

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

**MCO de BDClimateS – Base de
données Climatologiques
Spatialisées (stockage, traitement,
accès aux données en points de
grille)**

Marché n°2538F0277

Table des matières

Cahier des clauses techniques particulières.....	3
1. Présentation de Météo-France.....	3
2. Présentation de la Direction de la Climatologie et des Services Climatiques.....	4
3. Objet du marché.....	4
4. Prestation demandée.....	5
4.1. Nature de la prestation attendue.....	5
4.2. Présentation détaillée du système BDClimateS.....	7
4.2.1. Glossaire.....	7
4.2.2. Description du système.....	8
4.3. Synthèse de la partie forfaitaire de MCO.....	10
4.4. Présentation de la partie optionnelle soumise à bons de commandes.....	10
4.4.1. Lot 1 : Evolution de la gestion des indicateurs (internes, externes et mixtes).....	10
4.4.2. Lot 2 : Développement de l'ingestion par lot de données d'observations du passé (réanalyses).....	12
4.4.3. Lot 3 : Développement de l'ingestion au fil de l'eau de données climatiques.....	12
4.4.4. Lot 4 : Accompagnement de Météo-France à l'intégration de la plateforme de calcul dans le système BDClimateS.....	13
4.4.5. Lot 5 : Évolutions de l'IHM.....	13
5. Spécifications techniques.....	13
5.1. Méthode de développement.....	14
5.2. Tests/validation.....	14
Dispositions générales.....	14
1. Livrables.....	14
2. Contraintes et confidentialité.....	14
Organisation – Modalités d'exécution.....	15

Cahier des clauses techniques particulières

1. Présentation de Météo-France

Météo-France, établissement public à caractère administratif (EPA) placé sous la tutelle du Ministère de la Transition Ecologique, est le service météorologique et climatologique national. Sa mission première consiste à assurer la sécurité des personnes et des biens. Cela se traduit notamment par l'élaboration d'une carte de vigilance météorologique signalant les phénomènes dangereux, leurs conséquences et les précautions à prendre pour se protéger.

Parmi les principales missions de l'établissement on retrouve :

- Le développement et la maintenance d'un réseau d'observation ainsi que la collecte et le traitement de données climatologiques ;
- La prévision du temps ;
- L'étude du climat et la conservation du patrimoine climatologique ;
- La recherche dans les domaines de la météorologie et du climat.
- Le développement de services météorologiques et climatiques

Météo-France est au service de trois principaux clients :

- Les services de l'Etat et de la Défense ;
- Le secteur aéronautique comprenant le service de la navigation aérienne, les compagnies et les aéroports ;
- Les professionnels de divers secteurs économiques (énergie, collectivités territoriales, BTP, sport, assurance etc...).

Une des forces de l'établissement est de couvrir tous les champs de l'opérationnel à la recherche, à toutes les échelles de temps et d'espace. La fertilisation croisée entre les travaux des ingénieurs et des chercheurs constitue un atout majeur.

Service de référence au plan international, Météo-France joue un rôle significatif au sein des principaux organismes de coopération météorologique : l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le Centre Européen pour les prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMET), l'opérateur des satellites météorologiques européens EUMETSAT et EUMETNET.

Pour assurer ses diverses responsabilités, Météo-France s'est organisé autour de directions centrales, porteuses des principales missions et thématiques de l'établissement et d'un réseau territorial à même de décliner les grandes orientations et d'assurer la prise en compte de la dimension locale.

