu (centralisé ou décentralisé), un niveau de coordination pour la spécification des produits générés afin d'assurer une définition et une interprétation communes d'indicateurs entre les régions concernées.

2^{ème} recommandation :

Conserver pour les services communs à plusieurs régions un ensemble de spécifications identiques, même si la décision est prise ultérieurement de gérer l'approvisionnement des produits correspondants de manière décentralisée au niveau de chaque région

3. Au niveau des besoins opérationnels, cinq types d'exigences se dégagent :
 - La nécessité de considérer les Systèmes d'Information Géographique régionaux existants ou en développement (Geo Bretagne, Open IG, et le futur Geo Grand Est) comme points d'interfaces uniques avec les services régionaux.
 - Le besoin de livrer les produits générés autant que possible sous forme vectorielle ingérable dans les SIG des utilisateurs.
 - La nécessité de prendre en compte des échelles forcément variables en fonction de la collectivité utilisatrice, tout en maintenant la cohérence des indicateurs quelle que soit l'échelle considérée.

- Le besoin de répétitivité et d'objectivité de l'instrument de mesure des indicateurs proposés, c'est-à-dire des sources d'imagerie satellitaire et de leur traitement.
- Le besoin de capacités de traitements informatiques pour générer et fournir de manière opérationnelle des indicateurs hybrides croisant les données d'observation du territoire et d'autres données : prévisions météo et climato résultant de modèles, données INSEE sur la population ou sur les paramètres socio-économiques, données cadastrales, Plans locaux d'urbanisme... Les produits issus de ces traitements de « croisement » seront appelés par la suite « produits hybrides » car provenant de plusieurs sources d'informations.

3^{ème} recommandation :

Considérer dans l'architecture du système que les SIG régionaux doivent être les points d'interface, de diffusion et de stockage des produits multi-échelles générés pour les régions. Prévoir de les doter de moyens de traitements pour générer des produits « hybrides » multi-sources.

4. Les prix et financements :

Au cours de l'étude l'aspect financement des développements et des services a été abordé avec les différents interlocuteurs, qui étaient toutefois des utilisateurs potentiels et non des personnes ayant pouvoir de décision budgétaire. L'avis unanime a toutefois été qu'au vu des contraintes budgétaires actuelles, le paiement des développements ne pourrait être envisagé qu'au travers de programmes soit nationaux, soit européens, et que celui des services opérationnels pourrait être mutualisé entre différentes structures locales utilisatrices (Région, Départements, EPCI, métropoles) et provenir des budgets de fonctionnement de ces structures.

Une première estimation des coûts pour les développements et la validation sur des zones pilotes de services non existants aujourd'hui serait de 500 K€ (périmètre de départ) à 2 M€ pour un système dédié avec développements spécifiques Tempo (cf détails § 7.3)

Les coûts annuels des services opérationnels seraient eux de l'ordre de 150 à 500 K€/an au niveau d'une région en fonction des services achetés, coûts à partager potentiellement entre les différentes collectivités utilisatrices.

Un schéma optimal serait de constituer au niveau de chaque région une structure budgétaire, dont la gestion serait confiée à une institution ou à un opérateur existant, abondée par plusieurs collectivités utilisatrices, et à même d'acheter au travers d'abonnements pluriannuels des services parmi le « catalogue » de services Tempo proposés. Ce schéma permettrait d'une part de réduire le coût par collectivité, mais aussi d'obtenir des coûts minima de la part des prestataires de ces services (la partie « non récurrente » liée à la mise en œuvre d'un service sur une zone géographique donnée étant alors répartie sur les années de l'abonnement).

4^{ème} recommandation :

Pour la mise en œuvre des services Tempo, il est proposé :

- **de démarrer avec un contour fonctionnel limité, sur la base de produits existants, en suggérant aux fournisseurs de services de proposer des services pilotes (gratuits ou non) afin de démontrer ces services sur des zones limitées,**
- **de commencer en parallèle des démarches de promotion auprès d'instances nationales pour le financement des développements ultérieurs de nouveaux services,**
- **que les régions concernées se prononcent sur la disponibilité d'un budget annuel de 150 à 300 K€ d'achats de services de ce type dès 2019 et sur la possibilité de mutualiser ce budget entre plusieurs collectivités territoriales d'une même région utilisant les mêmes produits.**

4 SYNTHÈSE DES BESOINS EXPRIMÉS

4.1 BESOINS FONCTIONNELS THÉMATIQUES

Ces besoins fonctionnels résultent des interviews menés avec les différents utilisateurs dans les 3 régions (cf § 8.4, Annexe 4) et des ateliers de de types ASE menés en Bretagne et en Occitanie.

Le rappel de ces besoins et leur classement issu des ateliers dans les régions Bretagne et Occitanie est donné au § 8.1, Annexe 1.

Les paragraphes qui suivent donnent une synthèse de l'ensemble de ces besoins, classés par grands types : les besoins communs exprimés à des degrés divers dans au moins 2 régions sont exposés en priorité, puis les besoins spécifiques à l'une des 3 régions.

4.1.1 BESOINS PRIORITAIRES COMMUNS

On peut retenir 6 grands types de besoins, qui peuvent se décliner en sous-types, en fonction de leur type d'usage, et donc d'utilisateurs.

1. Type 1 : Carte et suivi de l'occupation des sols.

C'est une demande basique et commune aux 3 régions, et classée largement prioritaire. Il est bien entendu par les demandeurs qu'il ne s'agit pas d'établir des cartes de référence, comme peut l'être OCS GE fourni par IGN, mais bien de disposer de moyens de monitoring plus fréquent (typiquement annuel) permettant de suivre l'évolution de certains types d'usage, en utilisant OCS GE comme base de référence

Plus précisément, on peut distinguer plusieurs sous types :

- **Sous type 1.1** : Une **carte « haut niveau »**, avec une précision de l'ordre de 10m (compatible d'une échelle 1/50 000) et de l'ordre **de 5 à 6 classes** différentes. L'utilisation visée est, à l'échelle d'une région, d'un département ou d'une EPCI, de suivre chaque année des indicateurs de haut niveau et leur évolution temporelle en fonction des politiques d'aménagement décidées : évolution de l'étendue des zones urbaines et zones agricoles, de l'artificialisation des sols, ... Plusieurs offres de génération automatique à prix bas (voire gratuites) de ces cartes existent aujourd'hui, avec un taux de validation variable. La dénomination des classes est elle aussi variable, même si l'on trouve bien sûr les mêmes types (zones artificialisées, sols nus, zones de végétation ligneuse et non ligneuse, eau, infrastructures de transport). Il y aura donc lieu, durant la phase de démonstration, d'essayer de standardiser cette nomenclature, de valider les produits générés et d'assurer une cohérence avec les nomenclatures utilisées par la classification OCS GE (cf les préconisations CNIG sur OCS GE). Cela permettra d'utiliser, lorsqu'elle est disponible, la base OCS GE comme référence de l'occupation du territoire et de suivre son évolution annuelle à l'aide de ces cartes dites de « haut niveau ».
- **Sous type 1.2** : cartes **plus précises, à l'échelle du mètre, en 2D ou en 3D**, plus spécifiquement orientées sur le suivi de l'évolution **des zones urbanisées et de leur densification** (estimation du nombre de logements par immeubles), en lien avec les PLUs existants pour évaluer

les capacités restantes de constructibilité et les typologies de bâtiments : logements, immeubles industriels et services. Là encore, ces produits sont aujourd'hui proposés par plusieurs fournisseurs (publics et privés) et pourront être mis en œuvre et validés en phase de démonstration. Leurs prix varient entre une dizaine et une trentaine d'euros par km², en fonction de la précision recherchée (2m ou 50 cm) et de la typologie demandée (2D ou 3D). Plusieurs déclinaisons spécifiques existent, en fonction des caractéristiques du territoire (suivi de l'urbanisation en zones littorales, en proximité des métropoles...)

- **Sous type 1.3** : cartes **précises (1 m de résolution) avec un nombre de classes beaucoup plus grand** (typiquement une trentaine de classes), permettant de suivre l'évolution de l'utilisation du territoire avec quantification de ses différents usages. La version « génération automatique » de ce type de cartes qui permettra d'obtenir des coûts plus accessibles que la génération manuelle (Spot Théma, par exemple) n'est pas encore disponible et nécessite un effort de développement et de validation. Si les besoins sont bien précisés (en particulier les types de classes) et si un financement est trouvé pour le développement, on peut estimer leur disponibilité en 2020.
- **Sous type 1.4** : cartes **précises** (résolution <1 m.) permettant le suivi annuel de **zones d'intérêts spécifiques** pour l'occupation du territoire : haies, bocages, végétation urbaine, îlots de chaleurs, suivi du mitage de l'habitat sur le territoire... avec un lien avec les bases parcellaires existantes. Là encore, la disponibilité de ces cartes de manière opérationnelle dépendra de la précision de la demande et requerra un effort particulier de développement et de validation pour une génération automatisée de ces cartes et surtout une validation in situ de leurs résultats.
- **Sous type 1.5** : cartes identifiant et quantifiant par modélisation un impact spécifique de l'évolution de l'occupation des sols vis-à-vis d'enjeux sociétaux. Deux besoins de ce type ont été identifiés comme importants lors des interviews :

- **Sous type 1.5.1 : cartographie et évolution des éléments impactant l'émission de gaz à effet de serre.** Des modèles existent (cadastres d'émissions) pour estimer ces émissions, à partir d'hypothèses pour différents types d'infrastructures (immeubles d'habitations, d'usages collectifs, voies de transports de taille et de nature différente, ...) et de mesures de calibration au sol. Il s'agirait alors de dénombrer ces différentes infrastructures et leur évolution dans le temps par observation satellitaire, d'en déduire un total estimé d'émissions, avec une calibration périodique à partir de mesures faites au sol, pour « boucler » la modélisation.
- **Sous type 1.5.2 : cartographie et évolution d'éléments pouvant impacter la santé des habitants** (pollutions urbaines, agro-chimiques, ...). L'intérêt ici serait de croiser le nombre et la densité de ces éléments, leur évolution dans le temps, avec l'occurrence de certaines maladies répertoriées dans des bases de données disponibles et avec des mesures de pollution de l'air disponibles au travers des bases de données des mesures de pollution atmosphériques opérées par les opérateurs régionaux (les associations AASQA locales) fédérés par le LCSQA.

Dans ces 2 cas, il est nécessaire de décider quels sont ces éléments et objets d'occupation des sols qui présentent un intérêt pour la thématique étudiée, puis de développer des algorithmes pour les identifier de manière la plus automatisée possible dans l'imagerie satellitaire. On peut estimer la disponibilité de ces produits à partir de 2021, si les éléments sont précisés en 2019.

2. Type 2 : Cartes et suivi d'activités économiques.

Trois types d'activités économiques ont été plus spécifiquement identifiés vis-à-vis de ce besoin, chacun correspondant à un sous type.

- **Sous type 2.1 : suivi des activités agricoles.**
 - **Sous type 2.1.1 : cartes d'identification des types de cultures** (hiver/ été ; prairies, vignes, céréales ; cultures irriguées/non irriguées...). Ces cartes peuvent être disponibles dès 2019 auprès de plusieurs fournisseurs, avec une fréquence de 2 fois

par an (hiver/été), en utilisant des images Sentinel ou Spot fonction de la résolution souhaitée.

- **Sous type 2.1.2** : cartes de suivi annuel des **cultures et des rendements potentiels** à l'échelle d'un territoire par comparaison aux années précédentes. Avec une précision de 2 à 10 m et une identification automatique des cultures : ces cartes nécessitent encore quelques développements et validations pour être opérationnelles en 2020. Un croisement de ces cartes avec les données climatologiques permettrait de fournir des indicateurs sur le niveau d'adaptation de ce secteur au changement climatique, y compris par comparaison avec des données historiques reconstruites par analyse d'images d'archives (depuis une vingtaine d'années) et accès aux bases de données historiques météo.
 - **Sous type 2.1.3** : cartes de suivi des **pratiques agricoles** à l'échelle d'un territoire : types de cultures, pratiques sur les intrants (nitrates, pesticides), types d'irrigation, zones enherbées, couvert hivernal...pour évaluer l'impact de l'activité agricole sur l'environnement dans le territoire. Si les pratiques à suivre sont précisées en 2019, ces services pourraient être validés au cours de cette même année, et devenir disponibles en 2020.
 - **Sous type 2.1.4** : cartes de suivi des cultures en zones périurbaines (**zones maraîchères**). On peut d'ores et déjà identifier et quantifier ces espaces de cultures par observation spatiale (images Spot ou Pléiades), mais des services de classification par types de culture et d'estimation des rendements correspondants ne sont pas aujourd'hui disponibles. Ce besoin, exprimé en particulier par les métropoles nécessiterait des développements spécifiques pour la reconnaissance automatique de ces types de cultures maraîchères (du moins celles qui ne sont pas sous serres...) et pour la méthode d'évaluation des capacités de rendements, avec une faisabilité d'ailleurs questionnable.
- **Sous type 2.2 : suivi des activités d'exploitations forestières.**
 - **Sous type 2.2.1 : cartes de suivi des ressources forestières d'un territoire** et de son niveau d'exploitation : estimation des

surfaces, des espèces, comptages (si nécessaire), suivi et estimation des coupes annuelles. Ces cartes peuvent être disponibles dès maintenant, et produites annuellement, sur la base d'images Sentinel (2 et 1) ou Pléiades en fonction de la précision souhaitée (comptage ou non) et avec un niveau d'automatisation important, mais nécessitant des efforts de validation et de calibration in situ encore coûteux (moins d'1/ha pour une évaluation globale jusqu'à plusieurs dizaines d'euros/ha pour un comptage par espèce)

- **Sous type 2.2.2 : estimation de la biomasse et bilan carbone annuel des ressources forestières** : ce service complémentaire du précédent vise à suivre la contribution carbone de l'espace forestier sur un territoire, en utilisant à la fois l'observation spatiale, des observations in situ, et des modèles d'émission/absorption de CO₂. Il nécessite de spécifier la méthode utilisée pour ces estimations, et donc les objets à observer et monitorer. Cet exercice de modélisation est mené depuis plusieurs années par différents acteurs au niveau mondial avec des résultats non encore satisfaisants à l'échelle globale. Une application spécifique à des forêts de dimensions plus modestes, permettant des calibrations de terrain plus faciles et fréquentes et un suivi régulier des coupes effectuées pourrait toutefois donner des résultats intéressants. En supposant que la méthode puisse être qualifiée d'ici 2020, on peut prévoir la disponibilité en 2021 de premiers services.

- **Sous type 2.3 : activités touristiques.**
 - **Sous type 2.3.1 : cartes de suivi des capacités touristiques littorales** : il s'agit, sur la base de fonds de cartes identifiant les ressources touristiques d'une partie d'un littoral (hôtels, campings, plages et postes de surveillances, routes, parkings, pistes cyclables, zones commerciales, zones d'attractions, ...) de suivre l'évolution de ces infrastructures et des constructions environnantes (une fois /an, échelle de 1 à 2m). Ces services peuvent être disponibles dès 2019, si la commande est formulée précisément au niveau des objets à identifier, des bases de données à croiser, et des zones à monitorer. L'essentiel du travail étant toutefois fait par photo-

interprétation, le service ne pourra être fourni que sur commande spécifique

- **Sous type 2.3.2 : Cartes et suivi de la qualité des eaux et de l'environnement en zone littorale** : cartes de suivi de la turbidité des eaux et des niveaux d'envasement sur les plages du littoral, et sur les rivières de déversement. Ces cartes pourraient être réalisées à partir de 2020 à une fréquence d'une fois/an, sur des zones spécifiques, en utilisant des produits d'analyse en cours de validation, basés sur une utilisation simultanée d'imagerie Sentinel 1 et 2.
- **Sous type 2.4 : Support à l'évolution des éléments de taxation locale** : cartographie et suivi annuel des évolutions des éléments donnant lieu à taxation locale : nouveaux bâtiments, piscines, extension terrains, Ces cartes peuvent être produites de manière annuelle, dès 2019, après identification des éléments d'intérêt, à l'échelle de 1m, et adaptation en conséquence des algorithmes de recherche automatique.

3. Type 3 : cartes de suivi écologie et biodiversité

- **Sous type 3.1 : identification et suivi des trames vertes et bleues.** Sur la base d'une définition standardisée, à partir des préconisations du CNIG, des cartes de suivi à l'échelle de 1 à 10m en fonction de la demande et des zones à surveiller peuvent être produites dès 2019 et ré-actualisées chaque année, avec quantification et évaluation des évolutions. Le prix serait de l'ordre d'1 euro /km² pour une surface régionale.
- **Sous type 3.2 : cartes et suivi de zones de végétation indicatrice de changements climatiques et/ou démographiques.** Mené à l'échelle régionale ou départemental, ce monitoring de zones de végétation (zones cultivées, prairies, forêts et bois, zones humides, ..) pourrait être mené de manière automatique dès 2019, une fois définis les objets à suivre à la fréquence d'une

fois/an avec une précision de 10m, compatible des images Sentinel. Un croisement avec les données climatologiques et une comparaison avec la situation il y a 15 ans sont également à prévoir.

- **Sous type 3.3 : définition, évaluation et suivi d'indicateurs de biodiversité sur le territoire.** Il s'agit de cartes annuelles, avec une précision d'une dizaine de mètres, permettant de suivre à l'échelle régionale ou d'une EPCI quelques indicateurs clefs pour la biodiversité qui font partie des objectifs des SRADDET : continuité et homogénéité des milieux, compacité surface de milieux homogènes, ... et d'autres qui seraient définis par les représentants des institutions en charge. Des démonstrations pourraient être menées dès 2019 pour préciser le mode de calcul des indicateurs, et un service opérationnel disponible en 2020 pour un prix inférieur à 1 €/km² à l'échelle d'une région.
- **Sous Type 3.4 : cartes et suivi des zones de dépôts sédimentaires sur les fleuves et rivières** et les embouchures. Sur une base de mise à jour annuelle, ces cartes d'une précision de l'ordre du mètre (images Pléiades ou Spot 6) doivent permettre d'identifier les dépôts obstruant les cours d'eau. Leur faisabilité à grande échelle (estuaires et gros fleuves) est d'ores et déjà possible, mais leur application à des rivières de petite taille (support à la compétence Gemapi pour des communautés de communes) nécessite encore des travaux de développement et de validation in situ et ne sera sûrement pas faisable partout.
- **Sous type 3.5 : cartographie et suivi des zones humides.** A l'échelle régionale ou d'une EPCI, établir et suivre l'évolution annuelle des zones humides du territoire. Là encore, il y a lieu de préciser la définition de ces zones. Une fois cette définition agréée, l'établissement de ces cartes à 10 m de précision (images Sentinel 2 et éventuellement Sentinel 1) demandera une phase de développement, d'entraînement et de validation pour obtenir

une classification automatique. On peut prévoir sa disponibilité opérationnelle en 2020.

4. Type 4 : Cartes de ressources et de consommations en eau

- **Sous type 4.1 : carte et suivi des retenues collinaires et autres bassins d'eau.** Ces cartes mises à jour annuellement et d'une précision de 10m devront permettre d'identifier ces retenues (disponibilité immédiate du service), puis potentiellement d'en suivre l'étendue au fil de la saison d'été avec une fréquence hebdomadaire (disponibilité du service plutôt estimée à 2020, avec une phase de développement et validation en 2019)
- **Sous type 4.2 : cartographie et suivi des besoins en irrigation :** en lien avec les cartes de suivi des cultures (cf sous type 2.1.3), il s'agit ici d'établir une cartographie des zones irriguées, et d'en évaluer le besoin en eau, en lien avec les prévisions météo locales, et ce de manière annuelle (pour l'identification des parcelles irriguées), avec un suivi hebdomadaire en été. Outre les développements nécessaires pour une identification opérationnelle des cultures, ce service nécessite un développement spécifique pour s'interfacer avec les bases de prévisions météo ad hoc (cf Annexe 3). On peut donc prévoir une disponibilité en 2021 pour un service opérationnel à un prix de quelques euros/km2...

5. Type 5 : Prévention et gestion des risques

- **Sous type 5.1 : suivi et historique des épisodes d'inondation.**
Ces services, en continuité des services dits « Emergency » du programme Copernicus, peuvent être disponibles dès maintenant sur des zones non couvertes par les services Copernicus (zones non retenues pour ce service) , avec un suivi de l'étendue des inondations assurées par des images Sentinel 1, calées sur des fonds de cartes disponibles (précision de l'ordre de 10m, suivi régulier tous les 3 jours après l'évènement pour environ 10 K€/événement à monitorer). On peut enrichir ce service en assurant un historique des zones à risques, et un croisement avec des bases de données météo (disponibilité possible en 2020 si développement en 2019). Cela peut permettre un réexamen plus précis et plus détaillé des zones dites inondables sur un territoire (fréquence et durée des épisodes constatés,...).