Parmi les directions centrales, on compte notamment :

- La Direction Générale (DG) qui comprend notamment le Secrétariat Général (SG), la Direction des Services Régionaux (DSR) et la Direction des Missions Institutionnelles et des Affaires Internationales (D2I) ;
- La Direction de la Stratégie (DS) a pour responsabilité la définition, la mise en œuvre et la coordination du Contrat d'Objectifs et de Performances ([COP](#)) pluriannuel passé entre Météo-France et son ministère de tutelle ;
- La Direction de la Communication (DIRCOM) en charge de la communication interne et externe de l'établissement ;
- La Direction de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (DESR) qui comprend le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) et l'Ecole Nationale de la Météorologie (ENM) ;
- La Direction des Opérations pour la Prévision (DIROP), chargée d'assurer le transfert des avancées de la recherche et de l'observation vers les opérations de prévision et la production de données/informations météorologiques issues notamment de post-traitements des modèles de Prévision Numérique du Temps (PNT). Cette direction est notamment responsable du Centre National de Prévision (CNP) qui coordonne les différents services de prévision régionaux ;

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 3
------	--------------------	-------------------	--------

- La Direction des Services Météorologiques (DSM) a pour mission de proposer, conduire et mettre en œuvre la politique de Météo-France en matière de produits et services météorologiques à destination de tous les clients de Météo-France, dans les domaines : institutionnel, commercial et aéronautique ;
- La Direction de la Climatologie et des Services Climatiques (DCSC) est responsable de la conservation pérenne, de l'enrichissement et de l'analyse du patrimoine climatologique et de la caractérisation du climat passé, présent et futur ;
- La Direction Centrale des Activités Commerciales (D2C) a pour responsabilité de conduire les activités de Météo-France en dehors du champ de ses missions régaliennes ;
- La Direction des Systèmes d'Observation (DSO), premier maillon de la chaîne d'activité de l'établissement, a pour responsabilité la collecte des informations sur « le temps qu'il fait » ;
- La Direction des Systèmes d'Information (DSI), support informatique de l'établissement, cette direction a notamment la charge du transfert et de la diffusion des données. Cette entité est également responsable du système de calcul intensif et des supercalculateurs.

Enfin, Météo-France est certifié ISO 9001 par *AFNOR Certification* et est également certifié *Ciel Unique Européen (CUE)* en matière de service à la navigation aérienne par la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC).

2. Présentation de la Direction de la Climatologie et des Services Climatiques

La Direction de la Climatologie et des Services Climatiques est une direction centrale à compétence fonctionnelle sur l'ensemble des activités de climatologie et de production de services climatiques.

Elle définit la politique de Météo-France en matière de climatologie et de services climatiques pour la France Métropolitaine et d'Outre-Mer. Elle en assure la mise en œuvre, soit par ses activités propres, soit en assurant la maîtrise d'ouvrage lorsque les services sont produits par d'autres directions ou services de l'établissement.

La DCSC est responsable de la conservation pérenne, de l'enrichissement et de l'analyse du patrimoine climatologique français.

Elle est en charge de la caractérisation du climat passé, présent et futur (dynamique, variabilité, changement anthropique) incluant l'hydrologie de surface, pour aborder de manière cohérente la globalité du système climatique terrestre.

La DCSC assure également la conception du développement et la mise en œuvre des outils et produits utiles à l'étude du climat, à l'élaboration et la mise à disposition de services climatiques.

La DCSC se situe à l'interface entre recherche et opérationnel et accorde une grande importance à la valorisation des produits issus de la recherche sur le climat (réanalyses, prévisions saisonnières, projections...), notamment pour les services climatiques, dans la volonté d'enrichir en permanence les données, produits, méthodes et outils de la climatologie opérationnelle.

La DCSC est maître d'ouvrage et responsable du présent marché public.

3. Objet du marché

Le contexte du changement climatique rend nécessaire l'adaptation de notre société aux nouvelles conditions climatiques. On assiste ainsi à une demande croissante pour des Services Climatiques, dont l'objectif est de mettre à disposition des informations et des prestations permettant d'évaluer et de qualifier le climat passé, présent ou futur, d'apprécier les impacts des changements climatiques sur l'activité économique, la société et l'environnement, et de fournir des éléments pour entreprendre des mesures d'atténuation et d'adaptation.

De nombreuses données de qualité sont nécessaires pour le développement des services climatiques, elles portent sur le climat passé et le climat futur, ce peut-être des données à la station (en climat passé notamment) ou bien des données spatialisées sur des grilles de points. Ce mode de production en données spatialisées est

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 4
------	--------------------	-------------------	--------

de plus en plus fréquent, car il présente l'avantage de pouvoir disposer d'information bien répartie géographiquement et d'en déduire une information en n'importe quelle localisation (suivant un algorithme simple, comme le point de grille le plus proche).

Jusqu'à présent la DCSC dispose d'une BDCLIM (Base de Données CLIMatologique) et de l'environnement de gestion associé, permettant de gérer des données à la station. Elle ne dispose pas encore de structure équivalente pour gérer les données spatialisées, qui sont pourtant de plus en plus nombreuses (toutes les données issues des modèles de climat, les projections climatiques, sont de ce type).

La DCSC s'est engagée en 2023 dans le développement d'un nouveau système qui est dénommé par la suite BDCLimatS ; le projet associé a pour ambition de proposer une structure pour stocker ces jeux de données, pour réaliser les post-traitements (calcul d'indicateurs climatiques) et pour faciliter l'accès à l'ensemble des données climatiques. En détail, les 3 objectifs majeurs du projet peuvent être décrits comme suit :

- Rationaliser la gestion des jeux de données relatifs au climat passé et futur (projections climatiques) afin d'en faciliter l'exploitation par les services clients.
- Valoriser les jeux de données en point de grille existants à vocation climatique en :
 - les inventoriant pour les porter à la connaissance des utilisateurs,
 - les stockant de façon fiable, pérenne et évolutive,
 - proposant un accès performant sur une grande profondeur temporelle pour en permettre une utilisation efficace en aval par les outils de production de Météo-France (Climsol, Staccato, Climascopie, Drias et le futur et très attendu portail Drias-Impacts) et les utilisateurs .

Se doter d'une capacité de calcul des indicateurs climatiques qui soit performante, qui permette de répondre aux besoins et qui contribue à élargir l'offre de services climatiques.

Une première version du système BDCLimatS est disponible : elle a été développée en configuration mixte, c'est à dire une équipe de développement de Météo-France renforcée par un recours à la sous-traitance pour certaines parties du système.

L'objet de ce présent marché est d'assurer la maintenance corrective et évolutive de ce système BDCLimatS en permettant son adaptation aux nouveaux types de jeu de données climatiques à intégrer et en assurant sa robustesse, sa performance et son évolutivité.

La réussite de ce marché est indispensable à un autre projet d'envergure de Météo-France : le nouveau portail national des impacts du changement climatique (Drias-Impacts) qui a besoin d'accéder à différents services dispensés par BDCLimatS.

4. Prestation demandée

4.1. Nature de la prestation attendue

Partie forfaitaire :

- Maintenance corrective et évolutive (correction des anomalies et évolutions mineures) du système BDCLimatS
- Accompagnement technique sur demande pour les agents de Météo-France sur les technologies utilisées dans BDCLimatS (outil airflow, outils devops...).

Cette partie est évaluée à 25 personnes.jours annuelles.

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 5
------	--------------------	-------------------	--------

Partie optionnelle sur bons de commandes :

Il est envisagé de demander la réalisation de 5 lots de travaux correspondant à 5 bons de commande. Chaque lot consistera en une prestation de 20 à 40 p.j.

Ces cinq lots peuvent être décrits comme suit :

- Évolutions fonctionnelles et techniques de la gestion des indicateurs
- Développement de l'ingestion par lot de données d'observations du passé (réanalyses)
- Développement de l'ingestion au fil de l'eau de données climatiques
- Accompagnement de Météo-France à l'intégration de la plateforme de calcul dans le système BDClimateS
- Evolution de l'IHM de BDClimateS

Partie optionnelle via des marchés subséquents :

En complément de ce qui est décrit ci-dessus, il est également envisagé de faire réaliser des prestations de développement spécifique complémentaire, afin de répondre à un besoin d'évolution des services climatiques.

Ces besoins d'évolution ne sont pas encore spécifiés et la procédure adoptée serait la suivante :

- pour déclencher le marché subséquent Météo-France fournira au titulaire un cahier des charges.
- le titulaire devra fournir une réponse suite à la réception du cahier des charges
- Météo-France et le titulaire s'accorderont ensuite sur la réalisation de la prestation

La prestation du titulaire devra s'inscrire dans le cadre technique fourni en annexe 3.