- **Sous type 5.2 : suivi et évolution du trait de côtes sur les zones littorales.**

C'est un besoin spécifiquement exprimé bien sûr en Occitanie et en Bretagne lors de l'étude mais dont on peut imaginer qu'il intéresse toute région côtière. Toutefois la différence de nature des côtes à suivre ainsi que les conditions d'observation (par exemple, existence de marées ou non) peut donner lieu à des différences importantes au niveau des solutions envisageables (cf DR 7 pour une analyse plus précise en Occitanie). On peut dire qu'aujourd'hui, un service de monitoring par satellite peut être rapidement disponible sur les côtes d'Occitanie (cf services du Cerema pour la DREAL) et que son application sur d'autres côtes nécessite des études complémentaires. Dans tous les cas, une étude sur une plus large échelle de temps (une quinzaine d'années) menée avec un croisement des données correspondantes en climatologie répondrait à un besoin exprimé en particulier pour l'aménagement des côtes occitanes. Cela nécessiterait un développement spécifique en 2019 pour un service opérationnel à partir de 2020.

- **Sous type 5.3 : cartes d'érosion des sols et zones submersibles en bordure littorale ou fluviale**

Ce service concerne toutes les zones susceptibles de submersion soit fluviale (inondations), soit maritime. Il répond à un besoin d'évaluation des risques de zones inondables. Il nécessite un développement spécifique par construction de bases de données historiques spécifiques à chaque zone sujette à inondations sur une échelle d'au moins une quinzaine d'années (idéalement plus), avec croisement avec les données météorologiques et climatologiques correspondantes, voire des données in situ si l'on veut corréliser avec les évolutions des configurations topologiques de ces zones. Sous réserve de qualification et de confirmation de la faisabilité technique à vérifier dans plusieurs zones différentes, cela nécessite un développement spécifique de mise en place de ces historiques, pour mener ensuite un suivi régulier sur une base annuelle ou sur événement spécifique.

- **Sous type 5.4 : cartes de mouvements des sols sur zones à risques de glissements de terrain**

Ce type de services est possible par utilisation de l'interférométrie radar et est disponible de manière opérationnelle dès aujourd'hui. Il y a lieu de délimiter les zones dites à risques et de mener une étude sur plusieurs mois en utilisant plusieurs dizaines d'images radar (par exemple Sentinel 1) sur ces zones. Cela s'applique à des risques de glissements de terrain après inondations, faibles tremblements de terre, ou même fuites dans les canalisations d'eau sous terraines.

Des démonstrations peuvent être menées sur ces différentes applications dès 2019.

6. Type 6 : Sources d'énergie

- **Sous type 6.1 : identification des capacités en énergie solaire**

Ce besoin couvre en fait deux aspects complémentaires :

- 6.1.1 : une **cartographie des infrastructures de panneaux solaires existantes**. Si l'identification de panneaux individuels par l'observation de la terre peut être compliquée en milieu urbain et donner des résultats plutôt décevants, celle d'infrastructures plus larges en milieu rural (hangars, fermes solaires,..) est plus facilement envisageable dès maintenant par détection automatique avec une précision de 2 à 10m, en fonction du besoin. Croisé avec les données existantes sur l'ensoleillement des zones concernées, cela peut donner une estimation de l'énergie récupérée par ces infrastructures et en assurer le suivi annuel.
- 6.1.2 : Une évaluation de la **capacité intrinsèque d'implantations supplémentaires**, par reconnaissance automatique de toits de hangars non encore équipés, toujours en corrélant avec les données quantifiant l'ensoleillement de la zone observée pour donner une capacité totale potentielle d'une zone.

Ces services peuvent donner lieu à des démonstrations dès 2019 sur des zones limitées à définir.

4.1.2 BESOINS COMPLEMENTAIRES SPECIFIQUES

En supplément des besoins exprimés par des interlocuteurs de l'ensemble des trois régions analysés ci-dessus, certains besoins ont été exprimés lors de rencontres dans une seule de ces régions. Ils sont synthétisés ci-dessous, en les raccrochant au type de besoin générique, puisqu'ils peuvent en être une mise en œuvre spécifique pour une application donnée.

TYPE	SOUS TYPE	REGION	SPECIFICITES	Disponibilité estimée
Type 1 : Occupation des sols	Sous type 1.4.1: Cartographie bocages et haies	Bretagne	C'est une instanciation particulière du service 1.4, avec comme objets spécifiques les haies et bocages (dimensions et contenus à définir)	2020, avec validation en 2019
Type 1 : Occupation des sols	Sous type 1.4.2: Suivi du mitage de l'habitat sur le territoire	Bretagne	Même remarque que ci-dessus : il faut définir ce qui caractérise précisément le mitage du territoire de manière à déclencher des algorithmes de recherche automatique	2020, avec validation en 2019
Type 1 : Occupation des sols	Sous Type 1.6: cartographie et suivi des milieux marins en zones côtières	Bretagne	C'est un service spécifique de classification des zones côtières (émergées et immergées) ; la classification est à préciser (types de côtes, prise en compte des marnages, types d'habitats marins). Peut faire appel à un mélange d'images optiques et radar	Demande plus de précisions pour définir le service
Type 2 : Support activités économiques	Sous type 2.5 : Cartes de suivi des patrimoines régionaux	Occitanie	Demande spécifique Occitanie mais peut être généralisée : identification et suivi des zones et espaces de propriété régionale ;	Initialisation demande travail de photo-interprétation ; suivi peut être automatisé
Type 2 .3: activités économiques / tourisme	Sous type 2.3.3 : suivi enneigement stations de ski	Occitanie	Des démonstrations de faisabilité ont été déjà menées, et le service pourrait être disponible en 2020, avec un niveau de suivi temporel à la semaine, sous réserve de disponibilité des images optiques (aléas météo). Une analyse et comparaison historique sur une profondeur des 15 ans pourrait être menée, en croisant avec les données climatiques correspondantes.	2020

Type 2 : Support activités économiques	Sous type 2.6 : Cartes de localisation et d'impacts des aides régionales	Occitanie	Aide à instruction de subventions régionales (agricultures, viticultures, ..) et suivi des impacts.	Travail d'initialisation à mener manuellement ; suivi possible en 2020
Type 3 : écologie et biodiversité	Sous type 3.6 : Suivi de la qualité des eaux de rivière	Grand Est	Besoin peut devenir générique, mais méthodologie par observation spatiale non disponible ; peut être limité à analyse de turbidité, couplée avec données in situ	A tester en 2019 sur zone limitée pour mieux préciser
Type 3 : écologie et biodiversité	Sous type 3.7 : Suivi pollution marine sur les zones littorales	Bretagne	Besoin similaire au précédent, mais mieux cerné techniquement ; des services précurseurs existent qui doivent être validés et couplés avec des mesures in situ.	A tester et valider en 2019 sur zone limitée
Type 3 : Ecologie et biodiversité	Sous type 3.8 : suivi évolution algues vertes	Bretagne	Difficulté spécifique de suivi du phénomène en raison des mouvements de marée, non synchronisés avec les passages satellites. A creuser	Voir doct DR5
Type 3 : écologie et biodiversité	Sous type 3.8 : Cartographie végétation urbaine	Bretagne	Besoin exprimé en Bretagne mais peut être généralisé : suivi des zones dites de végétation urbaine (au sol et sur constructions) ; résolution <1m ; 2 fois/an	Peut être démontré dès 2019
Type 4 : Ressources en eau	Sous type 4.3 : suivi des quantités de réserves en neige	Occitanie	Nécessite de suivre un historique sur la saison hivernale, couplé avec données de stations météo ; l'apport de l'observation spatiale est faible par rapport à un SIG dédié sur fond de cartes ortho 3D	Apport observation spatiale à préciser
Type 4 : Ressources en eau	Sous type 4.4 : Cartes et suivi des cultures en stress hydriques	Occitanie	Des services précurseurs existent pour certaines cultures (maïs, vignes,...). Nécessitent plusieurs images pendant la saison et un modèle des plantes observées ; permet de donner des conseils d'optimisation de la ressource eau aux agriculteurs ; organisation du service institutionnel à préciser	Démonstrations peuvent être menées en 2019 ; rôle des institutions à discuter pour service opérationnel en 2020.
Type 5 : Gestion et prévision des risques	Sous type 5.5 : Cartes et suivi des feux de forêts	Occitanie	Peut être défini comme un service aval du service Copernicus pour des zones à plus faible étendue ; historique à établir pour zones à risques, et couplage avec données météo et climato locales. Précision de 10m suffisante ; service de synthèse annuel	Peut être disponible en 2019 sur zones à préciser ;

4.2 BESOINS OPERATIONNELS

Au-delà des besoins fonctionnels exprimés lors des différents entretiens avec les utilisateurs potentiels dans les régions, des besoins de type opérationnel ont été aussi recueillis, qui peuvent constituer un ensemble d'exigences pour les services répondant aux besoins fonctionnels.

On peut noter en synthèse :

- **Fourniture des services et produits Tempo au travers des SIG régionaux (CRIGE) :** la nécessité de considérer les CRIGE existants ou en développement (Geo Bretagne, Open IG, et le futur Geo Grand Est) comme points d'interface uniques de livraison avec les services régionaux a été rappelée par tous les interlocuteurs. C'est l'outil au travers lequel les différents services dans les régions (et les agences ou bureaux d'études travaillant pour eux) sont habitués à se connecter pour accéder aux bases de données mises à disposition par d'autres fournisseurs. De plus, le catalogue des données est accessible par tous les abonnés, avec une structuration répondant au standard INSPIRE, auquel les produits Tempo devront également se conformer. Cela pourra permettre aux différents utilisateurs de pouvoir comparer les indicateurs générés par Tempo avec d'autres sources de données également accessibles au travers de ces CRIGE. C'est donc au travers de ces SIG régionaux que doivent être livrés les produits générés par les services Tempo, qui seront ensuite rendus disponibles aux utilisateurs par ceux-ci (par téléchargement ou au travers de flux de données).
- **Fourniture des produits sous forme vecteurs compatibles des SIG utilisateurs :** même si certains produits peuvent être fournis sous format « raster » pour pouvoir manipuler des images au niveau des Pixels, la demande généralement exprimée est que tous les produits correspondant aux services Tempo soient livrés sous format vectoriel, intégrable (au travers des CRIGE) dans les SIGs des utilisateurs finaux. C'est une condition nécessaire pour que ces produits soient d'une part potentiellement compilés avec d'autres produits disponibles dans ces SIGs, et d'autre part diffusés vers les services et les élus des différentes collectivités. Cela permettra d'assurer une bonne appropriation des

services Tempo par les utilisateurs au sein des différentes collectivités soit en direct, soit au travers des agences d'urbanisme avec lesquelles ces collectivités ont l'habitude de travailler.

- **Capacité d'interfacer les produits « spatiaux » de Tempo**, basés sur l'imagerie satellitaire **avec des données disponibles provenant d'autres sources, nationales ou locales** : c'est un élément important pour constituer des produits hybrides permettant de rechercher des corrélations entre les évolutions d'indicateurs calculés par l'utilisation de l'imagerie spatiale et d'autres types de données : données INSEE sur la population, données météo et climato, données économiques de différentes natures, données sur les mesures de pollution atmosphérique, terrestre ou des eaux,...
- **Les échelles d'analyse des produits Tempo doivent forcément être variables** de manière à satisfaire les différentes collectivités territoriales (de la commune jusqu'à la région). Cela entraîne des spécifications différentes au niveau des produits générés par Tempo. Néanmoins, la demande opérationnelle est forte pour conserver une cohérence au niveau des calculs d'indicateurs, quelle que soit l'échelle considérée, de manière à assurer une communication homogène de ces indicateurs entre collectivités. Cela signifie que les produits Tempo peuvent être générés avec des précisions différentes (une précision de 10 m (S2) est suffisante pour toutes les applications régionales, une précision à 1m (Spot6/7) nécessaire pour les applications à l'échelle EPCI et 50cm (Pléiades) pour les zones urbaines) mais qu'il faut garantir une cohérence globale au niveau des indicateurs produits, et tout au moins de leur évolution calculée. Ce point n'est malheureusement pas évident à assurer, dans la mesure où les marges d'incertitude liées aux méthodes de reconnaissance plus ou moins automatique ne sont pas linéaires en fonction de la précision des images utilisées, en particulier pour toutes les applications de classification. Le cumul de ces erreurs peut impacter la mesure d'un même indicateur (y compris en pourcentage) sur une même zone, mais observé à des échelles différentes.
- **Des indicateurs objectifs mesurables et reconnus**. C'est un besoin souvent exprimé par les différents interlocuteurs et qui semble être lui aussi une condition nécessaire à une utilisation opérationnelle des services issus de Tempo. La satisfaction de ce besoin dépasse largement

le périmètre de l'étude Tempo mais des idées seront formulées pour le prendre en compte (cf § 7.2 : organisation possible)

- **Une offre de services pérenne à périodicité connue et maintenue :** généralement, une périodicité annuelle (voire semestrielle pour certains services liés à la végétation d'hiver et d'été) est déclarée suffisante pour la majorité des produits envisagés (cette périodicité est confirmée dans les tableaux qui suivent par type de services). Mais d'un point de vue opérationnel, la demande principale est que cette périodicité soit connue et respectée de manière pérenne. Cela signifie des contrats d'engagement de services de la part des fournisseurs concernés, et à contrario, des engagements d'achat à moyen terme de la part des collectivités, y compris au travers de systèmes d'abonnement pluriannuel pour un service donné sur de mêmes zones. Ce point est reconnu comme nécessaire, même si non forcément résolu aujourd'hui. Il rend aussi nécessaire de disposer à terme d'un « catalogue de services Tempo » où soient affichées explicitement les spécifications des produits, le coût, la fréquence de mise à jour, la date de mise en production...
- **Accompagner la fourniture des services Tempo par des actions de sensibilisation, de formations adaptées aux différents niveaux d'utilisateurs**, afin de connaître le potentiel des applications spatiales, de connaître et d'utiliser les plateformes d'accès aux données, produits, et de pouvoir exploiter ces données et produits au mieux dans leurs métiers respectifs. Cet accompagnement devra faire lui aussi l'objet d'une prestation contractuelle auprès des prestataires de services pouvant répondre au mieux à ce besoin.

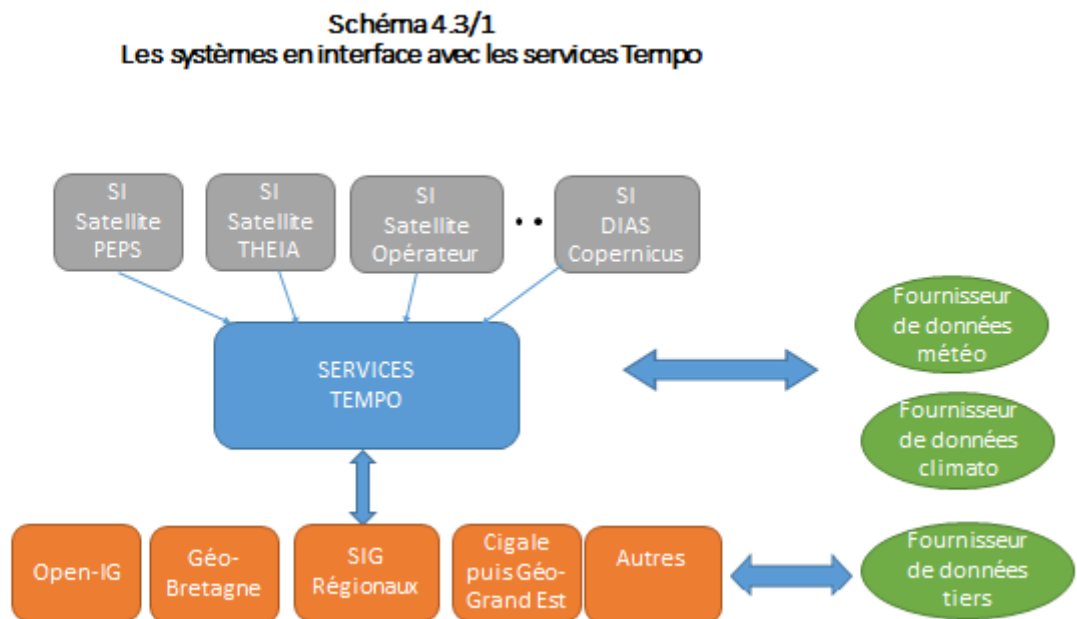
4.3 INTERFACES DES « SERVICES TEMPO »

Comme rappelé ci-dessus, les services Tempo devront s'interfacer avec un certain nombre d'acteurs et de systèmes existants et/ou en cours de développement. L'objet de ce paragraphe est de lister ces interfaces, et de décrire les échanges que les services Tempo devront assurer avec chacune d'elles. Le détail des mécanismes mis en œuvre pour gérer ces interfaces sera décrit dans l'annexe 2 (cf § 8.2).

Il est à noter que nous utiliserons ici le mot « services Tempo » plutôt que celui de « système Tempo » pour désigner l'ensemble des services évoqués dans ce document. Nous verrons en effet que la façon dont ces services seront développés et fournis sera par nature évolutive, et donc mis en œuvre par des « systèmes » différents et eux aussi évolutifs. Dans l'esprit de ce document, ces « services Tempo » seront fournis par différents prestataires au moyen d'architectures informatiques plus ou moins centralisées, dédiées ou non aux services Tempo. Le principe ici est de considérer que, quelle que soit la(les) solution(s) retenue(s) pour gérer la fourniture de ces services Tempo, ceux –ci devront respecter un certain nombre d'exigences d'interfaces dont la nature et la mise en œuvre devront être gérées au fil du temps par une structure « Tempo ».

4.3.1 Les systèmes en interface avec Tempo

Le schéma suivant synthétise les différents « systèmes » avec lesquels les services Tempo devront s'interfacer.



On y distingue :

- Les « Systèmes d'imagerie satellitaire » (SI Satellite) : ce sont les systèmes où les services Tempo vont chercher les images dont ils ont besoin. Ces systèmes (par exemple aujourd'hui PEPS ou la structure Théia pour les services de

collectivités en France) vont fortement évoluer dans les prochains mois avec la mise en opération des futurs DIAS en cours de développement sous contrat Union européenne / ESA. Ces futurs DIAS permettront un accès « normalisé » aux images des satellites Sentinel mais aussi à celles d'autres satellites opérés par certains acteurs privés (par exemple Spot et Pléiades opérés par Airbus), mais aussi de « loger » des capacités de traitement « déposés » par des fournisseurs de services. Le système RUS actuellement en phase de démonstration pré-opérationnelle sous contrat ESA en est un précurseur qui pourra être utilisé en phase de démonstration Tempo.

- Les « Systèmes d'Information géographiques régionaux » (SIG régionaux) : Comme indiqué dans le paragraphe précédent ce sont les systèmes qui permettront l'accès et la diffusion des services Tempo vers les utilisateurs (finaux ou prestataires de services) en leur nom. Ces SIG régionaux, dont on peut trouver une description dans le document DR1 pour ce qui concerne les 3 régions objet de cette étude, sont eux aussi en forte évolution, mais leurs niveaux de standardisation, basée sur les standards INSPIRE et OGC, font que les interfaces avec eux se font au travers de requêtes maintenant bien connues. Il est à noter que c'est aussi au travers de ces interfaces que les services Tempo pourront accéder à des bases de données exogènes locales
- Les « Systèmes Tiers » (Fournisseurs de Bases de données extérieures ou fournisseurs de données météo ou climato) : ce sont des bases de données, elles aussi accessibles au travers de flux standards OGC ou de requêtes de téléchargements qui permettront aux services Tempo d'accéder à des données exogènes pour des traitements de « croisement » ultérieurs. A noter que les données météo et climato, dont la nature est décrite ci-dessous et en annexe, peuvent nécessiter au niveau du formatage des données des transcriptions de format (du format spécifique GRIB au format type Inspire) pour lequel il existe aujourd'hui des produits de transcription disponibles en « Open Source ». Quant aux bases de données tierces (de manière générale des bases « Open data » renseignées et mises à disposition par les services de l'Etat ou par les collectivités locales), elles sont accessibles au travers des SIG régionaux aux mêmes standards Inspire et OGC.

4.3.2 Les types d'échanges sur ces interfaces.

On trouvera une description détaillée de ces échanges et des mécanismes pour les gérer, ainsi que les références aux standards correspondants dans l'Annexe 2 (§8.2).

De manière générale, les échanges entre les services Tempo et les systèmes en interface seront de 3 types, et seront symétriques ou asymétriques selon le besoin fonctionnel :

- Un échange de services d'authentification permettant aux 2 services de communiquer. Ces procédures d'authentification (qui peuvent exister ou non, selon le service) peuvent donner accès à certaines données aux accès restreints aux autorités locales (cas de certains SIG régionaux ou de bases de données tierces), ou à des conditions tarifaires spécifiques (cas de certaines données satellites ou météo). Il s'agit dans tous les cas d'un système d'authentification basique et unique (de type protocole HTTP Basic par exemple).
- Un accès et un service de consultation aux catalogues des services et produits. Là encore, on se référera aux standards OGC et Inspire pour les services d'accès et la description des métadonnées correspondants. Il faut noter que les services Tempo eux-mêmes devront définir et mettre à jour un catalogue Tempo (centralisé et régionalisé) qui sera consultable au travers de ces mêmes standards (CSW dans sa version la plus récente).
- Un accès aux données elles-mêmes, soit au travers de services de consultation et de visualisation (standard WMS), soit en téléchargement (standard HTTPS GET). Là aussi, les produits TEMPO devront être disponibles selon les mêmes principes standardisés (flux d'accès et visualisation, ou téléchargement), sous forme standard « raster » ou « vecteurs ».

L'ensemble des formats et principes d'interfaces évoluent au fil des mises à jour des standards, et les services Tempo devront bien entendu suivre ces mises à jour.

Il faut bien sûr noter, que, pour assurer la mise à jour et la conformité des interfaces Tempo avec ces standards, une « autorité Tempo » devra en être le garant. Ce point sera abordé au paragraphe 7.2 sur l'organisation proposée pour Tempo.

4.4 INTERFACES SPECIFIQUES AVEC LES BASES DE DONNEES METEO ET CLIMATOLOGIQUES ET DE QUALITE DE L'AIR

4.4.1 DONNEES METEO ET CLIMATO

Comme nous l'avons vu dans la synthèse des besoins fonctionnels, de nombreux produits répondant à ces besoins font état d'évolutions qui peuvent avoir intérêt à être corrélées avec des données météo et climatologiques sur le territoire concerné.

Dans cet objectif, il est particulièrement intéressant que les services Tempo puissent s'interfacer avec des bases de données mises à disposition par les organismes français ou européens correspondants (Météo France, Eumetsat ou ECMWF).

Nous avons mis l'accent sur les données accessibles avec les standards OGC, ou avec des formats GRIB pour lesquels des produits de transposition sont disponibles en Open Source.

On retrouve dans la table ci-après les principaux types de données disponibles depuis les trois centres cités ci-dessus.

Ces données sont classées en plusieurs types : prévision, observation (satellite, radar, ponctuelle) et climatologie

Pour chaque type de donnée, on retrouve le producteur, la résolution spatiale (en degrés ou km), le domaine, la compatibilité au format OGC et les droits d'accès.

Pour ce qui concerne les prévisions et la climatologie, nous n'avons pas repris ici la liste des paramètres qui est disponible dans le tableau présenté en annexe 3 (cf § 8.3).

	Producteur	Source	Résolution	Domaine	Format	Droits
Prévisions	Météo-France	Arome	0.025°	FRANCE	OGC	Libre
		Arome	0.01°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.1°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.25°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.5°	MONDE	OGC	Libre
		Arpege	1.5°	MONDE	OGC	Libre
Climatologie 1979 - 2017	ECMWF	ERA Interim Surface	0.75°	MONDE	GRIB - NETCDF	Libre
Observation satellite	Eumetsat	Nébulosité	3km	Géostationnaire 0° (soit Europe et Afrique)	OGC	Libre
		Feux				
		Précipitations				
		Cendre				
		Orage				
		Poussière				
		Brouillard				
Neige						
Observation Radar	Météo-France	Précipitations	1km	FRANCE	BUFR - GEOTIF	Payant
Observation ponctuelle	Météo-France	SYNOP ESSENTIEL	Environ 150 points en France	FRANCE	OGC	Libre
		RADOME	Environ 400 points en France	FRANCE	OGC	Payant

4.4.2 DONNEES DE QUALITE DE L'AIR

Certains produits hybrides nécessitent d'accéder à des mesures et/ou à des prévisions de données de pollution de l'air sur les zones observées.

Ce service est assuré en France par un système nommé Prév'Air, opéré et fédéré par INERIS. Il regroupe :

- les données issues des mesures effectuées localement toutes les heures par les associations AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air) comme Atmo, présentes dans chacune des régions et fédérées nationalement par le LCSQA (Laboratoire Central de supervision de la qualité de l'air dont fait partie également INERIS)
- les résultats des modèles de prévision Chimère (ISPL et Ineris) et Mocage (Météo France).

Il fournit au travers d'un portail d'accès public les données observées et prévues de pollution atmosphériques par différents constituants (Ozone, NO₂, particules,...).

L'accès à ces données est possible par téléchargement de fichiers au format CSV (pas de flux OGC existant pour l'instant, à notre connaissance).

Toutefois les données Prév'Air viennent en partie du service Copernicus CAMS où les données pour la modélisation sont gratuites et téléchargeables aux formats NetCDF Grib mais aussi accessibles en web service. Voir ci-dessous

<http://www.regional.atmosphere.copernicus.eu/>

Les données extraites de ces fichiers pourront permettre à certains services Tempo de créer des produits hybrides par croisement entre l'évolution de l'occupation des sols et les constatations et prévisions d'impacts sur la pollution de l'air dans la zone d'étude.

Dans les paragraphes précédents, nous nous sommes attachés à décrire les spécifications que devraient respecter les services Tempo pour répondre aux exigences telles qu'exprimées par les différents interlocuteurs des interviews menés lors de l'étude.

Dans ce paragraphe, l'objectif est de présenter une approche pour la mise en œuvre des services répondant à ces exigences, en prenant en compte les contraintes à la fois financières et organisationnelles telles que perçues pendant nos entretiens.

5.1 PRINCIPES

Comme cela a été indiqué dans le § 4 ci-dessus, certains besoins exprimés pourraient être satisfaits, du moins partiellement, par des services déjà existants, proposés soit par des institutions de recherche (Théia, Cesbio,...), soit par des fournisseurs de services opérationnels. Mais leur existence n'est pas forcément connue des utilisateurs finaux, la régularité de la fourniture des produits n'est pas garantie et la mise à disposition des produits générés ne fait souvent pas appel aux systèmes que ces utilisateurs ont l'habitude d'avoir en interfaces (les SIG régionaux, par exemple). Ils ne sont donc pas aujourd'hui utilisés de manière régulière – et comme ils pourraient l'être – pour alimenter les outils d'aide à la décision.

D'autres services nécessitent encore des développements ou des adaptations pour pouvoir être fournis de manière opérationnelle et régulière, comme cela est souhaité par les utilisateurs. Cela signifie donc une structuration spécifique de type « projet » avec des financements associés, ou, du moins, des engagements d'achats de services récurrents, permettant aux fournisseurs de services d'investir dans ces développements avec une perspective de vente récurrente de ces services.

Or, sur ce dernier point, l'étude n'a pas permis d'identifier auprès des interlocuteurs rencontrés, ni d'ailleurs des commanditaires de l'étude, de budgets permettant de financer des développements ou d'engager des achats de services récurrents.

Il n'est donc pas envisageable de construire à court terme un « projet Tempo », avec un budget dédié ni pour le développement ni pour l'achat de services opérationnels.

Dans ce contexte, l'approche proposée pour la mise en œuvre de ces services consiste à poursuivre le projet, en considérant des phases successives, avec la

fourniture d'un ensemble de services prédéfinis pour chacune de ces phases, dépendant du financement qui pourra être rendu disponible au démarrage de chacune d'elles. Et pour cela, nous nous sommes efforcés de classer les besoins exprimés en fonction de l'offre existante et des efforts estimés de développement.

Cette analyse a abouti à 3 phases identifiables aujourd'hui:

- Une phase de démonstration où les services sont basés sur des chaînes de traitement existantes et qui peuvent faire l'objet de démonstrations dès 2019. Les fournisseurs de services seraient alors appelés par une structure de projet « Tempo » à proposer leurs services avec les conditions associées (gratuitement ou à un prix déclaré par unité de surface), en se positionnant par rapport au cahier des charges actuel, à la fois sur le contour fonctionnel et sur les exigences opérationnelles et d'interfaces. Bien entendu, ces fournisseurs seraient libres de rechercher des financements complémentaires auprès d'organismes de support (projets de l'Union européenne, du ministère de la recherche ou autre mécanisme national, de l'ESA, ...) pour compléter le financement de leurs actions.
Durant cette phase, les ressources financières nécessaires propres au projet seraient donc limitées :
 - Au financement de la structure minimale de projet « Tempo » permettant de gérer le processus de consultation des fournisseurs sur la base du présent cahier des charges, avec éventuellement l'appui de l'UGAP pour l'approvisionnement. Cette structure et le coût estimé correspondant sont décrits dans la section 7.
 - A l'achat par les institutions utilisatrices des services qui les intéressent et non fournis gratuitement par les fournisseurs à titre de démonstration, en précisant la zone d'intérêt et le contour fonctionnel. Ces achats se feraient bien entendu au niveau de budget disponible dans les collectivités intéressées, avec éventuellement une mise en commun entre ces collectivités pour l'achat de services partagés et un approvisionnement par l'une de ces collectivités ou au travers des opérateurs des CRIGE.
- Des phases de développement et déploiement où les services correspondants feraient l'objet de développements spécifiques, résultant d'appels d'offres, financés par les utilisateurs futurs et/ou par les fournisseurs de services et/ou par d'autres sources européennes ou nationales. Ces développements permettraient en particulier :

- D'une part d'affiner et de « normaliser » les différents indicateurs issus de l'observation des territoires,
- D'autre part de développer les algorithmes permettant de corrélérer l'évolution de ces indicateurs avec des données météo et climato ou d'autres données locales, et de constituer ainsi progressivement une boîte à outils pour mieux gérer l'adaptation des territoires au changement climatique et d'en mesurer les effets.

Comme décrit dans les paragraphes suivants, cette phase nécessiterait, en parallèle à la « structure Tempo » évoquée ci-dessus qui gèrera l'approvisionnement des services, une autre « structure » pour consolider les spécifications des nouveaux services et pour aider les organismes régionaux dans le suivi du développement et la validation des résultats.

Nous avons distingué dans la suite 2 phases de développement et de déploiement successives. C'est une simple hypothèse, qui peut évoluer en fonction des volontés et capacités financières des différentes institutions partenaires.

5.2 PHASE DE DEMONSTRATION

Durant cette première phase, l'objectif est de proposer un certain nombre de services existants et pouvant être mis à disposition par un ou plusieurs fournisseurs de services. Les produits générés seront mis à disposition des utilisateurs via les plateformes SIG régionales existantes et stockés dans un espace dédié Tempo, comme décrit dans la section architecture.

Les services seront soit offerts gratuitement aux utilisateurs intéressés par les prestataires de services, soit facturés directement par le fournisseur de services, si besoin au travers de l'UGAP. Le point fondamental est de constituer un référentiel et un catalogue Tempo qui soient connus et accessibles par tous les utilisateurs.

Le tableau qui suit présente, par types de besoins identifiés dans la section 4 précédente quel pourrait être le coût du service fourni par unité de surface (sur la base d'éléments à notre disposition).

Type/ sous type de besoin	Périmètre fonctionnel	Fréquence et Perfos	Satellite	Indicateur Type	Dispo estimée	Peuvent être croisées avec	Coûts d'opérations
Type 1/ 1.1 Occupation des sols	Classification en 5 classes ; Evolution annuelle de chaque classe (conso espaces, densification surface, ... ; Retour depuis 10 années ; liens avec OCS GE à assurer	1 fois/an 10 m de résolution	S2 et archives Spot	% de surface pour chacune des classes Densité population	2019	.Données INSEE . Données climato	Quelques euros/ km2 en fonction de la surface totale ;
Type 1/ 1.2.1 Occupation des sols	Suivi spécifique des zones urbanisées sur le littoral ; retour sur 10 ans	1/an 2m de résolution	Spot	% de surface urbanisée ; Densité logements	2019	Données INSEE Fréquentation tourisme	10 à 20 euros/ km2 en fonction de la surface à observer
Type 1/ 1.2.2 Occupation des sols	Suivi spécifiques des zones urbanisées avec estimation de la densification (hauteurs)	1/an 70 cm de résolution	Pléiades (images stéréo)	Densité population ; Capacités urbanisation restantes	2019	Données INSEE SIG transports routes, transports en commun,..)	20 à 30 euros/ km2 en fonction de la surface et cout images pour collectivités
Type 2/ 2.1.1 Support au suivi des activités économiques	Agriculture : Cartes de types de cultures (hiver/été ; céréales)	2 /an 10 m de résolution	S2 et Spot	% de surfaces par types de cultures	2019 ;	Cartes de déclarations et RPG	Quelques euros/ha d'espaces agricoles
Type 2/ 2.4 Support au suivi des activités économiques	Support à la fiscalité locale : piscines, constructions nouvelles	1/an 1m de résolution	Spot ou Pleiades	Recensement et localisation sur SIG ; analyse changements annuels	2019 après apprentissage	Registres cadastres et fichiers impôts	Quelques euros/km2 en fonction du nombre d'objets à suivre
Type 2/ 2.2.1 Support au suivi des activités économiques	Ressources et exploitation forestières : identification et évolution des surfaces boisées, des	1 /an Plusieurs niveaux de résolutions possibles : de 70 cm à 10m	S2, Spot ou Pléiades en fonction de la résolution voulue	% de surfaces ; Nombre estimé d'arbres par espèces ; surfaces coupées ; évolution	2019	Cartes forêts ONF ; Registres cadastraux ;	De 0,5 à 1 € /ha pour identification et suivi coupes ; 20 à 30 €/ha pour dénombrement par espèce.

	espèces, comptages, identification des coupes.						
Type 2/ 2.3.1 Support au suivi des activités économiques	Suivi des zones touristiques littorales : cartes des zones d'attractions touristiques et capacités d'accueil	1 fois/an ; 2m de résolution	Spot	Estimation du nombre de logements, de parkings, disponibles ; % surface par types	2019	Données INSEE ; Fichiers impôts ; Déclarations professionnelles	20 à 50 €/km ² , en fonction du nombre d'objets à classifier
Type 3/ 3.1 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Identification et suivi des trames vertes et bleues	1 fois/an ; Echelle d'une EPCI ; 2 m de résolution	Spot	Evolution des % de surfaces	2019	Données population INSEE ; remontées sur 10 ans ; données climato	Quelques euros /km ²
Type 3/ 3.8 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Cartographie végétation urbaine	1 fois/an 1m de résolution	Spot et Pléiades	Evolution des surfaces par type de végétation.	2019	Données météo et climato ;	Quelques euros/km ²
Type 4/ 4.1 Cartes de ressources et consommation en eau	Cartes et suivi des retenues collinaires	1 ou 2/an Résolution à 10m	S2 et Spot	Evolution des surfaces ; Comparaison en fonction des saisons	2019	cartes besoins en irrigation ; données météo et climato ;	Quelques euros/km ²
Type 5/ 5.1 Prévention et Gestion des Risques	Suivi et historique des épisodes inondations	En fonction du besoin	S1 et Spot	Etendue des surfaces inondées	2019	Données météo ; PLU zones inondables	10 à 20 K€ / épisode inondation
Type 5/ 5.4 Prévention et gestion risques	Identification et suivi déplacements de terrain après inondations	En fonction du besoin ;	S1	suivi sur quelques mois à 1m par interférométrie radar	2019	Données météo ; PLU et zones à risques	20 à 30 K€/100km ² zones rurales ; 50 à 70 K€ pour une zone urbaine,

5.3 PHASES DE DEVELOPPEMENT ET DE DEPLOIEMENT

5.3.1 Première période : 2019-2020

Cette première période correspondrait aux services dont les développements seraient menés en 2019 (y compris les travaux de validation in situ lorsque nécessaire), et qui pourraient être proposés en configuration opérationnelle en 2020.

Comme indiqué ci-dessus, cela suppose que les coûts des développements soient couverts soit par les utilisateurs intéressés, soit par un marché externe, soit par investissement des fournisseurs.

Une estimation des coûts des développements nécessaires et des prix récurrents de services est donnée dans le tableau ci-dessous, service par service. Il faut néanmoins souligner que ces estimations sont données à titre indicatif et pour fournir un ordre de grandeur : elles devront forcément être précisées lors du processus de consultation nécessaire.

D'autre part, le tableau donne également une indication sur les données de type météo et climato avec lesquelles les services d'observation devraient être croisés pour mieux appréhender la problématique d'impact au changement climatique.

Type/ sous type de besoin	Périmètre fonctionnel/ indicateurs types	perfos	A croiser avec	disponibilité	Coût estimé de développement.	Coûts d'opérations
Type 1/1.3 : Occupation des sols	Sous classification automatique en 15 à 29 classes ; quantification de l'imperméabilisation, et du mitage du territoire	1 /an Résolution de 10m en zone rurale, 1m en zone urbaine	Données INSEE ; population ; Données météo ;	2020	300 K€ pour automatisation de la classification sur S2 et validation sur une zone pilote à définir	Actuellement de l'ordre de 40 euros/ km2 ; baisse si automatisation réussie
Type 1/ 1.4 Occupation des sols	Identification et suivi des zones d'intérêts spécifiques : bocages, haies, végétation urbaine. Liens avec le parcellaire disponible	1 fois/an ; Résolution de 2 m	Données météo et climato ; Données cadastre	2020	200 à 300 K€ en fonction du nombre d'objets à identifier ;	Quelques euros/km2
Type 1/1.6 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Cartographies des milieux marins en zones côtières	1 fois/an Réso à 10m	Données cartographiques et structures (BRGM), ; Données climato	2020	100 à 200 K€ pour génération automatique et validation sur zone pilote après accord sur spécifications	<1 € /km2, si méthode automatique
Type 2/ 2.1.2 Support au suivi des activités économiques	Agriculture : Estimation de rendements par territoire et impacts d'évolutions de pratiques	2 fois/ an ; Hiver/ été	Fichiers déclarations PAC ; RPG ;	Fin 2019	200 à 300 K (méthode à définir et à valider préalablement). La validation in situ sur zones pilotes peut être demandeuse en temps et en coûts.	Quelques euros/ha s de zones agricoles
Type 2/ 2.1.3 Support au suivi des activités économiques	Agriculture : Cartes de suivi des pratiques agricoles : apports nitrates, zones enherbées, couvert hivernal	2 fois/ an ;	Fichiers déclarations PAC ; RPG Données climato	2020	200 à 300 K (méthode à définir et valider préalablement). Même remarque que pour le service précédent.	Quelques euros/ha s de zones agricoles
Type 2/2.3.3 Support au suivi des activités économiques	Tourisme en montagne : suivi de l'enneigement stations	3 à 4 fois par an	Données météo et climato	2020	Spécifications à préciser après démonstration en 2019 ; estimation de 150 K	Quelques euros/km2
Type 3/ 3.3 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Définition et suivi des indicateurs de biodiversité du territoire	1 fois /an ; Résolution à 10m	Données climato	2020	100 K€ pour génération automatique après accord sur spécifications	<1 € /km2
Type 3/3.5 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Cartographie et suivi des zones humides	1 fois/an Résolution à 10m	Données climato	2020	100 K€ si définition claire des zones. Validation à prévoir sur plusieurs zones pilotes.	<1 € /km2, si méthode automatique
Type 3/ 3.2 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Evolution des végétations indicatrices du changement climatique	2 fois/an ; Résolution à 10m	Données météo et climato	2020	100 à 200 K€ si définition claire des objets à classifier	<1 € /km2, si méthode automatique
Type 4/4.3 Cartes de ressources et consommation en eau	Suivi capacités enneigement en zone montagneuse	Plusieurs fois par an ; Réso à 10m	Données météo et climato	2020	? Connexion avec météo à analyser ; Intérêt observation spatiale à préciser	<1 € /km2, si méthode automatique

Type/ sous type de besoin	Périmètre fonctionnel/ indicateurs types	perfos	A croiser avec	disponibilité	Coût estimé de développement.	Coûts d'opérations
Type 4/4.2 Cartes de ressources et consommation en eau	Cartographies des besoins en irrigation (types de cultures, besoins en eau)	1 fois/an	Données météo ; Cartes cultures	2020	300 K pour méthode automatique avec validation terrain sur zones pilotes avec cultures différentes.	<1 €/km2, si méthode automatique
Type 5/ 5.2 Prévention et Gestion des Risques	Cartes d'érosion des terrains en zone littorale ; zones submersibles	1 fois/an ; Résolution entre 50cm et 10m	Données climato ; PLUs	2020	Fonction de la spec et précisions requises. Faisabilité à vérifier	<1 €/km2, si méthode automatique
Type 5/ 5.3 Prévention et Gestion des Risques	Cartes de vulnérabilité du territoire au changement climatique : évolution des zones inondables, des zones de sécheresse	1 fois /an	PLUs Données météo et climato	2020	Méthode à définir en 2019 ;	<1 €/km2, si méthode automatique
Type 5/ 5.5 Prévention et Gestion des Risques	Cartes de suivi des zones à feux de forêts ; suivi des mesures de précautions	2 à 3 fois/an ; Résolution à 10 m et 1m pour mesures	Données météo	2019	100 200 K € pour construction historique des zones identifiées	<1 €/km2, si méthode automatique
Type 6/ 6.1 Energie	Identification et suivi des panneaux solaires existants (>100 m2) ;	1 fois/an ; Résolution à 10m	Données météo (vents) ; ECMWF	2019	50 K€ avec validation sur zone pilote.	<1 €/km2, si méthode automatique
Type 6/ 6.1.2 Energie	Identification des capacités toitures pour panneaux solaires (exposition, pentes, surfaces)	1 fois/an	Données météo (vents)	2020	? peut être compliqué si forte précision	?

5.3.2 2^{ème} période : disponibilité en 2021 et 2022

Selon le même principe que ci-dessus, nous avons rassemblé pour cette période des services dont la faisabilité est encore questionnable et qui nécessitent non seulement des développements spécifiques, mais aussi un travail en amont de précision de la spécification et/ou de R&D sur la méthodologie.

Les mêmes remarques que précédemment s'appliquent aux estimations de coûts de développement et de prix récurrents.