La prestation d'ensemble demandée porte donc sur du maintien en Condition Opérationnelle (MCO), de la conception et du développement. Les livrables correspondent à des documents, des livraisons logicielles et de l'expertise.

L'intégration dans le Système d'Information (SI) de Météo-France est assurée par des agents de Météo-France.

Côté Météo-France (DCSC) les interlocuteurs sont :

- DCSC/GDC : cheffe de projet et responsable technique
- DCSC/DAO : Directrice adjointe en charge des opérations, représentante de la MOA
- DCSC/PSL : responsable du département Production finalisée et Services en ligne

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 6
------	--------------------	-------------------	--------

4.2. Présentation détaillée du système BDClimatS

Le système est présenté ci-dessous d'un point de vue fonctionnel. Le partage d'un glossaire est nécessaire à la bonne compréhension de la problématique.

4.2.1. Glossaire

Jeu de données de base : ensemble de simulations (plusieurs variables climatiques, plusieurs méta-modèles, plusieurs scénarios, sur une période passée et une période future) produites sur un même domaine et pour une même méthode de correction.

Il s'agit d'un ensemble de fichiers netcdf (de l'ordre de quelques dizaines).

Les jeux de données de base qu'on ingère actuellement dans le système BDClimatS sont de type « projections climatiques ».

Projection climatique : Simulation de la réponse du système climatique à un scénario futur d'émissions ou de concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols, obtenue généralement à l'aide de modèles numériques.

Méta-modèle : combinaison d'1 GCM et/ou un RCM et/ou un modèle d'impact <=> combinaison (ou pas) de plusieurs modèles à différentes échelles ayant servi à produire une simulation + le numéro de membre du RCM.

GCM : Global Climate Model, ou Modèle Climatique Global qui produit les simulations sur le globe.

RCM : Regional Climate Model, ou Modèle Climatique Régional qui produit les simulations sur une zone restreinte, à partir du GCM correspondant. On parle donc souvent de couple GCM/RCM.

Modèle d'impact : exemple : Les modèles hydrométéorologiques. Ils sont construits afin d'étudier les paramètres hydrologiques de surface (bilan d'eau, bilan d'énergie, flux). Ils peuvent être appelés modèles d'impact car ils sont utilisés pour étudier l'impact du changement climatique sur les ressources en eau.

Scénario : scénario basé sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. De manière générale, on parle de RCP (Representative Concentration Pathway) pour les données futures : le RCP2.6 correspond à des émissions réduites, RCP4.5 à des émissions modérées et le RCP8.5 à des émissions en hausse ; ou de SSP ("Shared Socio Economic Pathways") <=> Trajectoires Socio-économiques communes. Par rapport aux RCP utilisés précédemment, les nouveaux scénarios SSP illustrent différents développements socio économiques en lien avec les différentes trajectoires des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Jeu d'indicateurs : ensemble de déclinaisons d'indicateurs (plusieurs indicateurs, plusieurs fréquences, plusieurs méta-modèles, plusieurs scénarios, sur une période passée et une période future) produites sur un même domaine, pour un même jeu de données de base.

Il s'agit d'un ensemble de fichiers netcdf (plusieurs centaines de milliers ~260 000 pour le projet Socle OM Réunion, par exemple)

Variable climatique : grandeur physique mesurable qui décrit un aspect du climat de la Terre, tels que la température, les précipitations ou le vent, et qui est essentielle pour caractériser et suivre l'évolution du climat.