Type/ sous type de besoin	Périmètre fonctionnel/ indicateurs types		A croiser avec	disponibilité	Coût estimé de développement.	Coûts d'opérations
Type 1/ 1.5.1 Occupation des sols	Cartographie et quantification des zones à émission de GES ; % d'évolutions	1 fois/an	Données INSEE ; Données qualité de l'air, données météo	2021	Objets à suivre doivent être identifiés et quantifiés en termes de GES ; coût développement en fonction de la spécification	<1 € /km ² , si méthode automatique
Type 1/ 1.5.2 Occupation des sols	Cartographie des zones à risques santé (pollution urbaine, rurale, chimique,..)	1 fois/an	S2 et Spot	2021	200 à 300 K€ après définition des zones à risques	<1 € /km ² , si méthode automatique
Type 2/ 2.2.2 Support au suivi des activités économiques	Forêts : Estimation de la biomasse disponible et d'un bilan carbone sur un territoire forestier	1 fois/an	Données ONF ; cadastres	2021	A définir, selon la méthode à consolider	A définir
Type 2/ 2.3.2 Support au suivi des activités économiques	Suivi des zones touristiques littorales : qualité des eaux et envasements	1 fois/an	Données et mesures in situ	2021	? A définir, selon la méthode à consolider	A définir
Type 2/ 2.1.4 Support au suivi des activités économiques	Evolution des types de cultures en périurbain: maraichères versus céréalières, zones de chalandise pour circuits courts	2 fois/an	S2 et Spot	2020	200 à 300 K en fonction du nombre de cultures. Faisabilité à vérifier sur zone pilote.	<1 € /km ² , si méthode automatique
Type 3/3.4 Cartes et suivi écologie et biodiversité	Cartes de zones d'envasement et de dépôts sédimentaires (littoral et fleuves)	3 à 4 fois/an	S2 et S1	2021	? pour détection automatique	?
Type 4 Cartes de ressources et consommation en eau	Bilan eau du territoire : ressources, consommations, stress hydriques,	3 à 4 fois/an	S1 et S2	2021	500 K si méthode définie	<1 € /km ² , si méthode automatique

Type 6 Energie	Bilan énergie renouvelable du territoire : capacités/ utilisations	1 fois/an	S2 et Spot	2021	? Méthode à définir	?
----------------	--	-----------	------------	------	---------------------	---

6 SCHEMAS D'ARCHITECTURE

Pour mettre en œuvre les services Tempo décrits ci-dessus, les fournisseurs de services pourront :

- soit utiliser leurs propres ressources de traitement, en téléchargeant les images et données depuis les plateformes de données satellitaires, générer les produits correspondants et les rendre disponibles aux SIG régionaux selon les mécanismes d'interfaces décrits en annexe (flux OGC ou téléchargement). Il n'y aura dans ce cas pas d'architecture Tempo à proprement parler, puisque les services seront générés par des systèmes indépendants. Le « système » Tempo se limitera à un serveur hébergeant le catalogue des produits et stockant les produits générés au niveau de chacune des régions concernées (dans le même centre que les SIG régionaux, à priori).
- soit s'appuyer sur des plateformes de services mises en place par différents opérateurs (dont les DIAS actuellement en cours de développement sur contrats ESA financés par l'Union européenne). Ces plateformes offriront aux différents fournisseurs de services (sous conditions commerciales encore à définir) la possibilité de se construire des « machines virtuelles » hébergeant éventuellement leurs algorithmes en proximité des images utilisées. Cette solution, de plus en plus mise en œuvre, permet d'éviter le téléchargement de grosses quantités d'images, et de générer les produits comme si la machine était installée sur les calculateurs du fournisseur de services.

Cette deuxième solution est beaucoup plus probable dans le futur, mais son implantation va dépendre de la disponibilité des plateformes DIAS (prévue début 2019), et bien sûr des conditions commerciales offertes par leurs opérateurs. Nous proposons donc là encore une démarche progressive, qui peut bien se caler sur les phases des services Tempo.

6.1 LES PLATEFORMES DE SERVICE

Pour la phase de démonstration (2019), les fournisseurs de services pourront utiliser le *Research and User Support (RUS) Service*¹ de la Commission européenne pour développer et tester les traitements des plateformes régionales. Le service RUS a pour objectif de faciliter l'accès et la découverte des données du programme européen

¹ <https://rus-copernicus.eu/>

Copernicus. RUS permet de télécharger, traiter et visualiser des données satellitaires dans un espace privé sur le *Cloud*. Les types de traitements possibles correspondent typiquement à la mise en place de chaînes d'exploitation d'images qui vont du téléchargement de données jusqu'à leur traitement, qui pourra par exemple correspondre à une cartographie de surface végétalisée, une détection de changement, ou encore une production de statistiques, qui pourront éventuellement être fusionnées avec d'autres sources d'informations. Le service RUS est gratuit pour l'utilisateur, sous réserve d'éligibilité. Les services RUS correspondant aux plateformes Tempo pourront être configurés de manière à rendre possible leur accès via le web. CSSI opère le service RUS pour la Commission européenne et, à ce stade, nous estimons que le projet *Temp0* correspond bien aux conditions d'utilisation.

Dans un second temps, correspondant aux phases de développement et de déploiement des services Tempo, nous proposerons une migration des prototypes développés sur le service RUS vers l'un des *Copernicus Data and Information Access Services* (DIAS), qui sera opéré par des entreprises européennes (Figure 1). Contrairement au service RUS, qui vise principalement un public de chercheurs, d'enseignants, ou bien de débutants, les DIAS ont pour but de répondre à des besoins d'accès et de traitement de l'information géographique et spatiale plus larges tels que ceux provenant de services publics ou d'entreprises privées ; par exemple la mise en place de services opérationnels de production d'information géographique.

Le calendrier de développement et de mise en opération des services temp0 sera en adéquation avec celui des DIAS. De plus, nous n'attendons pas de difficulté de migration des plateformes temp0 développées sur le service RUS vers un service DIAS, car les technologies employées pour les deux services seront similaires, voire identiques.

Dans les deux cas (RUS et DIAS), l'accès aux images sera assuré non seulement pour les satellites Sentinel, mais aussi pour les satellites commerciaux opérés par les opérateurs privés, en particulier pour les satellites Spot et Pléiades dont on a vu que plusieurs services Tempo auraient besoin. Dans ce cas, la « machine virtuelle » hébergée par la plateforme et opérée par le fournisseur de services pourra ouvrir un flux d'accès vers le portail de l'opérateur Airbus et télécharger l'image, comme il le ferait depuis son propre ordinateur.

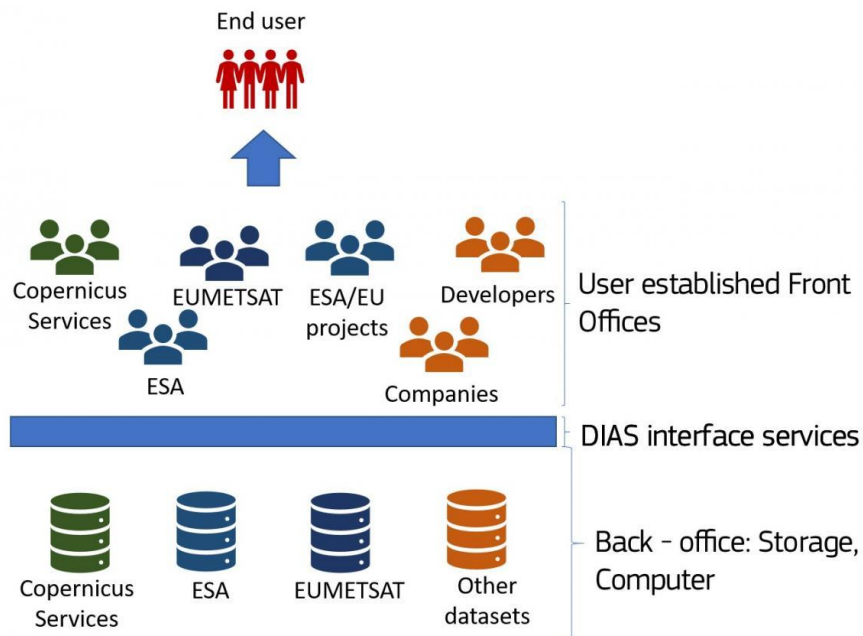


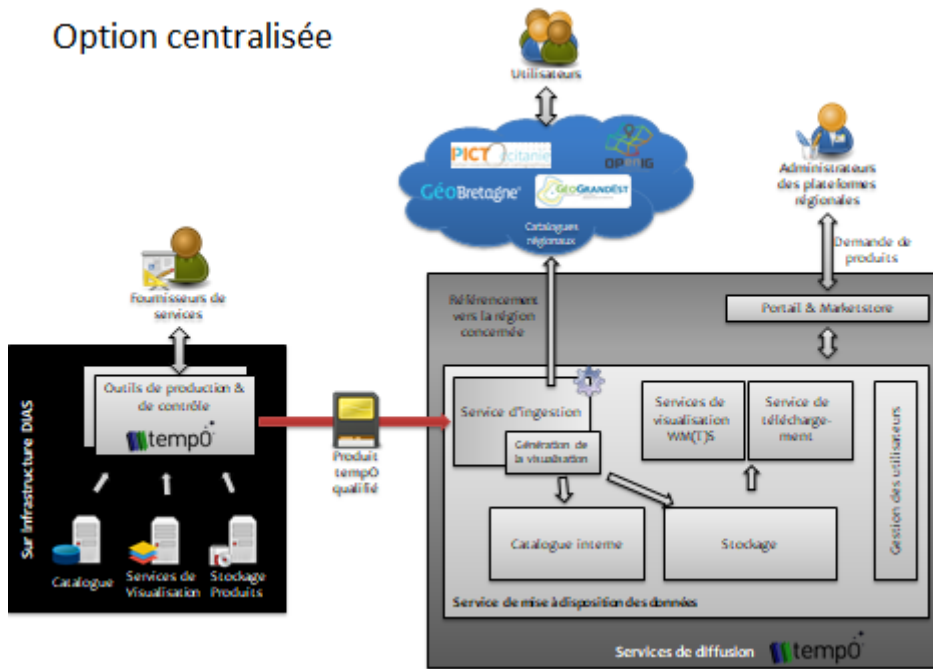
Figure 1 : Infrastructures DIAS (source : Copernicus Observer 26/05/2017)

6.2 PROPOSITION DE SOLUTIONS TECHNIQUES

Sur la base de ces plateformes, les services Tempo pourront être implémentés comme indiqué sur la figure 6.2, avec 2 options qui pourront d'ailleurs coexister, selon les services considérés :

- Une option dite « centralisée » : dans cette option, les produits TEMPO sont générés au sein de machines virtuelles dans un ou plusieurs DIAS, et un serveur centralisé (lui-même hébergé dans un DIAS, ou par un opérateur Cloud autre, ou sur un serveur dédié) assure les services de diffusion de ces produits Tempo vers les SIG régionaux, de catalogage et de stockage de ces produits de manière centralisée.
- Une option dite « décentralisée », où la génération des produits Tempo est faite comme précédemment dans les serveurs DIAS, mais où les services de diffusion sont hébergés dans des serveurs régionalisés, par exemple en proximité des SIG régionaux. Cette option permet de plus de générer, grâce à des moyens propres de traitement inclus dans ces serveurs régionaux, de générer et de stocker en local, au niveau de chaque région, des « produits hybrides », obtenus par croisement entre des produits Tempo génériques et des données disponibles dans les bases de données locales.

Option centralisée



Option décentralisée

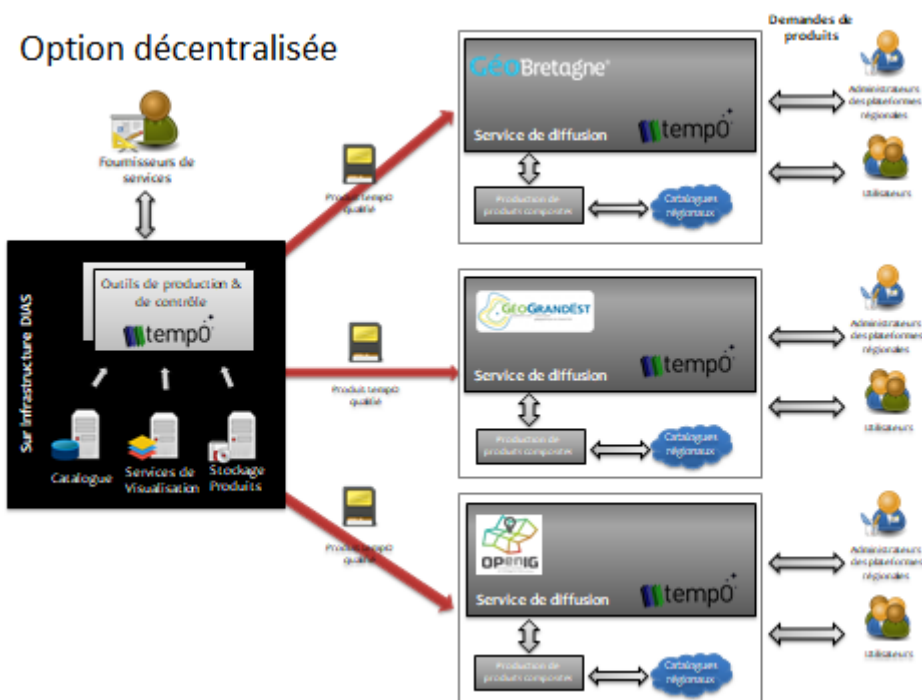


Figure 6.2.1: Architecture la proposition de solution technique

On trouvera sur la figure 6.2.2 suivante une illustration de 2 exemples de génération de produits à partir de ces architectures.

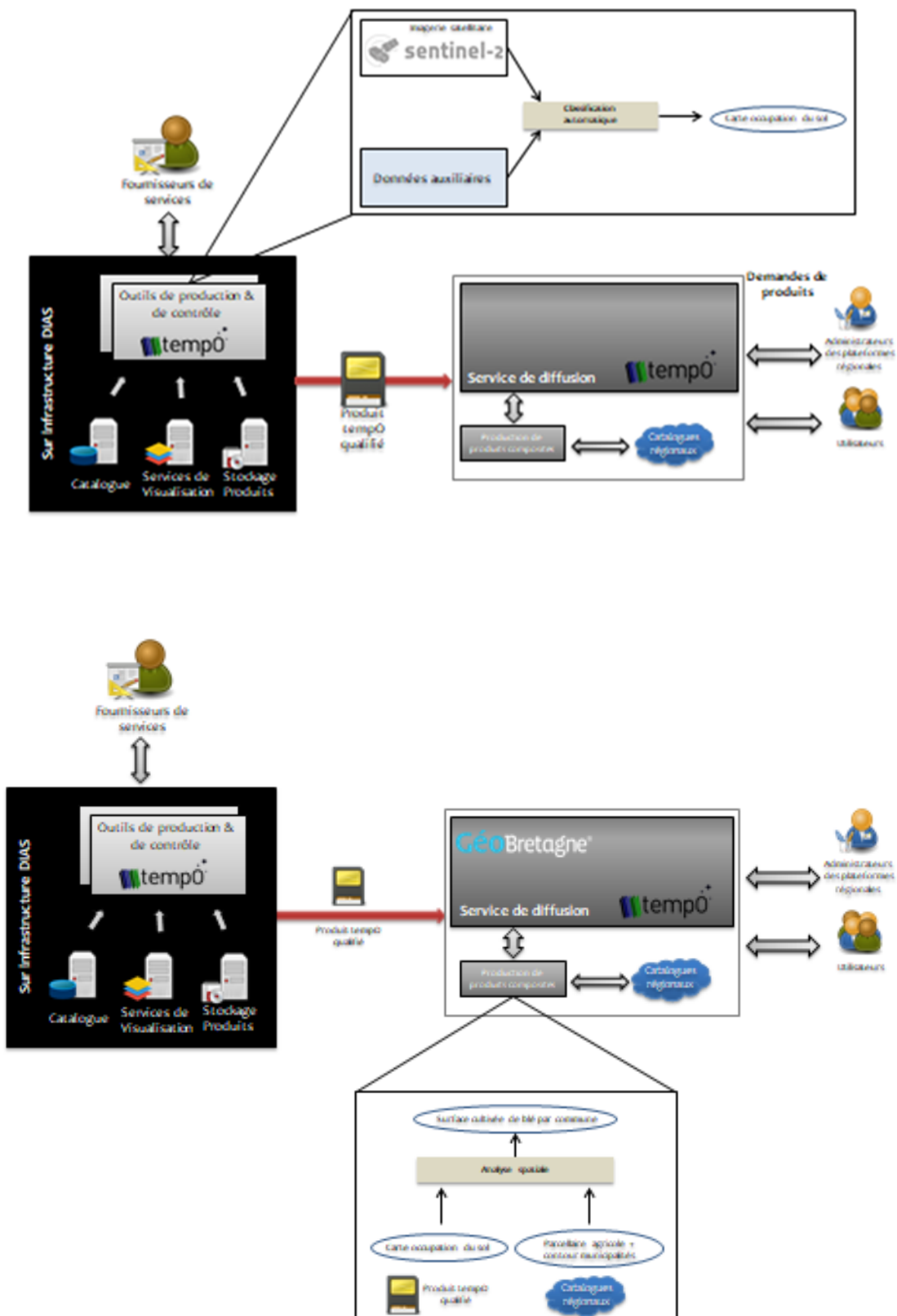


Figure 6.2.1: Exemples de génération d'un produit générique occupation des sols et d'un produit hybride surface cultivée blé par communes

D'un point de vue financier, l'option décentralisée présente bien sûr l'inconvénient de devoir installer un serveur dédié pour les produits Tempo avec capacités de stockage et de traitements au niveau de chaque CRIGE, plutôt qu'un seul serveur centralisé au niveau de l'un d'entre eux qui diffuserait pour l'ensemble des autres. Cet inconvénient a toutefois un impact modéré, dans la mesure où :

- Le coût intrinsèque matériel d'un tel serveur – avec une capacité de l'ordre de 5 TBytes qui semble suffisante pour stocker les produits générés au niveau d'une région pendant les premières phases et une capacité de processing pour la génération de produits hybrides – serait de l'ordre de 10 K€.
- Le fait de ne pas répliquer ces serveurs dans plusieurs régions, mais d'en installer un seul exemplaire centralisé, serait quasiment neutre au niveau des capacités de stockage nécessaires (le serveur central devrait alors avoir une capacité correspondant à la somme des besoins des régions). Or la partie stockage représente la majeure partie du prix indiqué ci-dessus. On pourrait donc estimer le prix d'un serveur central aux alentours de 25 K€ pour une capacité de 15 TBytes pour 3 régions, à comparer à 30 K€ pour 3 serveurs « régionaux ».
- Les coûts « hébergement physique » et d'exploitation de ces serveurs seraient marginaux, dans la mesure où ces serveurs seraient implantés dans les mêmes locaux que les CRIGE.

D'un point de vue logiciel, le principe serait d'utiliser au maximum des logiciels disponibles en Open source, totalement compatibles des standards d'interfaces OGC. Quelle que soit l'option considérée, on retrouvera les outils suivants :

- **Outils de production et de contrôle de données**

Comme mentionné, les DIAS offrent une solution intéressante pour l'hébergement des services développés dans le cadre de temp0. En effet, les DIAS mettent à disposition une infrastructure complète, intégrant une grande quantité de données et des moyens de calculs.

Néanmoins, même si les interfaces sont censées être identiques, nous avons encore peu d'informations sur la manière de déployer des services sur ces infrastructures. Les technologies et moyens mis en œuvre sont différents, que ce soit au niveau du déploiement de service utilisateur ou de l'accès aux données. En parallèle, il est encore difficile de prédire l'avenir des cinq DIAS qui vont bientôt être disponibles, et il est intéressant de s'abstraire au maximum des particularités de ces derniers.

Pour s'affranchir de la problématique de déploiement, il est donc avantageux de déployer les services sous la forme de conteneurs de type Docker

(<https://www.docker.com/>), qui peuvent s'intégrer dans les DIAS indépendamment de leur infrastructure logicielle et matérielle.

Des solutions propriétaires telles que SafeScale (<https://github.com/CS-SI/SafeScale>) vont plus loin, et permettent aux régions de déployer des infrastructures de calcul complètes sur n'importe quel DIAS, avec une seule et même configuration de déploiement. SafeScale est ce que l'on appelle un outil de IaC (Infrastructure as Code), qui permet de décrire des infrastructures matérielles et logicielles complexes, et de les reproduire à l'infini, quel que soit l'hébergeur. Il est de cette manière possible de migrer les services d'un hébergeur à l'autre, d'un DIAS à l'autre, sans devoir réétudier et adapter les codes développés aux spécificités de ces derniers. Par ailleurs, ce type d'outil automatise également le déploiement des frameworks de calcul, tel que les infrastructures HPC (Torque), Big data (Spark, Hadoop, ...), Deep Learning (TensorFlow), préconfigurées pour travailler efficacement sur l'ensemble des nœuds de calculs disponibles.

Par ailleurs, vu les contraintes de production des données (fréquence de régénération relativement faible, production par emprise régionale, ...), il n'est pas nécessaire que ces services soient constamment disponibles sous la forme de services informatiques en ligne (type service REST) constamment disponibles. Il est plus intéressant d'activer les nœuds de calcul exclusivement au moment où ils sont nécessaires, ce qui justifie d'autant plus l'utilisation d'outil IaC.

Pour le lancement des traitements, les interfaces de type « ligne de commande » sont dans la majorité des cas suffisantes, et n'imposent pas de contraintes particulières.

Comme cela est schématisé sur les figures 6.2.2, les données produites doivent être qualifiées par les différents producteurs préalablement à leur référencement et stockage au sein de tempO. Elles sont ensuite référencées dans le catalogue de tempO, et stockées de manière pérenne. Elles doivent également être référencées dans le catalogue de la région pour laquelle la donnée a été produite. L'hébergement de la donnée, sa mise à disposition aux régions, la gestion de ses différents modes d'accès est ensuite du ressort du service de diffusion tempO.

- **Outils de Stockage des données**

Le stockage des données peut se faire directement sur les DIAS, ou chez un hébergeur externe. Ce choix est principalement dicté par une question de coût.

Le stockage objet (type S3) est préconisé. Le premier critère est le prix : ces stockages sont moins chers que les stockages blocs traditionnels. D'autres avantages importants

sont à prendre en compte : ce type de stockage contient des mécanismes de réplication, évitant la perte de donnée, et offre des vitesses d'accès très performantes dans les environnements Cloud.

Avec ces avantages, le stockage objet sera probablement proposé par chacun des DIAS. Néanmoins, nous ne connaissons pas encore les modalités d'accès, et il sera nécessaire de comparer les différentes solutions, y compris l'éventualité de faire appel à un hébergeur externe commercial (OVH, Amazon ou autre) si cela s'avère économiquement plus intéressant.

- **Outils de Catalogage des données**

Contrairement aux services de production, le catalogue et les services de diffusion doivent être constamment disponibles. En effet, ce sont ces services qui vont être appelés :

- Par les services de production pour référencer les nouveaux produits,
- Par les différentes régions pour récupérer les données produites au travers des CRIGE.

Chaque donnée produite doit être cataloguée deux fois :

- dans le méta-catalogue de la région pour qui le produit est destiné,
- dans le catalogue interne temp0.

Afin de faciliter le référencement des données, nous proposons que ce double catalogage soit centralisé : les services de production appellent une API de catalogage en mentionnant la région cible. Cette API s'assurera du double catalogage, en prenant en compte les particularités des catalogues de chaque région (protocoles supportés, moyens d'authentification, ...).

Ce service transverse devra donc être compatible avec les standards utilisés dans le monde de l'OpenData, tels que l'OGC CSW (Catalog Service for the WEB) en version 1.x et 2.x. Ainsi que différents moyens d'authentification (OAuth, Basic Auth, ...).

Pour le catalogue interne à temp0, l'utilisation de catalogue CSW open-source est préconisé. Pour des questions de cohérence, il serait préférable que la solution choisie soit calquée sur les outils utilisés aux seins des régions.

La diffusion des données peut reposer exclusivement sur le stockage objet qui propose des interfaces http permettant d'accéder à la donnée.

Les services de diffusion tempO doivent pouvoir être instanciés de manière régionale ou centralisée.

- **Outil « Market Place »**

Pour présenter les produits, les décrire et donner des exemples d'utilisation de ces données, un site dédié pourra être déployé et présenté sous la forme de Market Place. Tout comme pour le service de diffusion, ce site doit être constamment disponible. D'un point de vue déploiement, la Market Place pourrait être déployée sur la même machine que le service de diffusion. Les ressources matérielles nécessaires à l'exécution de ce site sont faibles, et compatibles avec cette mise en commun.

La Market Place sera le point d'entrée principal de l'environnement tempO pour ses utilisateurs. Une attention toute particulière devra être portée à la description claire et ergonomique des informations.

L'intégration de solutions de paiement en ligne sera à étudier. Il faudra que ces solutions soient compatibles avec des logiques d'abonnement annuel.

7.1 PLANNING TYPE

Comme déjà évoqué, et comme discuté lors de l'atelier de restitution tenu en juin 2018 avec les différents partenaires régionaux, une démarche progressive est proposée pour la mise en œuvre des services Tempo, avec :

- Une Phase 1 de démonstration qui devrait s'écouler tout au long de l'année 2019, avec la mise en œuvre des premiers services Tempo, tels que disponibles aujourd'hui, proposés par différents fournisseurs de services avec une structure de référencement de ces services et de catalogage des produits générés.
- Une Phase 2 de développement et de déploiement de services complémentaires nécessitant un effort de développement. Pour cette 2^{ème} phase, nous pouvons prévoir :
 - Une période de définition détaillée des services correspondants, et de consultation pour leur développement, en fonction du budget disponible : 1^{er} semestre 2019
 - Une période de développement et de validation de ces nouveaux services : de septembre 2019 à juin 2020.
 - Une période de déploiement de ces nouveaux services dans les régions concernées et intéressées, en fonction des budgets disponibles dans ces régions : à partir de septembre 2020
- Une Phase 3 : pour le développement d'une 2^{ème} vague de services, incluant en particulier des services hybrides, par exemple pour l'étude des impacts de changement climatique. Pour cette 3^{ème} phase, nous proposons, en supposant la disponibilité de budgets correspondants début 2019 :
 - Une période de définition des services et d'études de méthodologie : 1^{er} semestre 2019
 - Une période de consultation, service par service, de suivi de développement, et de validation ; de septembre 2019 à décembre 2020.
 - Une mise en services progressive des nouveaux services proposés à partir de début 2021.

7.2 ORGANISATION PROPOSEE

Pour mener à bien les travaux proposés dans les paragraphes ci-dessus, il est nécessaire de mettre en place une organisation dédiée composée de représentants des différents acteurs intéressés (même si ces représentants ne sont impliqués dans ces structures qu'à temps partiel).

Plus précisément, nous préconisons la mise en place de 2 structures complémentaires, qui devraient coexister tout au long des différentes phases de démonstration, de développement et de déploiement des services Tempo évoqués ci-dessus :

- **Un groupe de maitrise d'ouvrage Tempo (GMO Tempo)** à mettre en place dès maintenant, après discussions et approbation de ce document. Sa fonction serait :
 - de gérer les spécifications des **services Tempo existants** (à partir de ce même document), et de les mettre à jour en fonction des discussions avec les services régionaux et avec les fournisseurs de services de télédétection,
 - de lancer dès fin 2018 les appels à propositions pour la phase de démonstration auprès des différents fournisseurs de services et d'assurer les interfaces avec les régions intéressées, éventuellement en liaison avec l'UGAP pour les services nécessitant la mise en place de contrats d'approvisionnement de la part des régions ou des collectivités de ces régions,
 - de gérer la livraison des produits provenant de ces services (gratuits ou payants), en mettant en place et en gérant le catalogue Tempo,
 - de maintenir et de faire évoluer autant que de besoin les spécifications d'interfaces des services Tempo, sur la base de l'annexe 2 de ce document,
 - de suivre, en liaison avec le groupe d'assistance à la maitrise d'ouvrage la définition des nouveaux services, et l'avancement de leur développement. Une fois validés par le groupe de support AMO, ces nouveaux services seront pris en charge par le GMO, pour assurer la mise en œuvre des contrats d'approvisionnement et le suivi de livraison des produits, ainsi que la mise à jour correspondante du catalogue Tempo,

- d'assurer la diffusion des résultats de Tempo auprès des autres régions françaises, en leur proposant de s'associer progressivement à l'initiative.
- **Un groupe d'assistance à la maîtrise d'ouvrage Tempo (AMO Tempo),** à mettre en place début 2019, et dont les fonctions seraient :
 - de gérer les spécifications **des futurs nouveaux produits Tempo**, en liaison avec les utilisateurs mais aussi avec les laboratoires et instituts concernés, y compris pour les produits « hybrides » permettant les analyses de corrélation entre les services de Télédétection et d'autres bases de données locales ou nationales (météo, climato, pollution,...).
 - De lancer et de gérer les actions de développement de ces nouveaux services (ou éventuellement de nouvelles plateformes dédiées) au travers d'appels d'offres en fonction du budget disponible (mis à disposition par les structures nationales et/ou régionales).
 - D'assurer la recette de ces nouveaux développements à l'issue du développement par les fournisseurs, y compris au travers d'une période de validation sur un territoire pilote choisi avec les régions concernées,
 - De passer le relais au GMO une fois ces services validés pour que celui-ci en assure la gestion au titre de « services Tempo existants ».
 - De continuer ainsi la définition et le suivi de nouveaux services, en fonction de la demande issue des régions au travers du GMO.

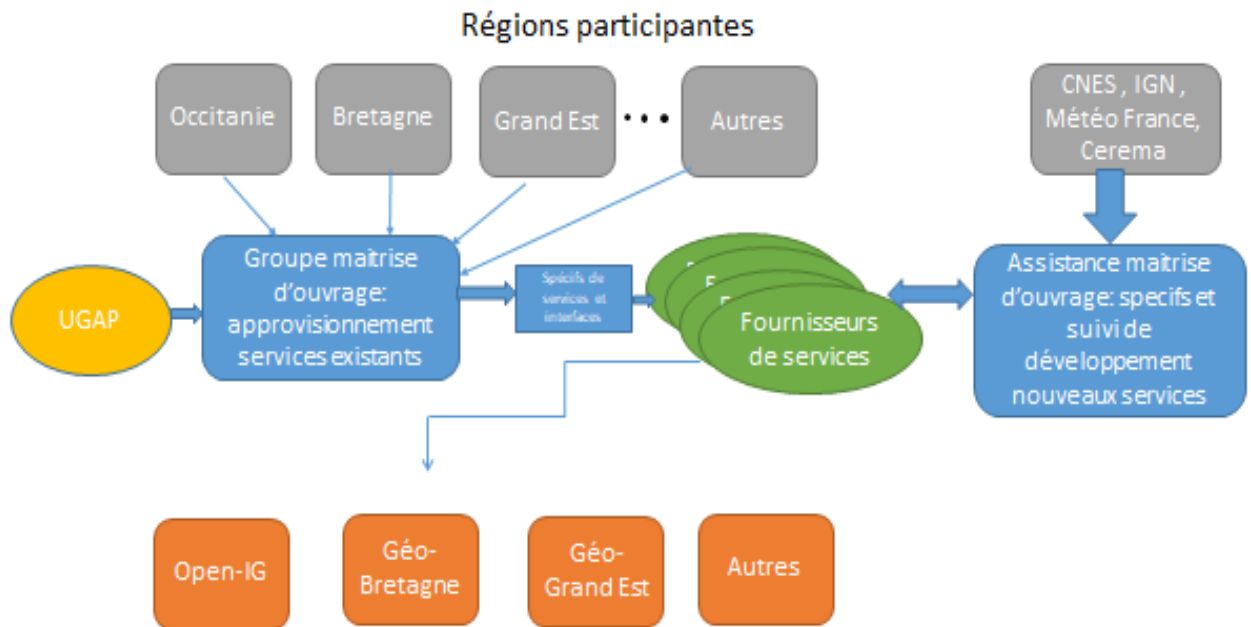
Composition des différents groupes

Au vu des missions respectives, la proposition serait :

- Un Groupe de Maîtrise d'Ouvrage Tempo composé d'un secrétariat permanent assuré par Inspace et/ou par un autre organisme ayant mission de coordination nationale, comme le CEREMA (2 personnes avec une occupation de 50% à 100% chacune, dont un profil commercial / contractuel et un profil plus technique SIG) et une personne représentant chacune des régions participantes (à hauteur d'1/3 temps chacune, qui pourrait être une personne de chaque SIG régional).
- Un Groupe d'assistance maîtrise d'ouvrage composé de personnes issues des instituts concernés, par exemple : CNES, IGN, CEREMA, Météo France. Le nombre de personnes dépendra bien sûr du budget

disponible pour les développements de nouveaux services que ce groupe aura à gérer

Figure 7.2
Organisation type pour les phases de démonstration et développement



7.3 ESTIMATIONS BUDGETAIRES

Selon les principes donnés ci-dessus, les estimations de financement pour les différentes phases de développement de Tempo dépendront largement des ressources budgétaires disponibles.

Pour la phase de démonstration :

Il s'agirait de financer :

- la structure de coordination GMO Tempo : soit l'équivalent, sur la base des estimations précédentes, d'une à deux personnes à temps plein, plus 1/3 temps par SIG régional, soit un total **d'environ 150 K€/an pour l'ensemble**, à partager entre les différents acteurs.
- la fourniture des services pour les régions intéressées : c'est une dépense « à la carte » pour les régions en fonction de leur intérêt, de la gratuité des services ou non et des zones à monitorer. On peut estimer un budget par région de l'ordre **de 50 à 150 K€ par région**, en fonction des commandes.

Pour les phases de développement et déploiement :

Il s'agirait là de financer, pour chacune des phases de développement et de déploiement :

- le développement de nouveaux services (entre 300 K€ et 1 M€ par an) et éventuellement de nouvelles infrastructures de traitement et de stockage (de l'ordre de 200 à 300 K€ comprenant le développement de logiciels spécifiques pour gérer les serveurs Tempo et la Market Place)
- la fourniture des services pour les régions intéressées : là encore, la dépense pourra se faire « à la carte » par les différentes régions. On peut estimer un budget annuel de l'ordre de 100 à 300 K€ par région comme une moyenne suffisante, à partager entre les différentes collectivités utilisatrices.

8 ANNEXES

8.1 ANNEXE 1 : BESOINS EXPRIMES PAR REGIONS

Nous rappelons ici les classements de priorité effectués dans les ateliers ASE tenus en Bretagne et en Occitanie. Pour la région Grand EST, ce type d'atelier n'a pas pu se tenir, on a donc repris les résumés des besoins exprimés au cours des différents entretiens, sans classement de priorité.

8.1.1 En Bretagne

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de Mise à Jour	Précision	Autres spécifs
1	Occupation des sols.	1. suivre urbanisation y compris diffuse 2. Pratiques et occupations agricoles 3. Suivi bocages et haies	1. Vérification réglementaire 2. Inciter adaptation par politique publique. 3. Planification urbaine	Corine Landcover trop ancienne; Au moins 1 fois/an, plus si besoins pour agri	Variable: du global à 10m au parcellaire à 1m	Nbe de classes différent en fonction de la précision
2	2.1. Cartographie zones côtières et milieux marins (habitats, indicateurs biodiversité, ...) 2.2. Voir prolongation vers le large, avec modélisation	1- Qualifier évolutions long terme 2- Identifier conflits d'usages 3- Coupler avec données in situ	1- Cadre réglementaire DCSMM et planification 2- Economies par rapport à pratiques actuelles (aérien, litto 3D) 3- améliorer modèles états de santé	1- Annuelle avec rétrospective sur le passé 2- Rapport tous les 6 ans à DCE	métrique	Classifications différentes sur territoire côtier (urbanisation/ agri/ autres) et sur fonds marins proches côte.
3	Cartographie toitures bâtis	Potentiel panneaux solaires	Politique énergétique incitative	annuelle	métrique	Exposition solaire et pentes

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de mise à jour	Précision	Autres spécifs à préciser
4	Cartographie états écologiques des milieux	Indicateurs qualité espaces naturels ; indicateurs biodiversité ; plantes invasives	Politique aménagement ; Préparation COP région	annuelle	10m	Indicateurs à établir et décider
5	Carte de vulnérabilité des territoires au changement climatique	Identification des risques (inondations, sanitaires, pollutions, eau, ...)	Aide à la politique publique urbaine et agricole ; Information population ;	annuelle	10m	Identification des éléments à suivre (ilots de chaleur, types de cultures,..)
6	Carte des zones imperméabilisées	Limiter risques ; impact climatique	Aide à la politique publique urbaine	annuelle	10m, mais intérêt pour multi-échelle	Catégories à définir

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de mise à jour	Précision	Autres spécifs à préciser
7	Cartographie zones émission gaz à effet de serre	Suivi des émissions	Politique aménagement ; Préparation COP région.	Annuelle, avec besoins rétroactifs	10m	1-Indicateurs des zones à surveiller 2- BDs de mesures
8	Cartes de suivis pratiques agricoles	1-localisation et mesures des apports nitrates 2-Présence zones enherbées 3-Couvert hivernal de cultures	Aide à la politique publique agricole ; Information ; Rapport directives nitrates ; Eviter pollution côtière et eau	3 à 4 fois /an (suivi végétation saisonnier)	10m (si suffisant pour zones enherbées inter parcelles)	Typologie des cultures à suivre ; BD in situ disponibles pour croisements (qualité eau, cadastre agri)

8.1.2 En Occitanie

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de mise à jour	Précision	Autres spécifs à préciser
1	Plan d'occupation des sols et des usages	Suivi urbanisation, imperméabilisation, Perte espaces agricoles Espaces artificialisés Densification dents creuses	Politique aménagement ; Préparation COP région. Communication population Mieux lever l'impôt Éviter défrichements illégaux	Annuelle, avec besoins rétroactifs	10m à échelle régionale < 1m à échelle urbaine	1-Indicateurs des classes à surveiller 2- Besoin « d'emboîtements » des couches par territoire 3-Lien avec OCS GE à voir
2	Cartes de bio-diversité	Quantification des trames vertes et bleues ; Évolution de végétations indicatrices du changement climatique	Suivi politiques d'aménagement (SRADDET et PCAET) Réglementations	Annuelle, avec besoins rétroactifs (contraintes saisonnières)	10m avec zones à 1m.	Définition d'indicateurs standardisés pour le suivi biodiversité
3	Cartes d'implantations infrastructures pour énergie renouvelable (panneaux solaires, éoliennes)	Connaître le parc existant, le potentiel du territoire afin d'aider la politique énergétique (conditionner les aides) Aider la « région à énergie positive »	améliorer la connaissance (plan climat) Orienter les politiques publiques Informé le citoyen Développer le potentiel économique local	1 a 3 ans Tous découpages administratifs	1m ou moins, en fonction des objets observables :	Taille des éléments à observer ; BDs énergie à connecter ;

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de mise à jour	Précision	Autres spécifs à préciser
4	Evolution de la cartographie forestière	Suivi des essences et des coupes de bois ; stock carbone filière bois ; estimation du potentiel bois et biomasse.	État, département et région qui veulent développer une filière économique. Plan carbone et volet dans PCAET. Industriels, et interprofessions (CRPF) veulent optimiser ressource.,	Annuelle, avec suivi sur plusieurs dizaines d'années	En fonction de l'application : 10m pour estimation coupes ; <1m pour comptage	Capacités de validation en volumes (taille des arbres) ; données in situ.
5	Cartes de suivi de crises (inondations, feux,)	DFCI, instructions de dossiers aides.	valider les indemnités auprès des personnes réellement impactées	Ad hoc, en fonction des crises	En fonction des disponibilités (de 1 à 10m)	Voir carte des enjeux préalables ; Système à abonnement ?
6	Cartes de vulnérabilité : identification et de prévention de zones à risques	Suivi du trait de côte pour les risques submersion ; inondations ; îlots de chaleur et forêts	Aménagement du territoire et de prévention des risques ; PLU et zones constructibles ; Communication publique, plans spécifiques débroussaillage	Annuelle	10m sauf exception	Définition des éléments et zones à monitorer

Rang	Besoins	Applications	Bénéfices attendus	Fréquence de mise à jour	Précision	Autres spécifs à préciser
7	Cartes de support fiscalité locale	Identification des éléments sujets à fiscalité spécifique (piscines, constructions nouvelles,...)	Accélérer les rentrées fiscales	annuelle	1m	Identification des objets à monitorer ; Connexion avec BDs fiscales.
8	Cartes de classifications cultures	Type de cultures en périurbain.. Identification des pratiques agricoles dépendant de l'irrigation et soumis au changement climatique. Cultures céréalières VS maraîchage	Besoin pour SCOT, préservation terres agricoles, autonomie alimentaire, cycle court/de proximité	2 cartes par an (saisonnalité)	10m avec quelques zones à 1m.	À croiser avec les modèles climatiques.