Indicateur climatique : paramètre élaboré construit à partir de données de base (qui sont le plus souvent des données quotidiennes) qui permet de caractériser l'évolution du climat. Exemple : Tx35D : nombre de jours où la variable climatique Tmax dépasse 35 °C

Ces indicateurs peuvent être calculés sur différents niveaux de calcul :

- en série chronologique (en valeur absolue, en écart, en écart relatif (i.e par rapport à la référence))
- par horizon (en valeur absolue, en écart, en écart relatif (i.e par rapport à la référence))
- par niveau de réchauffement (en valeur absolue, en écart, en écart relatif (i.e par rapport à la référence))
- Tous ces niveaux déclinés en produits d'ensemble multi-modèles

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 7
------	--------------------	-------------------	--------

Série chronologique (ou série temporelle) : période constituée d'une date de début et de fin (JJMMAAAA) sur laquelle on va faire des calculs d'indicateurs pour un pas de temps déterminé (ex : un indicateur sur le pas de temps annuel sur la période 01/01/2006-31/12/2099).

Horizon : période de 30 ans sur laquelle on va réaliser une agrégation temporelle (moyenne, médiane ...) d'un indicateur. On parle d'horizon pour les données du futur et de période de référence pour les données historiques.

Période de référence : période de 30 ans sur la période passée qui sert de référence pour comparer des données calculées avec les données du climat passé.

Écart (en série chronologique) : indicateur déduit d'un indicateur calculé sur une série chronologique pour un pas de temps et qui est égal à la différence entre la valeur de l'indicateur et la valeur de l'indicateur sur la période de référence (ex : écart des TNAV sur la période annuelle = différence entre la valeur du TNAV pour chaque année et la valeur sur la période 1976-2005).

Écart par horizon : indicateur déduit d'un indicateur calculé sur un horizon pour un pas de temps et qui est égal à la différence entre la valeur de l'indicateur et la valeur de l'indicateur sur la période de référence.

Niveau de réchauffement : période de 20 ans correspondant à une valeur de température atteinte dans les projections climatiques. On définit les niveaux de réchauffement globalement GWL (Global Warming Level) ou régionalement, RWL (Régional Warming Level).

Pour chaque méta-modèle et chaque niveau de réchauffement, on associe donc une année pivot (année à partir de laquelle la valeur de température est atteinte) et une période de 20 ans autour de cette année pivot.

Pour les indicateurs, un calcul sur un niveau de réchauffement correspond à une agrégation temporelle (moyenne, médiane, quantile...) de cet indicateur sur cette période de 20 ans.

Produits d'ensemble (ou produits de distribution) : produits statistiques (Q50, Q90, Q10, min, max etc) calculés en prenant un ensemble de simulations d'un jeu de données de base, pour chaque déclinaison d'indicateurs.

Simulation : Ce terme n'apparaît pas explicitement dans le modèle de données, mais on considère qu'un couple (méta-modèle, scénario) est assimilé à une simulation.

4.2.2. Description du système

Spécifications

L'objectif de la mise en place du système BDclimatS est de valoriser les jeux de données climatologiques existants, produits en points de grille, et d'en permettre un accès optimisé pour les nombreuses productions climatologiques réalisées en interne. Le système BDclimatS doit également favoriser le développement de nouveaux services climatiques, destinés à accompagner la société dans le cadre du changement climatique.

Ce système doit par ailleurs proposer le calcul et un stockage optimisé d'indicateurs climatiques associés à chaque type de données spatialisées de façon à en permettre une utilisation en aval efficace.

Au niveau fonctionnel, le système doit être capable, dans un premier temps, d'ingérer des jeux de données de base, ponctuellement, par lot ; puis dans un second temps, d'autres jeux de données de base, régulièrement, de manière automatique, au fil de l'eau.

Une fois dans le système, ces jeux doivent être contrôlés (grâce à un **module de contrôle**). Les métadonnées permettant de décrire ces jeux doivent être renseignées dans un **catalogue**. Une fois contrôlés, ces jeux doivent pouvoir être utilisés par la **plateforme de calculs** pour servir de données d'entrées au calcul d'indicateurs climatiques.

Les jeux de données de base ayant servis au calcul ainsi que les jeux d'indicateurs ainsi produits doivent être stockés dans un **système de stockage**. Les métadonnées décrivant les jeux d'indicateurs produits devront également être renseignées dans le catalogue.