8.1.3 En Grand Est

Territoires urbains

Dialogue avec l'Agence Technique Départementale du département du Haut-Rhin, avec l'Agence de Développement et d'Urbanisme de l'Agglomération de Strasbourg et du service Aménagement Durable du Territoire et de la cellule Appui et Connaissance en Urbanisme de la DREAL Grand Est

1. Dynamique de l'occupation du sol à différentes échelles jusqu'au niveau parcelle cadastrale
2. Indicateur(s) partagé(s), le(s) plus objectif(s) possible, de la consommation d'espace, des quartiers et Ilots urbains, des zonations PLU / POS et de la parcelle cadastrale (intra-parcelle)
3. Caractérisation des espaces interstitiels mobilisables pour urbanisation (ex. : friches industrielles)
4. Caractérisation des trames vertes et bleues, de leur continuité et de leur évolution au sein des agglomérations
5. Climatologie urbaine
6. Modélisation 3D de la ville (CIM et BIM)

Eau – Environnement

Dialogue avec des représentants de l'Agence de Bassin Rhin-Meuse, de la DREAL Grand Est, de services de prévision de crue, de Directions Départementales des Territoires et de services départementaux (la numérotation ci-après n'indique pas un ordre de priorité car celui-ci peut varier en fonction de l'interlocuteur et/ou du service dans lequel il agit)

1. Dynamique de l'occupation du sol à différentes échelles avec cartographie des surfaces en eau, des zones humides et des biotopes constitutifs de la trame verte
2. Caractérisation des inondations, de leur dynamique et de leur impact
3. Suivi des périmètres de protection des captages d'eau potable
4. Indicateurs de la qualité de l'eau (couleur, turbidité eutrophisation,...)
5. Analyse spatio-temporelle de la trame verte et bleue, de sa continuité et de sa persistance / Suivi des habitats naturels
6. Mesure de la consommation d'espace naturels, forestiers et agricoles par l'urbanisation (bâties, activités et infrastructures)

Forêt

Dialogue avec l'Office National des Forêts, le Centre Régional de la Propriété Forestière, l'interprofession du bois et la DREAL Grand Est

1. Evaluation de la ressource forestière et de sa dynamique :
 - Suivi des déboisements
 - cartographie de coupes à blanc,
 - détection des prélèvements diffus,
 - Caractérisation des défrichements
2. Suivi des régénérations / reboisements
3. Suivi du foncier forestier / contrôle des défrichements
4. Contribution au « Plan tempête »
5. Etat sanitaire du couvert forestier
6. Structure et essence des peuplements des massifs sensibles

8.2 ANNEXE 2 : SPECIFICATIONS D'INTERFACES

Sommaire

1.	Généralités	5
1.1.	<i>Documents applicables</i>	5
1.2.	<i>Documents de référence</i>	5
1.3.	<i>Glossaire – Terminologie</i>	6
2.	Introduction	8
2.1.	<i>Objet du document</i>	8
2.2.	<i>Structure du document</i>	8
3.	Liste exhaustive des besoins en interfaces	9
3.1	<i>Vue d'ensemble de l'interfaçage de TEMPO avec les autres systèmes</i>	9
3.2	<i>Interfaces avec les SIG régionaux</i>	12
3.3	<i>Interfaces avec les SI satellite</i>	13
3.4	<i>Interfaces avec les systèmes tiers</i>	14
4.	Description détaillée des besoins en interfaces	15
4.1	Interfaces avec les SIG régionaux	15
4.1.1	<i>Interfaces pour la découverte des données</i>	15
4.1.2	<i>Interface de visualisation interactive des données</i>	16
4.1.3	<i>Interface de téléchargement des données</i>	16
4.1.4	<i>Interface de sécurisation</i>	19
4.2	Interfaces avec les SI satellite	20
4.2.1	<i>Interface pour la découverte des données (OSEARCH_RESTO)</i>	20
4.2.2	<i>Interface pour le téléchargement des données (HTTP_THEIA, HTTP_PEP ...</i>	20

4.2.3	<i>Interface de sécurisation des données (BASIC_AUTH et THEIA_SSO.....</i>	21
4.3	<i>Interfaces avec les systèmes tiers</i>	22
4.3.1	<i>Interface pour la découverte des données</i>	22
4.3.2	<i>Interface de visualisation interactive des données</i>	22
4.3.3	<i>Interface de téléchargement des données</i>	22
4.3.4	<i>Interface de processing</i>	22
4.3.5	<i>Interface de sécurisation</i>	23

1. GENERALITES

1.1. Documents applicables

NA

1.2. Documents de référence

Ref	Document	Version	Description
DR1	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555	2.0.2	Spécification CSW 2.0.2
DR2	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416	1.3.0	Spécification WMS 1.3.0
DR3	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326	1.0.0	Spécification WMTS 1.0.0
DR4	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967	2.0.0	Spécification WFS 2.0.0
DR5	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339	1.1.0	Spécification WFS 1.1.0
DR6	https://portal.opengeospatial.org/files/09-110r4	2.0.1	Spécification WCS 2.0
DR7	http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364	1.1.0	Spécification SLD 1.1.0
DR8	http://www.opensearch.org/Specifications/OpenSearch/1.1	1.1	Spécification OpenSearch 1.1
DR9	http://www.ietf.org/rfc/rfc4287.txt	1.0	Spécification ATOM 1.0
DR10	https://www.picto-occitanie.fr/geonetwork/doc/api/#/	0.1	Documentation API REST système PICTO
DR11	http://www.geosource.fr/docs	NA	Documentation de GeoSource
DR12	https://github.com/olivierhagolle/peps_download/blob/master/README.md	NA	Documentation script de téléchargement images satellite du système PEPS
DR13	https://github.com/olivierhagolle/theia_download/blob/master/README.md	NA	Documentation script de téléchargement images satellite du système THEIA
DR14	https://geobretagne.fr/geoserver/photo/wcs?service=wcs&request=getcapabilities	2.0	Capacités du service de couverture des photographies aérienne proposé par GéoBretagne
DR15	http://docs.opengeospatial.org/is/14-065/14-065.html	2.0	Spécification WPS 2.0
DR16	https://apereo.github.io/cas/4.2.x/protocol/CAS-Protocol-Specification.html	3.0	Spécification du protocole d'authentification CAS 3.0

DR17	https://tools.ietf.org/rfc/rfc2617.txt	NA	Spécification du protocole d'authentification HTTP Basic and Digest Access Authentication
DR18	http://earth.esa.int/SAFE/	NA	Page d'accueil du format européen SAFE
DR19	http://openid.net/connect/	NA	Page d'accueil du standard OpenID Connect
DR20	https://fr.slideshare.net/GasperJerome/20130919-cnes-sso-ceoss-wgiss36-frascati	NA	Présentation de l'utilisation d'OpenID Connect dans le SI satellite THEIA
DR21	http://www.siglr.org/index.php?eID=tx_crighedocuments&hash=739db8ed&fid=672	1.0	Dossier de spécifications fonctionnelles et techniques SIG-LR
DR22	https://www.cigalsace.org/portail/fr/page/723/flux-donnees	NA	Liste des flux disponibles pour le SIG CIGAL
DR23	https://cms.geobretagne.fr/services	NA	Liste des flux disponibles pour le SIG GéoBretagne
DR24	http://www.siglr.org/idg-lr/les-flux.html	NA	Liste des flux disponibles pour le SIG-LR

1.3. Glossaire – Terminologie

SIG	Système d'Information Géographique
OGC	Open Geospatial Consortium
CSW	Catalog Service for the Web
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
WFS	Web Feature Service
WCS	Web Coverage Service
SLD	Styled Layer Descriptor
WPS	Web Processing Service
REST	Representational State Transfer
API	Application Programming Interface
PEPS	Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinel
CAS	Central Authentication Service
SAFE	Standard Archive Format for Europe
URL	Uniform Resource Link
XML	Extensible Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
REST	Representational State Transfer
SSO	Single Sign-On (Authentification Unique)

2. INTRODUCTION

2.1. Objet du document

Ce document présente les spécifications de besoins en interfaces du système TEMPO pour son interopérabilité avec:

- ✓ *Les systèmes d'information géographiques concernant les régions couvertes par cette étude (appelés "SIG régionaux" dans le reste du document).*
- ✓ *Les systèmes d'imagerie satellitaire (appelés "SI satellite" dans le reste du document).*

Dans tout le document:

- ✓ *Les exigences qui devront être obligatoirement respectées sont exprimées par une phrase contenant le verbe «devoir». Exemple: «La découverte des données des SIG régionaux devra s'effectuer avec une interface cliente CSW 2.0.2.»*
- ✓ *Les exigences qui pourront être respectées de manière facultative ou des indications servant à orienter l'implémentation d'une spécification sont exprimées par une phrase contenant le verbe «pouvoir». Exemple: «Une description supplémentaire des styles de couches pourra se faire en se basant sur le protocole SLD en version 1.1.0.»*

2.2. Structure du document

Ce document comprend trois chapitres principaux:

- *Le présent chapitre « Introduction » présente l'objet et la structure du document.*
- *Le chapitre « Liste exhaustive des besoins en interfaces » identifie de façon exhaustive l'ensemble des interfaces nécessaires au système TEMPO.*
- *Le chapitre « Description détaillée des besoins en interfaces » présente en détail ces besoins, en précisant les spécificités des systèmes concernés.*

3. LISTE EXHAUSTIVE DES BESOINS EN INTERFACES

Ce chapitre présente la liste des besoins en interfaces du système TEMPO pour pouvoir communiquer avec les SIG régionaux et les systèmes fournisseurs d'images satellites, ainsi qu'avec d'autres systèmes consommateurs de ses produits.

3.1 Vue d'ensemble de l'interfaçage de TEMPO avec les autres systèmes

Les figures 1 à 5 décrivent de manière schématique l'ensemble des exigences d'interfaces des services TEMPO. Dans toutes ces figures, les interfaces obligatoires sont marquées en trait pleins tandis que les interfaces facultatives sont marquées en traits interrompus. Les interfaces de sortie de TEMPO sont toujours situées sur la partie supérieure de la boîte représentant le système, et les interfaces clientes sur la partie inférieure.

D'une manière générale, les différents modules de TEMPO devront interagir avec le catalogue TEMPO pour récupérer les interfaces d'entrée des autres systèmes (en général des URL), et effectuer ensuite des requêtes directement sur ces interfaces.

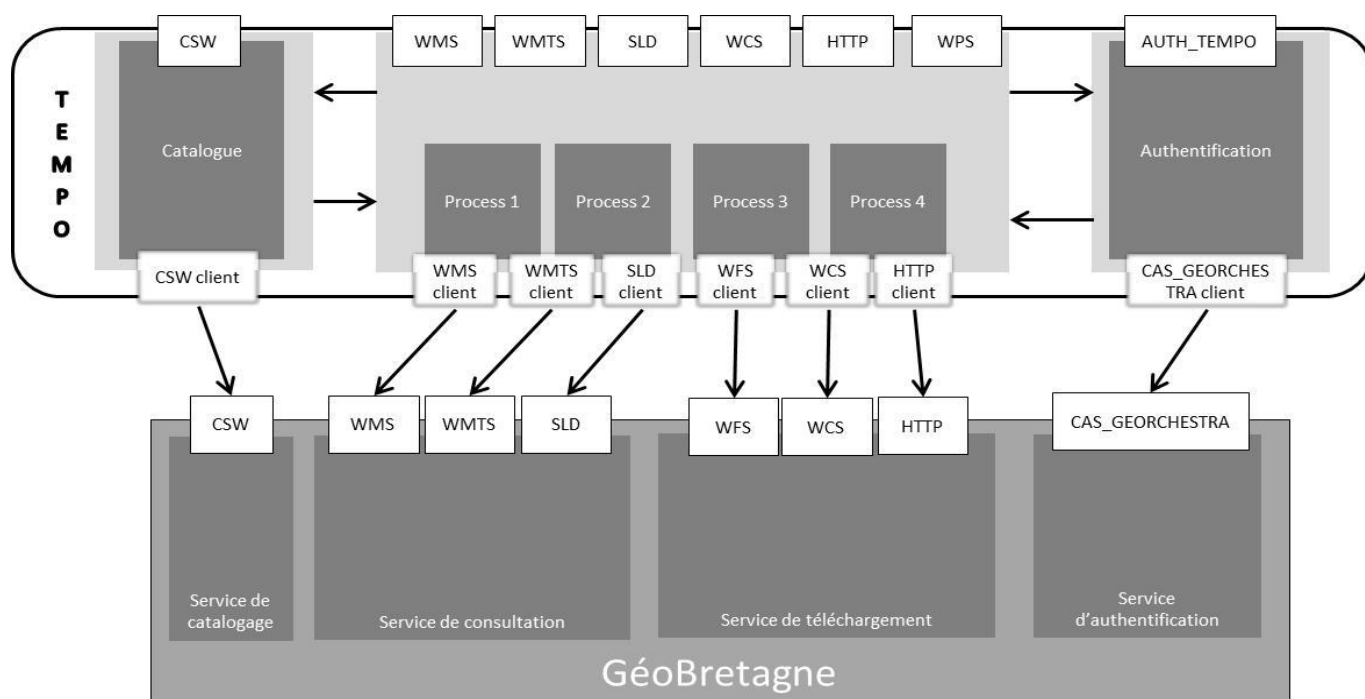


Figure 1: Vue globale de TEMPO en interface avec le SIG régional GéoBretagne

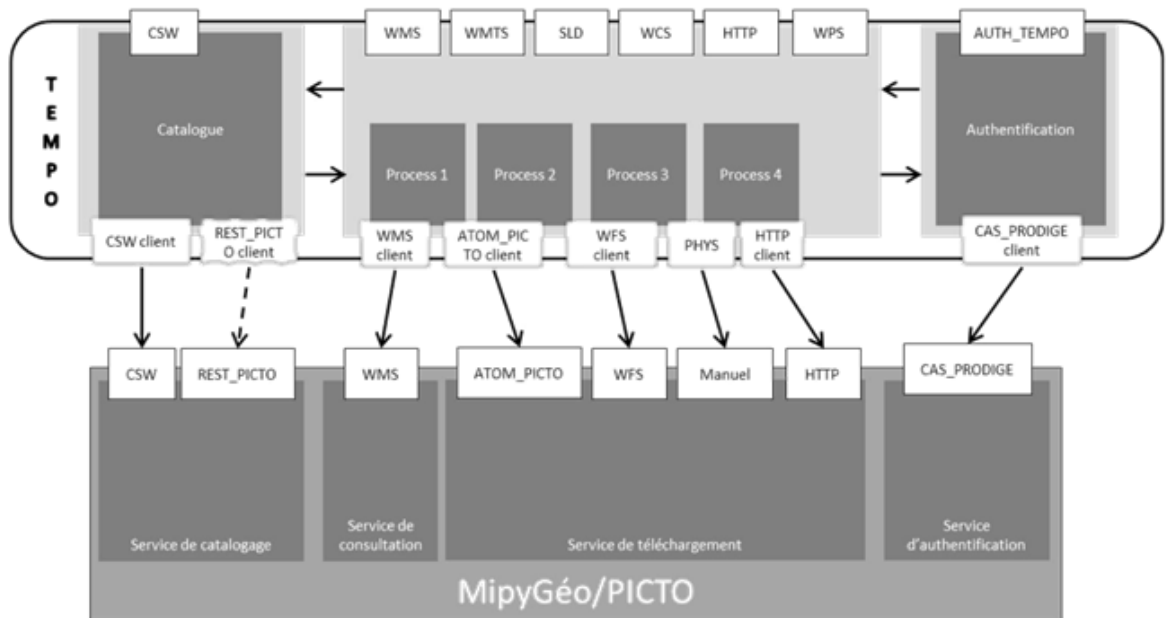


Figure 2: Vue globale de TEMPO en interface avec le SIG régional PICTO

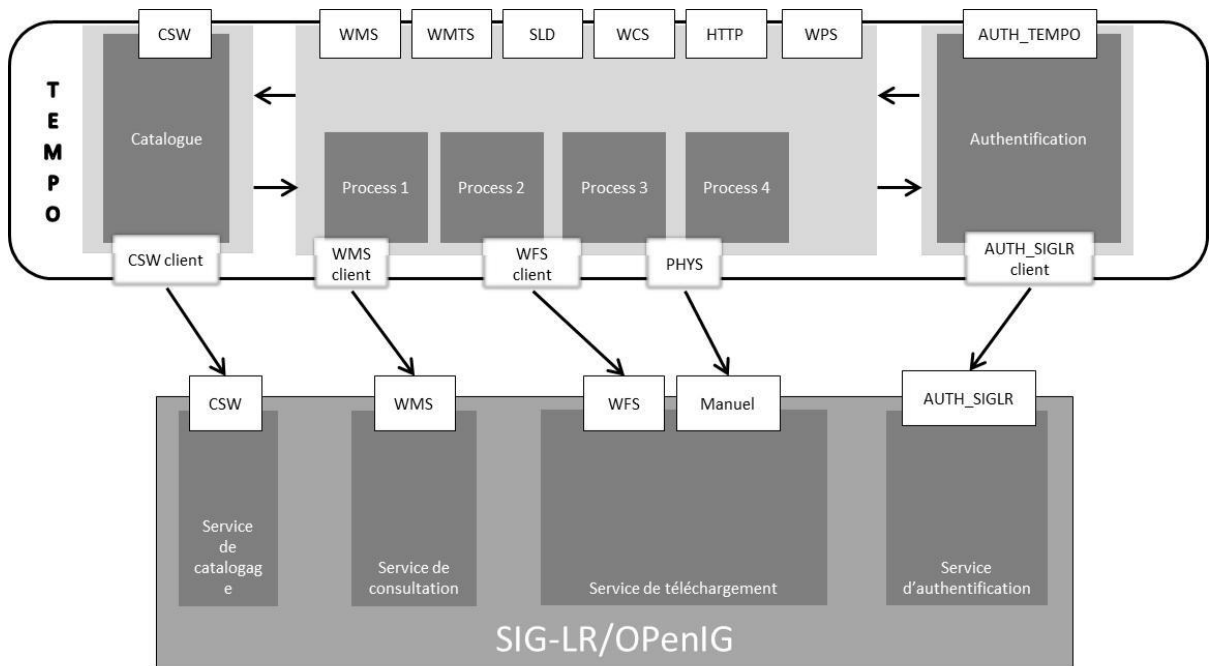


Figure 3: Vue globale de TEMPO en interface avec le SIG régional OpenIG

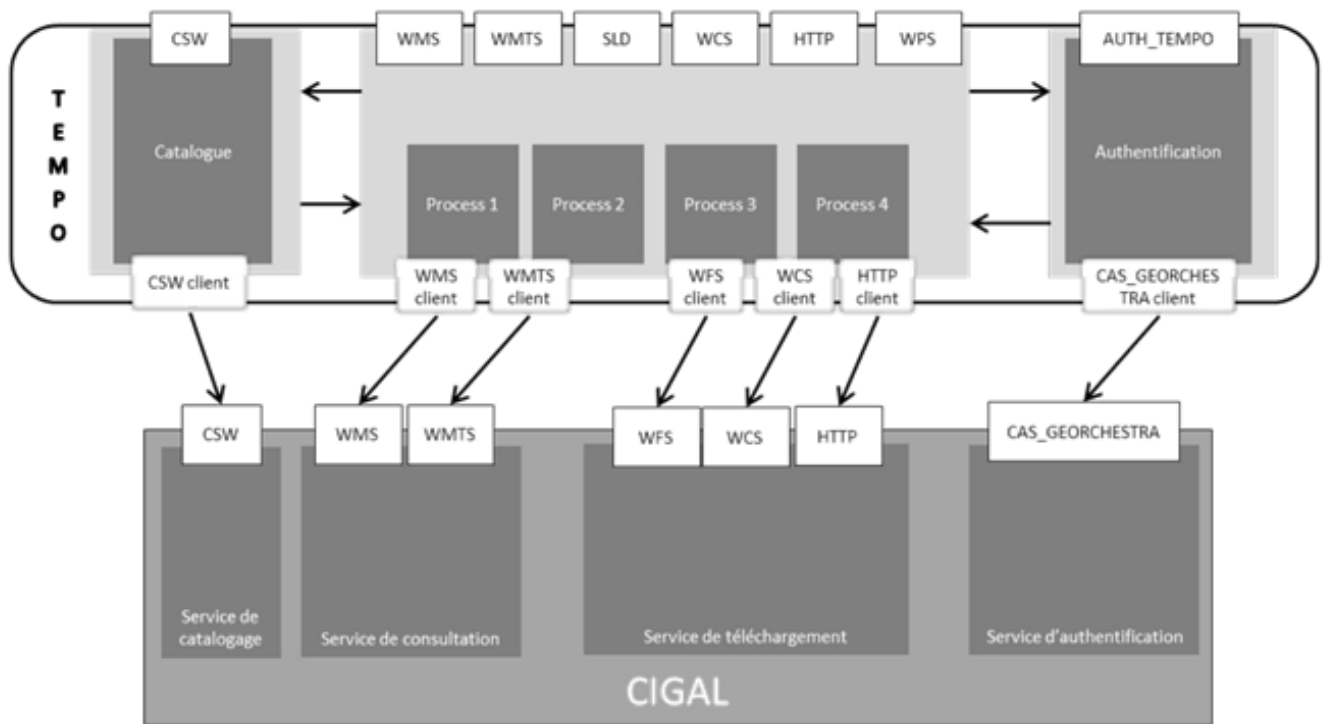


Figure 4: Vue globale de TEMPO en interface avec le SIG régional CIGAL

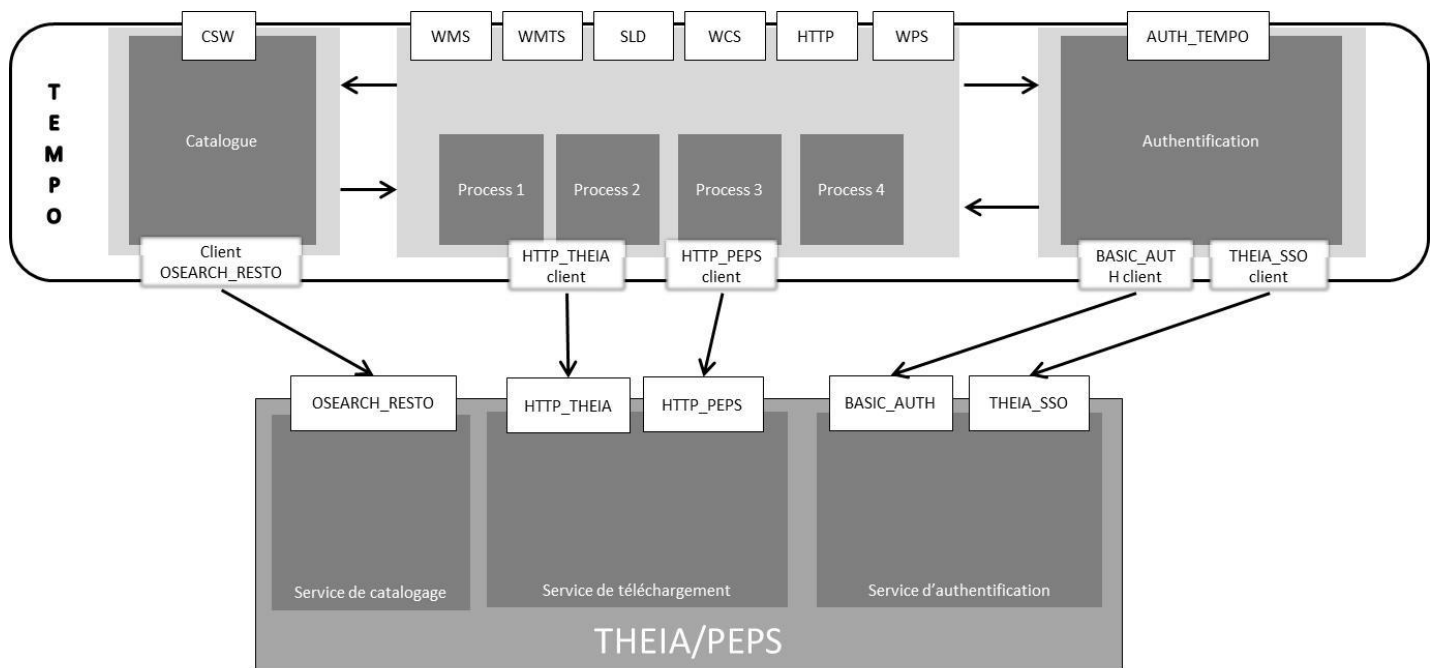


Figure 5: Vue globale de TEMPO en interface avec les SI satellite

La figure 6 ci-après décrit un exemple d'interfaçage d'un système tiers avec TEMPO. D'une manière générale, le système tiers devra consulter le catalogue TEMPO pour récupérer les interfaces soit avec un SIG régional, soit avec TEMPO, soit avec un SI satellite, en fonction de l'endroit où sont stockées les données, et ensuite effectuer la requête voulue directement sur l'interface concernée. Sur cette figure, les

requêtes effectuées vers les SIG régionaux ou les SI satellite sont en traits pleins tandis que celles effectuées sur les interfaces TEMPO sont en traits interrompus. Tous les cas possibles ne sont pas représentés dans un souci de brièveté. La figure est présentée à titre d'illustration.

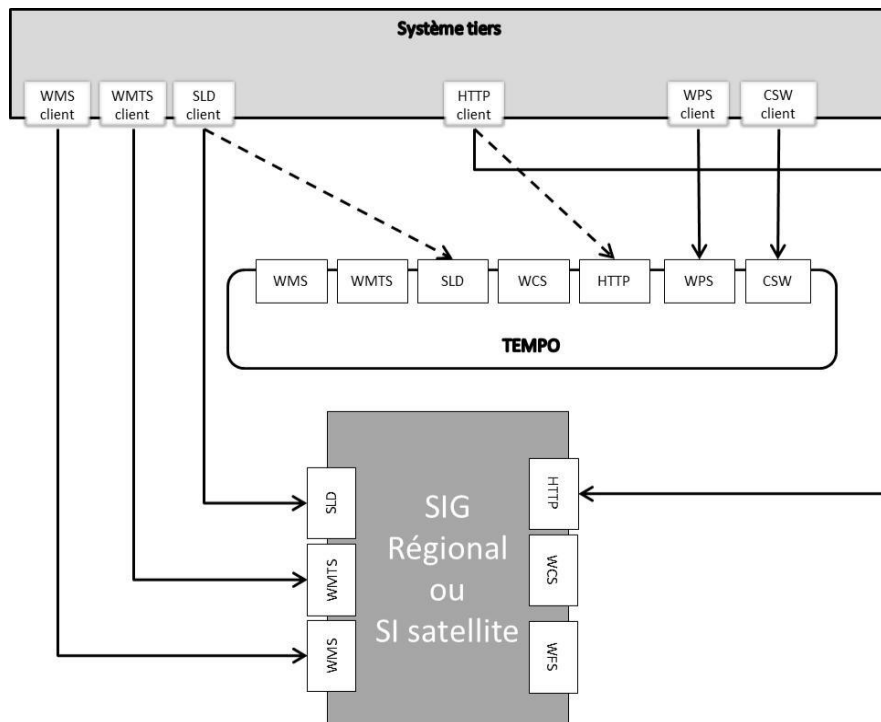


Figure 6: Vue globale de TEMPO en interface avec un système tiers

3.2 Interfaces avec les SIG régionaux

Le tableau suivant liste les besoins en interfaces pour la consommation des services et produits des SIG régionaux.

Identification	Description	Réf.
CSW client	Interface de consultation des catalogues de données répondant à la norme OGC/CSW	[DR1]
REST_PICTO client	Interface de consultation du catalogue de données de la plateforme PICTO	[DR10]
WMS client	Interface permettant la consultation des données sous forme de carte interactive et hautement paramétrables à la volée, répondant au standard OGC/WMS pour tous les SIG régionaux	[DR2]

Identification	Description	Réf.
SLD client	Interface de description des styles d'affichage de couches vectorielles répondant au standard OGC/SLD	[DR7]
WMTS client	Interface de consultation de données sous forme de « tuiles » prédéfinies et empilées les unes sur les autres, répondant au standard OGC/WMTS	[DR3]
WFS client	Interface permettant le téléchargement des données vectorielles (points, lignes, polygones, etc.), répondant au standard OGC/WFS	[DR4]
WCS client	Interface permettant de télécharger les données de couverture de phénomènes variant dans le temps et l'espace	[DR6]
HTTP client	Interface de téléchargement de données brutes, spatiales ou pas, par le protocole HTTP	NA
ATOM_PICTO client	Interface de téléchargement de données brutes, spatiales ou pas, par le protocole HTTP en passant par le format de flux de syndication ATOM	[DR9]
PHYS	Interface d'ingestion manuelle (ou physique) de données brutes	NA
CAS_GEORCHESTR RA client	Interface d'authentification unique (SSO) pour le téléchargement de données à diffusion restreinte sur les SIG régionaux GéoBretagne et CIGAL	NA
CAS_PRODIGE client	Interface d'authentification unique (SSO) pour le téléchargement de données à diffusion restreinte sur le SIG régional PICTO	NA
AUTH_SIGLR client	Interface d'authentification pour le téléchargement des données à diffusion restreinte sur le SIG OpenIG	NA

Tableau 1: Liste des interfaces de TEMPO avec les SIG régionaux

3.3 Interfaces avec les SI satellite

Le tableau suivant liste les besoins interfaces pour la consommation des produits des SI satellite.

Identification	Description	Réf.
OSEARCH_RESTO client	Interface permettant d'interroger le catalogue de données RESTO répondant au standard OGC/OpenSearch	[DR8]
HTTP_THEIA client	Interface de téléchargement des données sur le SI satellite THEIA	[DR12]
HTTP_PEPS client	Interface de téléchargement des données sur le SI satellite PEPS	[DR13]
THEIA_SSO client	Interface d'authentification unique (SSO) pour le téléchargement des données sur le SI satellite THEIA	[DR20]
BASIC_AUTH client	Interface d'authentification HTTP Basic and Digest Authentication pour le téléchargement des données sur le SI satellite PEPS	[DR17]

Tableau 2: Liste des interfaces de TEMPO avec les SI satellite

3.4 Interfaces avec les systèmes tiers

Le tableau suivant liste les besoins en interface pour la publication des produits et services TEMPO.

Identification	Description	Réf.
CSW	Interface pour la publication d'un catalogue des métadonnées produites et/ou moissonnées sur les autres catalogues, répondant au standard OGC/CSW	[DR1]
WMS	Interface permettant la consultation des données sous forme de carte interactive et hautement paramétrables à la volée, répondant au standard OGC/WMS	[DR2]
SLD	Interface de description des styles d'affichage de couches vectorielles répondant au standard OGC/SLD	[DR7]
WMTS	Interface de consultation de données sous forme de « tuiles » prédéfinies et empilées les unes sur les autres, répondant au standard OGC/WMTS	[DR3]
HTTP_TEMPO	Interface de téléchargement de données brutes, spatiales ou pas, par le protocole HTTP	NA
WCS	Interface permettant de télécharger les données de couverture de phénomènes variant dans le temps et l'espace	[DR6]
WPS	Interface permettant aux systèmes tiers de commander des chaînes de traitement sur les données TEMPO	[DR15]
AUTH_TEMPO	Interface d'authentification et de gestion de profils d'accès	NA

Tableau 3: Liste des interfaces de TEMPO avec les systèmes tiers

4. DESCRIPTION DETAILLEE DES BESOINS EN INTERFACES

4.1 Interfaces avec les SIG régionaux

4.1.1 Interfaces pour la découverte des données

OBJECTIF: Permettre aux services TEMPO de consulter le contenu des catalogues des SIG régionaux à l'aide d'une interface standardisée.

4.1.1.1 Catalogue de données CSW

Les SIG régionaux utilisent tous soit GéoSource (dérivé de GeoNetwork) soit directement GeoNetwork pour le catalogage des données. Cet outil présente entre autres un point d'accès CSW 2.0.2 [DR1].

La découverte des données des SIG régionaux devra s'effectuer avec une interface cliente CSW 2.0.2.

Les métadonnées sont renvoyées selon le standard ISO19139 [DR11] [DR1].

La liste des requêtes et opérations autorisées est disponible en exploitant l'opération GetCapabilities offerte par le standard.

Lorsque les données sont disponibles et le permettent, le fichier de métadonnée contient des liens permettant de :

- ✓ *Pré-visualiser la donnée (via gmd:MD_BrowseGraphic)*
- ✓ *Télécharger la donnée (via MD_DigitalTransferOptions CI_OnlineRessource)*
- ✓ *Visualiser la donnée dans sa résolution native (via MD_DigitalTransferOptionsCI_OnlineRessource)*

Les protocoles utilisés dans l'élément OnlineRessource peuvent être:

- ✓ *WWW: LINK-1.0-http—link ou WWW: LINK-1.0-http--rss pour les liens vers les métadonnées*
- ✓ *OGC: WMS-1.1.1-http-get-map pour la visualisation Les URLs sont fournies sous leur forme absolue.*

4.1.1.2 Catalogue de données REST_PICTO

Le système PICTO en particulier utilise en plus la possibilité de GeoNetwork de mettre à disposition un point d'accès REST pour la découverte des données.

La découverte des données du SIG régional PICTO pourra s'effectuer avec une interface cliente REST.

Pour obtenir une fiche de métadonnées en particulier, on effectue la requête suivante: **GET/srv/api/0.1/records/{Identifiant_unique_de_la_metadonnee}**

Par exemple **GET /srv/api/0.1/records/95fc4c58-708a-44eb-90ef-0bdfef36182e**
Les métadonnées sont aussi renvoyées selon le standard ISO19139 [DR11] [DR1].

4.1.2 Interface de visualisation interactive des données

OBJECTIF: Permettre la visualisation des données dans leur résolution native sans avoir besoin de les télécharger. Elles sont ainsi directement visualisables dans n'importe quel client compatible WMS, y compris des clients WEB.

4.1.2.1 Visualisation WMS

Tous les SIG régionaux proposent une interface WMS (versions 1.1.1 et 1.3.0). GéoBretagne donne en plus la possibilité de préciser les styles d'affichage en utilisant la norme SLD version 1.1.0 [DR7].

La procédure d'accès aux données se fait en deux étapes après découverte des services disponibles dans le catalogue: découverte des capacités du service avec une requête *GetCapabilities* puis récupération des données pour visualisation avec une requête *GetMap*.

La norme SLD définit un langage standardisé pour décrire de manière exacte comment doivent s'afficher les couches vectorielles commandée par la requête *GetMap*.

La visualisation des données des SIG régionaux devra s'effectuer avec une interface cliente WMS supportant les versions 1.1.0 et 1.3.0 de ce standard.

Une description supplémentaire des styles de couches pourra se faire en se basant sur le protocole SLD en version 1.1.0.

4.1.2.2 Visualisation WMTS

Les SIG régionaux GéoBretagne et CIGAL proposent en plus une interface WMTS 1.0.0 dans un souci de performances. La procédure d'accès aux données est la même que pour le standard WMS: découverte des capacités du service avec une requête *GetCapabilities* puis récupération des données pour visualisation avec une requête *GetTile*.

La visualisation des données des SIG régionaux GéoBretagne et CIGAL devra s'effectuer en priorité quand c'est possible avec une interface cliente WMTS supportant la version 1.0.0 en vue d'améliorer les performances du système.

4.1.3 Interface de téléchargement des données

OBJECTIF: Permettre au système TEMPO de télécharger les données en provenance des SIG régionaux.

4.1.3.1 Données vectorielles

Tous les SIG régionaux proposent une interface WFS pour télécharger leurs données au format vecteur (points, lignes, polygones, etc.). GéoBretagne et GéoGrandEst (CIGAL) proposent des services WFS version 2.0.0 [DR4] exclusivement, tandis que PICTO (exception faite du service : <https://carto.atlasante.fr/cgi-bin/mapservwfs?> en version 2.0.0) et OpenIG proposent WFS version 1.1.0 exclusivement. TEMPO prendra donc en compte les deux versions pour couvrir tous les cas.

Le téléchargement des données vectorielles des SIG régionaux devra s'effectuer avec une interface cliente WFS supportant les versions 1.1.0 et 2.0.0.

4.1.3.2 Données de couverture

Les SIG régionaux GéoBretagne et CIGAL proposent un service WCS version 2.0 [DR6] pour le téléchargement de données de couverture.

Le téléchargement des données de couverture des SIG régionaux GéoBretagne et CIGAL devra s'effectuer avec une interface cliente WCS supportant la version 2.0.

4.1.3.3 Données brutes

4.1.3.3.1 Téléchargement direct HTTP

Tous les SIG régionaux proposent une interface de téléchargement de données brutes de tout type (géospatiales ou non) en HTTP. Les données des SIG régionaux qui sont téléchargeables directement par HTTP possèdent un lien vers la donnée dans leur fiche de métadonnées, qui peut être récupérée à l'aide d'une requête HTTP GET.

Le téléchargement des données brutes des SIG régionaux devra s'effectuer avec une interface cliente HTTP sachant effectuer des requêtes HTTP GET sur des URL (par exemple l'utilitaire wget des distributions du système d'exploitation Linux).

L'interface de téléchargement devra supporter l'ingestion des divers formats de données ainsi proposés au téléchargement (PDF, JPEG, PNG, CSV, ODF, ZIP, JSON, etc.).

4.1.3.3.2 Téléchargement ATOM_PICTO

Le SIG régional PICTO propose en plus un téléchargement des données par HTTP en passant par un document au format ATOM [DR9] contenant une liste de liens vers des archives au format ZIP contenant les données sous une forme paramétrée à l'avance (format de données, projection, système de référence spatiale). Le séquençement de cette procédure est schématisé dans la figure 7.

Ceci revient à un téléchargement HTTP GET direct, les liens vers les ressources sont de la forme:

<https://catalogue.picto-occitanie.fr/rss/atomfeed/atomdata/{uuid}?format={format}&srs={srs}&emprise=-1&territoire type=&couchd emplacement stockage={emplacement}&bTerritoire=0&couche type stockage=1> Où:

- ✓ Uuid: est un identifiant unique pour la donnée
- ✓ Format: est le format sous lequel est disponible la donnée
- ✓ Srs: est le système de référence spatiale de la donnée
- ✓ Emplacement: est un identifiant pour l'emplacement de la donnée

Par exemple:

<https://catalogue.picto-occitanie.fr/rss/atomfeed/atomdata/95fc4c58-708a-44eb-90ef-0bdf36182e?format=csv&srs=2154&emprise=-1&territoire type=&couchd emplacement stockage=n region2016 qfl s 000&bTerritoire=0&couche type stockage=1>.

Le fichier téléchargé par cette méthode est au format ZIP, qui une fois décompressé contient les données au format choisi.

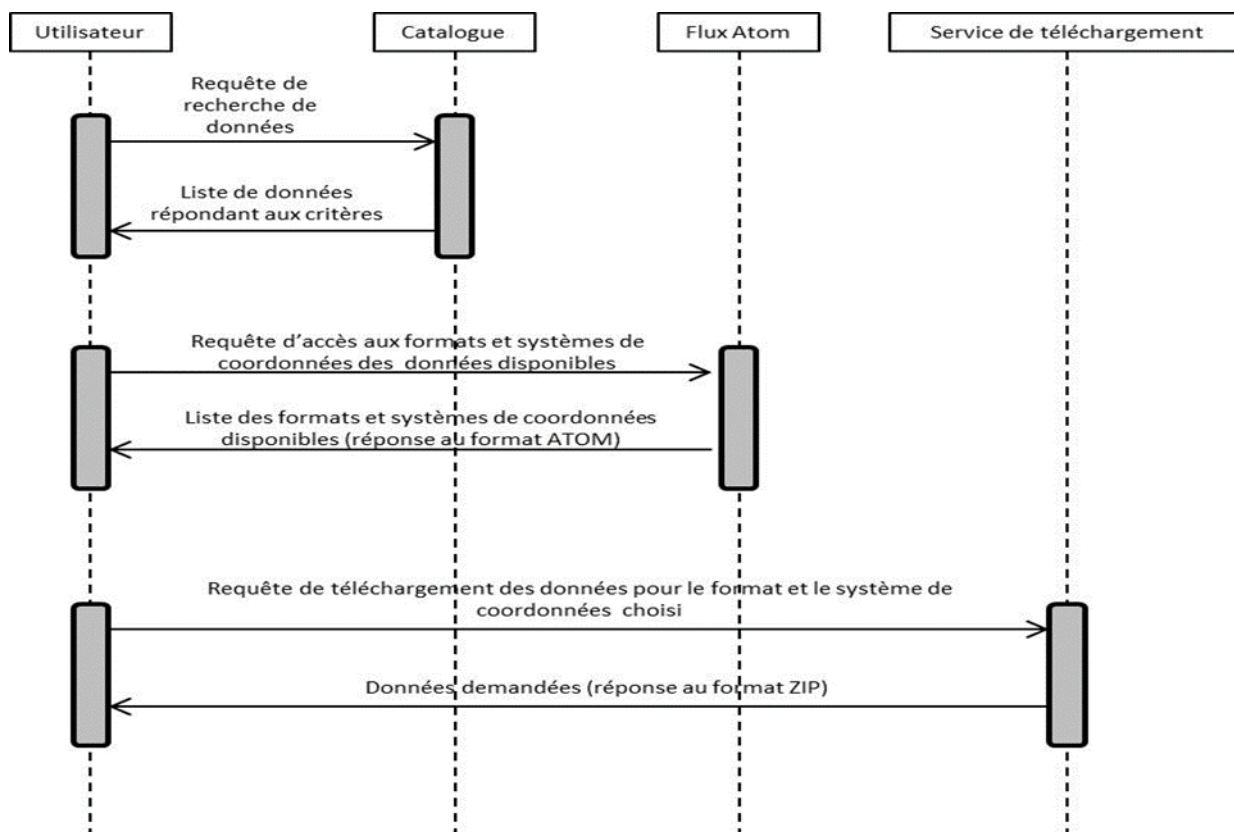


Figure 7: Diagramme de séquence de la procédure de téléchargement des données brutes du SIG PICTO par HTTP en passant par un flux ATOM

Le téléchargement des données brutes du SIG régional PICTO devra se faire si nécessaire (si c'est le seul mode de téléchargement possible) avec une interface cliente ATOM pour éviter d'avoir à renseigner les paramètres passés à l'URL (et notamment le paramètre «emplacement»). Le client devra récupérer les URL correspondant au format et au système de référence spatial voulu dans le flux ATOM ainsi consommé.

Le client devra être capable d'ingérer des données au format ZIP.

4.1.3.3.3 Ingestion manuelle ou physique (PHYS)

Les systèmes PICTO et OpenIG proposent un mode de téléchargement manuel avec un système de commande passant par un panier. L'utilisateur constitue un panier de produits souhaités et effectue une demande qui est ensuite traitée par les opérateurs du système.

Pour OpenIG, il existe deux types de demande: extraction automatique ou extraction manuelle (qui survient quand le panier de commande dépasse 6Go de données). Pour une extraction automatique, l'utilisateur est informé de la disponibilité des données

commandées par mail (avec un délai plus ou moins long). Il doit alors se connecter à son compte et télécharger les données soit par FTP, soit par HTTP (à noter qu'une authentification supplémentaire peut être nécessaire avant le démarrage effectif du téléchargement). Le fichier téléchargé est au format ZIP. Cette procédure de téléchargement ne permet pas la mise en œuvre d'une interface de téléchargement automatisé standard de la part du système TEMPO.

Pour PICTO, on a également 2 types d'extraction: directe ou différé. Dans le premier cas, le lien de téléchargement est directement fourni après l'extraction et dans le second, il faut renseigner une adresse mail à laquelle le lien de téléchargement est envoyé une fois l'extraction terminée. Pour chaque donnée pouvant être téléchargée via cette méthode, un lien menant à l'interface du panier est présent dans la fiche de métadonnée et respecte la forme suivante:

<https://catalogue.picto-occitanie.fr/geosource/panierDownloadFrontalParametrage?LAYERIDTS=674311>.

Dans le cas du téléchargement direct, le paramétrage aboutit à la construction d'un lien de la forme suivante:

[https://telecarto.picto-occitanie.fr/?email=&direct=MQ%3D%3D&mode=prodige&data_type=vector&service_idx=1&format=c2hw&projection=Mzk0Mq%3D%3D&data=UE9TVEdJU19EQVRBJTNBbl90cmIfbWVuZDIwMTRfaW5vbmRhYmxlX3NfMDQ4&metadata_id=Njc0MzEx&bTerritoire=1&territoire_type=&territoire_data=&territoire_area=%25&extractionattributaire_couche=&restricted_area_field=%25&restricted_area_buffer=%25&extract_area=POLYGON\(\(563923.4256955001%206258474.658499001%2C563923.4256955001%206297570.10403%2C606188.7722155%206297570.10403%2C606188.7722155%206258474.658499001%2C563923.4256955001%206258474.658499001\)\)&buffer=100&callback=stcCallback1007](https://telecarto.picto-occitanie.fr/?email=&direct=MQ%3D%3D&mode=prodige&data_type=vector&service_idx=1&format=c2hw&projection=Mzk0Mq%3D%3D&data=UE9TVEdJU19EQVRBJTNBbl90cmIfbWVuZDIwMTRfaW5vbmRhYmxlX3NfMDQ4&metadata_id=Njc0MzEx&bTerritoire=1&territoire_type=&territoire_data=&territoire_area=%25&extractionattributaire_couche=&restricted_area_field=%25&restricted_area_buffer=%25&extract_area=POLYGON((563923.4256955001%206258474.658499001%2C563923.4256955001%206297570.10403%2C606188.7722155%206297570.10403%2C606188.7722155%206258474.658499001%2C563923.4256955001%206258474.658499001))&buffer=100&callback=stcCallback1007) dont la réponse à une

requête HTTP POST contient un champ data qui contient le lien vers la donnée à télécharger au format ZIP. Ceci donne une indication sur la façon d'automatiser ce processus pour le système TEMPO en se basant sur des requêtes HTTP. Le

téléchargement différé, de même que pour OpenIG, n'est pas automatisable de manière standard.

Le téléchargement des données brutes qui nécessite le passage par un panier devra se faire avec une interface d'ingestion manuelle (clé USB, disque dur externe, etc.).

S'il est possible d'inférer les valeurs des paramètres passés dans l'URL dont un exemple est présenté ci-dessus, le téléchargement pourra se faire avec une interface cliente HTTP classique.

4.1.4 Interface de sécurisation

Certaines données des SIG régionaux ne sont accessibles qu'à des utilisateurs authentifiés, que ce soit en téléchargement ou pour l'affichage de cartes interactives. Le principe général est celui de l'authentification unique, permettant d'accéder avec les mêmes identifiants à l'ensemble des services et données disponibles. Le SIG régional OpenIG cependant semble avoir un système d'authentification dont le principe diffère de l'authentification unique.

L'accès sécurisé aux données protégées des SIG régionaux sera à définir et pourra se faire avec une interface cliente répondant au protocole CAS [DR16].

4.2 Interfaces avec les SI satellite

4.2.1 Interface pour la découverte des données (OSEARCH_RESTO)

OBJECTIF: *Permettre au système TEMPO de consulter le contenu des catalogues des SI satellite PEPS et THEIA à l'aide d'une interface standardisée.*

Le service de découverte des données des SI satellite identifiés (PEPS, THEIA) est basé sur le protocole OpenSearch [DR8] tel qu'implémenté par le système RESTO'. Le service est découvert en récupérant les documents de description OpenSearch renvoyés au format XML. Ces documents contiennent des gabarits d'URL avec paramètres permettant d'effectuer la recherche de données.

Exemple d'URL pour le document de description OpenSearch du système PEPS pour les données Sentinel 1: <https://peps.cnes.fr/resto/api/collections/S1/describe.xml>.

La découverte des données des SI satellite devra s'effectuer avec une interface cliente répondant au standard OpenSearch tel qu'implémenté sur le système RESTO.

4.2.2 Interface pour le téléchargement des données (HTTP_THEIA, HTTP_PEPS)

Dans les deux cas, les données sont téléchargeables uniquement après authentification.

Dans le cas de PEPS, les données peuvent être téléchargées en une étape, en fournissant directement le login et le mot de passe en paramètre à un client de

téléchargement HTTP (par exemple: l'utilitaire curl des distributions du système d'exploitation Linux).

Dans le cas de THEIA, pour se passer de l'authentification interactive, une méthode permet d'obtenir, avec les informations de connexion, un jeton valide pour 2 heures permettant de télécharger les données automatiquement. Le téléchargement se fait donc en deux étapes:

- ✓ *Acquisition du jeton temporaire*
- ✓ *Téléchargement des données*

Le téléchargement des données des SI satellite devra s'effectuer avec une interface cliente HTTP supportant les deux modes d'authentification décrits dans le paragraphe dédié à la sécurisation de l'accès aux données satellite.

L'interface devra effectuer le téléchargement des données THEIA en une étape. L'interface devra effectuer le téléchargement des données PEPS en deux étapes. L'interface pourra s'inspirer des clients de téléchargement machine-à-machine décrites en [DR12] et [DR13]

L'interface devra être capable d'ingérer des données au format SAFE [DR18].

4.2.3 Interface de sécurisation des données (BASIC_AUTH et THEIA_SSO)

L'accès sécurisé aux données du SI satellite PEPS devra s'effectuer avec une interface cliente d'authentification répondant à la spécification HTTP Basic and Digest Access Authentication [DR17]

L'accès sécurisé aux données du SI satellite répondant à la spécification OpenID Connect [DR19] tel qu'implémentée dans la méthode d'authentification unique THEIA [DR20].

4.3 Interfaces avec les systèmes tiers

4.3.1 Interface pour la découverte des données

OBJECTIF : *Permettre au système TEMPO de publier un catalogue de ses propres produits.*

TEMPO devra publier une interface d'accès au catalogue de ses données répondant au standard CSW dans sa version la plus récente : 2.0.2.

Cette interface pourra faire office de méta catalogue et servir en tant que mandataire pour les catalogues des SIG régionaux et des SI satellite.

4.3.2 Interface de visualisation interactive des données

OBJECTIF: Permettre la visualisation des données dans leur résolution native sans avoir besoin de les télécharger.

TEMPO devra publier un service de visualisation de ses données répondant au standard WMS dans sa version la plus récente : 1.3.0.

L'interface devra être un lien WMS pour la requête GetMap pour chaque produit et rendu disponible dans la fiche de métadonnées du produit.

Une fiche de métadonnée pour le service devra être publiée dans le catalogue et devra contenir un lien WMS pour la requête GetCapabilities de ce service.

Le service pourra donner la possibilité de décrire l'affichage des couches de données vectorielles en utilisant le standard SLD dans sa version la plus récente : 1.1.0.

Pour donner la possibilité aux systèmes tiers d'avoir un gain de performances, TEMPO pourra publier un service de visualisation de ses produits répondant au standard WMTS dans sa version la plus récente : 1.0.0.

La fiche de métadonnées des produits pour lesquels ce service sera disponible devra contenir un lien WMTS pour la requête GetTile.

Une fiche de métadonnée pour le service devra être publiée dans le catalogue et devra contenir un lien WMS pour la requête GetCapabilities de ce service.

4.3.3 Interface de téléchargement des données

OBJECTIF: Permettre à des systèmes tiers de télécharger les données brutes du système TEMPO.

TEMPO devra mettre en place un service de téléchargement de ses données brutes (spatiales ou non) répondant au standard HTTPS dans sa version la plus récente.

L'interface devra être un lien accessible à partir d'une requête HTTPS GET, et présent dans la fiche de métadonnée de chaque produit.

4.3.4 Interface de processing

OBJECTIF: Permettre à des systèmes tiers d'effectuer des traitements spécialisés sur les produits TEMPO.

TEMPO devra publier un ou plusieurs services de processing répondant au standard WPS dans sa version la plus récente : 2.0 [DR15].

Une fiche de métadonnée devra être publiée dans le catalogue pour ce service.

L'interface devra être un lien WPS pour la requête GetCapabilities du service et devra être présent dans la fiche de métadonnée du service.

4.3.5 Interface de sécurisation

OBJECTIF: Protéger l'accès aux produits TEMPO.

TEMPO devra protéger l'accès à ses données référencées comme sensibles par une interface répondant à un standard d'authentification unique.

Le standard pourra être CAS, OpenID Connect ou tout autre standard d'authentification unique.

8.3 ANNEXE 3 : RECENSEMENT DES DONNEES METEOROLOGIQUES ET CLIMATOLOGIQUES

Les Données Publiques

Dans ce paragraphe, on va retrouver les principaux fournisseurs de données climatiques intéressant le domaine français avec une description de leurs raisons d'être et de l'impact sur leurs politiques de mise à disposition des données.

De quoi s'agit-il ?

Depuis 2005, la loi relative à la liberté d'accès aux documents administratifs et à la réutilisation des informations publiques prévoit la possibilité de réutiliser les informations publiques à d'autres fins que celles pour lesquelles elles sont détenues ou élaborées. Si leur obtention occasionne un coût pour l'administration (recherche, traitement automatisé...), ou si elle souhaite obtenir une rémunération de ses droits de propriété intellectuelle, celle-ci peut demander le paiement d'une redevance après avoir conclu une licence de réutilisation (préalable obligatoire).

En conformité au principe général de réutilisation libre, facile et gratuite fixé par les circulaires du Premier ministre du 26 mai 2011 et du 13 septembre 2013 relatives à l'ouverture des données publiques, Etalab est engagée à promouvoir la réutilisation des données publiques ouvertes par le biais d'actions spécifiques.

Les réutilisations publiées sur « data.gouv.fr » peuvent être des fichiers téléchargés directement (cartes, tableaux, graphiques, etc.) sur le site web ou des liens qui redirigent le visiteur à voir la réutilisation (vers le site web de start-ups, l'AppStore, GooglePlay, etc.).

La liste des fournisseurs de données climatiques et leurs conditions d'accès

Météo-France

Dans le cadre des politiques européennes et nationales de mise à disposition des données publiques (ou « open data »), Météo-France a mis en œuvre un portail spécifique d'accès à ses données en complément du portail data.gouv.fr décrit plus haut.

Ce portail est uniquement destiné à mettre à dispositions des données de base gérées par Météo-France. Ce n'est pas un portail d'information générale. Il n'a pas

vocation à offrir des prestations de prévisions ou de renseignements météorologiques, qu'ils soient spécialisés ou grand public, mais uniquement à accéder à des données plus ou moins brutes.

Ce portail offre une grande variété de type de données avec des modalités d'accès assez différentes

Eumetsat

En 1986 a été fondé un opérateur des satellites météorologiques européens : l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques Eumetsat (acronyme de European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). La Convention internationale définissant le rôle de cette organisation assigne deux objectifs principaux à son activité, qui sont en premier lieu la création, l'entretien et l'exploitation de systèmes européens de satellites météorologiques opérationnels, et en second lieu, la participation à la surveillance opérationnelle des climats et à la détection des changements climatiques mondiaux.

Le nombre d'États ayant adhéré à cette Convention est aujourd'hui de 18, dont les 15 premiers pays de l'Union européenne ; en outre, 7 autres pays européens sont déclarés États coopérants d'Eumetsat. Les services météorologiques nationaux de ces États membres sont les premiers bénéficiaires des données et produits satellitaires fournis par les systèmes Météosat et METOP/EP. La priorité d'Eumetsat s'oriente ensuite vers les prestations délivrées dans le cadre des échanges systématiques avec les autres services météorologiques nationaux ou dans celui des aides apportées à titre gracieux aux centres de recherche ou d'enseignement ; particulièrement importante s'avère de ce point de vue la communication par satellite d'informations météorologiques transmises à plusieurs dizaines de services météorologiques nationaux, en Afrique notamment ; en effet, Météosat assure non seulement une fonction de production et de transmission d'images, mais aussi une fonction de relais pour capter et disséminer les données météorologiques en provenance de sites très divers. Les données fournies par Eumetsat sont également reçues par des milliers de stations d'utilisateurs, commerciaux ou non.

ECMWF

C'est en 1975 que fut fondé par plusieurs pays européens, dont la France, le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (en abrégé le CEPMMT ou, simplement, le CEP) destiné à réunir en permanence les moyens informatiques, financiers et humains nécessaires pour assurer la recherche, le développement et la production opérationnelle dans le domaine de la prévision météorologique à moyenne échéance. D'une part, en effet, ce domaine

représente en météorologie le thème optimal pour fédérer les travaux permettant de faire progresser la prévision et la climatologie en recourant à des modèles numériques de prévision qui soient les plus avancés possibles ; mais d'autre part, il exige le regroupement de ressources considérables, qu'il est difficile de rassembler en dehors d'une coopération internationale.

Les données et produits de prévision à moyenne échéance issus du modèle du CEPMMT sont communiqués aux États membres et, sous des conditions de cession ou de vente bien précises, aux États coopérants ainsi qu'à la communauté internationale ; à cette fin ont été conclues différentes procédures, notamment avec l'OMM et Eumetsat. Un réseau de communication particulier à haut débit assure la transmission des résultats du Centre aux services météorologiques des États participants : parmi ces résultats figurent en très grand nombre des données archivées depuis 1979, actuellement en cours de réanalyse, et qui apportent au niveau mondial un matériel absolument essentiel pour la recherche et le développement en météorologie dynamique et en climatologie.

Ce service permet d'accéder aux ensembles de données publiques du CEPMMT à l'aide d'un compte utilisateur enregistré sur le site Web du CEPMMT.

Données accessibles au format OGC

On retrouve dans la table ci-après les principaux types de données disponibles depuis les trois centres décrits au paragraphe précédent.

Ces données sont classées en plusieurs types : prévision, observation (satellite, radar, ponctuelle) et climatologie

Pour chaque type de donnée, on retrouve le producteur, la résolution spatiale (en degrés ou km), le domaine, la compatibilité au format OGC et les droits d'accès.

La liste complète des paramètres est disponible dans les fichiers joints ci après.

	Producteur	Source	Résolution	Domaine	Format	Droits
Prévisions	Météo-France	Arome	0.025°	FRANCE	OGC	Libre
		Arome	0.01°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.1°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.25°	EUROPE	OGC	Libre
		Arpege	0.5°	MONDE	OGC	Libre
		Arpege	1.5°	MONDE	OGC	Libre
Climatologie 1979 - 2017	ECMWF	ERA Interim Surface	0.75°	MONDE	GRIB - NETCDF	Libre

Observation satellite	Eumetsat	Nébulosité	3km	Géostationnaire 0° (soit Europe et Afrique)	OGC	Libre
		Feux				
		Précipitations				
		Cendre				
		Orage				
		Poussière				
		Brouillard				
		Neige				
Observation Radar	Météo-France	Précipitations	1km	FRANCE	BUFR - GEOTIF	Payant
Observation ponctuelle	Météo-France	SYNOP ESSENTIEL	Environ 150 points en France	FRANCE	OGC	Libre
		RADOME	Environ 400 points en France	FRANCE	OGC	Payant

Données	Libellé	Résolution	Paramètres	Domaine	Format	Droits	Tarifs	Mode d'accès
Prévisions Météo-France	Arome	0.025°	T, HU, TD, Q, U, V, DD, FF (25 niveaux isobares de 1000 à 10 hPa et 9 niveaux hauteur de 20 à 1500m) VV, Z (20 niveaux isobares de 1000 à 10 hPa)	FRANCE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS
	Arome	0.01°	TPW (13 niveaux isobares de 1000 à 200 hPa) TA, TB (17 niveaux isobares de 1000 à 50 hPa) TP (17 niveaux isobares de 1000 à 50 hPa)	EUROPE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS
	Arpege	0.1°	T, HU, TD, Q (hauteur 2m) P (9 niveaux hauteur de 20 à 1500m) DI (3 niveaux isobares: 925, 700 et 200 hPa)	EUROPE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS
	Arpege	0.25°	U, V, DD, FF, DD_RAF, FF_RAF, U_RAF, V_RAF (hauteur 10m) P, T, CAPE_INS, MOCON, H_COULIM, COLONNE_VAPO (niveau sol)	EUROPE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS
	Arpege	0.5°	P (mer) T (profondeur 10 cm) TA, TB, THETA, U, V, DD, FF, Z (niveaux iso_TP 2000 et iso_TP 1500)	MONDE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS
	Arpege	1.5°	ALTITUDE (niveau sol) TMAX, TMIN (hauteur 2m) FLEVAP, FLLAT, FLTHERM, FLTHERM_D, FLSEN, FLSOLAIRE, FLSOLAIRE_D, RESR_NEIGE, NEBBAS, NEBCON, NEBHAU, NEBMOY, NEBUL, EAU, PRECIP, NEIGE, USTR, VSTR (niveau sol) FLSOLAIRE, FLTHERM (niveau top = au sommet du modèle)	MONDE	OGC	Libre	Gratuit	Téléchargement au format GRIB2 Cartes : WMS GeoTIFF : WCS

Climatologie 1979 - 2017 ECMWF	ERA Interim Surface	0.75°	Mean sea level pressure 10m vector wind with isotachs 2m temperature Net surface fluxes of heat - positive downwards Net surface fluxes of solar radiation - positive downwards Net surface fluxes of thermal radiation - positive downwards Surface fluxes of sensible heat - positive downwards Surface fluxes of latent heat - positive downwards Net top of the atmosphere fluxes of solar radiation - positive downwards Net top of the atmosphere fluxes of thermal radiation - positive upwards Total precipitation Evaporation minus precipitation	MONDE	GRIB - NETCDF	Libre	Gratuit	ECMWF Data Server

Imagerie satellite Eumetsat	CLAI	3km	Analyse des nuages	Géostationnaire 0° (soit Europe et Afrique)	OGC	Libre	Gratuit	EUMETSAT Data Server
	FIRE		Monitoring des feux					
	MPE		Estimation des précipitations					
	Ash		Cendres volcaniques					
	Convection		Convection					
	Dust		Poussières					
	Fog		Nuages bas et brouillards					
	Snow		Neige au sol					

Observations Météo- France	SYNOP ESSENTIEL	Environ 150 points en France	Pression au niveau mer, Variation de pression en 3 heures, Type de tendance barométrique, Direction du vent moyen 10 mn, Vitesse du vent moyen 10 mn, Température, Point de rosée Humidité, Visibilité horizontale, Temps présent, Temps passé 1, Temps passé 2, Nébulosité totale Nébulosité des nuages de l'étage inférieur, Hauteur de la base des nuages de l'étage inférieur Type des nuages de l'étage inférieur, Type des nuages de l'étage moyen, Type des nuages de l'étage supérieur, Pression station, Niveau barométrique, Géopotential Variation de pression en 24 heures, Température minimale sur N heures, Température maximale sur N heures, Température minimale du sol sur 12 heures, Méthode mesure tw, Température du thermomètre mouillé Rafales sur les 10 dernières minutes, Rafales sur une période, Période de mesure de la rafale Etat du sol, Hauteur totale de la couche de neige, glace, autre au sol, Hauteur de la neige fraîche Période de mesure de la neige fraîche, Précipitations dans les N dernières heures Phénomène spécial, Nébulosité cche nuageuse N, Type nuage N, Hauteur de base N	FRANCE	OGC	Libre	Gratuit	JSON
	RADOME	Environ 400 points en France		FRANCE	OGC	Payant	Paquet RADOME redevance annuelle : 86 000 €	WMS : cartes SOS : JSON

Imagerie Radar Météo- France	Lame	1km	Cumuls de lames d'eau	FRANCE	BUFR - GEOTIF	Payant	Paquet: 100.000€ annuel	FTP
---------------------------------	------	-----	-----------------------	--------	---------------	--------	-------------------------------	-----

Imagerie Radar	Météo-France	Lame	1km	Cumuls de lames d'eau	FRANCE	BUFR - GEOTIF	Payant	Paquet: 100.000€ annuel	FTP
		SYNOP ESSENTIEL	Environ 150 points en France	Pression au niveau mer, Variation de pression en 3 heures, Type de tendance barométrique, Direction du vent moyen 10 mn, Vitesse du vent moyen 10 mn, Température, Point de rosée Humidité, Visibilité horizontale, Temps présent, Temps passé 1, Temps passé 2, Nebulosité totale Nébulosité des nuages de l'étage inférieur, Hauteur de la base des nuages de l'étage inférieur Type des nuages de l'étage inférieur, Type des nuages de l'étage moyen, Type des nuages de l'étage supérieur, Pression station, Niveau barométrique, Géopotential Variation de pression en 24 heures, Température minimale sur N heures, Température maximale sur N heures, Température minimale du sol sur 12 heures, Méthode mesure tw, Température du thermomètre mouillé	FRANCE	OGC	Libre	Gratuit	JSON
Observations	Météo-France	RADOME	Environ 400 points en France	Rafales sur les 10 dernières minutes, Rafales sur une période, Période de mesure de la rafale Etat du sol, Hauteur totale de la couche de neige, glace, autre au sol, Hauteur de la neige fraîche Période de mesure de la neige fraîche, Précipitations dans les N dernières heures Phénomène spécial, Nébulosité cche nuageuse N, Type nuage N, Hauteur de base N	FRANCE	OGC	Payant	Paquet RADOME redevance annuelle : 86 000 €	WMS : cartes SOS : JSON