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 8
------	--------------------	-------------------	--------

Les utilisateurs directs de la BDClimatS ainsi que les systèmes clients (comme Drias et bientôt Drias-Impacts) doivent pouvoir accéder aux données elles-mêmes et aux métadonnées associées, soit par le biais d'une API d'accès pour les systèmes clients, soit par le biais d'une IHM de gestion pour des utilisateurs avec des profils spécifiques.

L'IHM de gestion est l'interface par laquelle :

- les caractéristiques des jeux de données de base et des jeux d'indicateurs sont renseignées dans le catalogue,
- les calculs sont lancés,
- le système est géré
- et les données sont extraites pour certains utilisateurs.

La figure 1 suivante explique le fonctionnement du système.

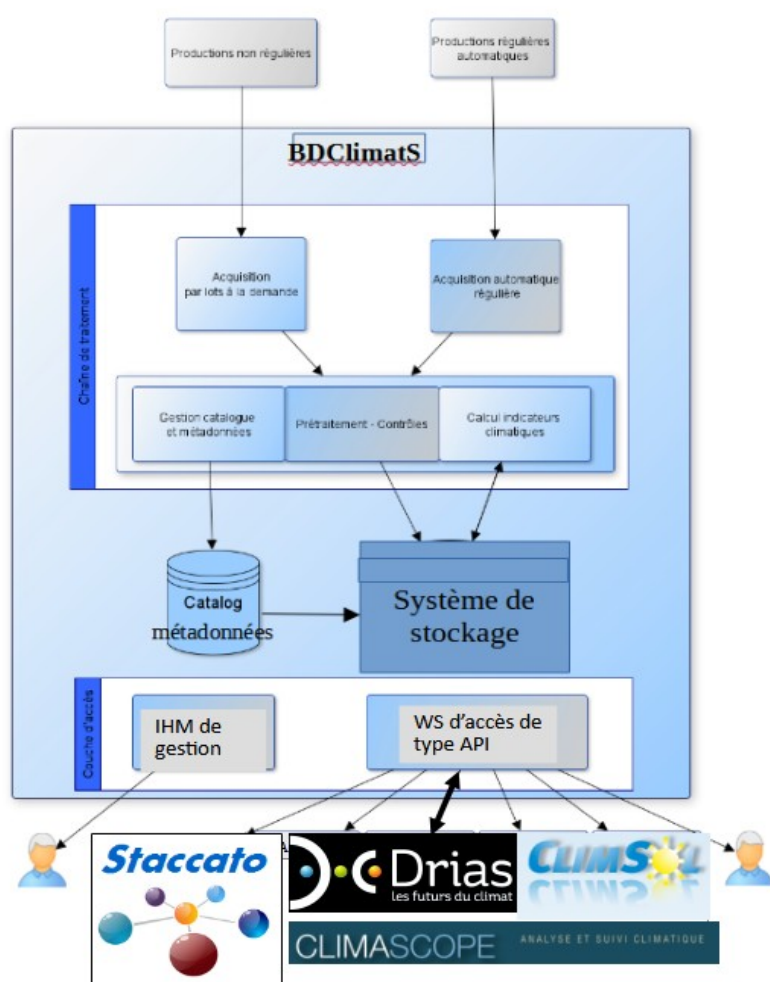


Figure 1: Fonction général du système BDClimatS

Avancement des développements de BDClimatS

Actuellement, au niveau fonctionnel, le système permet d'ingérer des jeux de données de base, ponctuellement, par lot. En attendant le développement du module de contrôle, 3 contrôles permettent de vérifier les données en entrée du système. Les métadonnées permettant de décrire ces jeux de données de base peuvent être renseignées dans le **catalogue** via l'**IHM de gestion**. Ces jeux peuvent être stockés dans le **système de stockage**. La plateforme de calculs n'étant pas encore complètement développée, il n'est pas possible de lancer des calculs d'indicateurs climatiques. Cependant, il est possible de configurer entièrement un jeu d'indicateurs en renseignant les caractéristiques de ce jeu via l'IHM de gestion. Il est également possible, pour un profil particulier, d'extraire des entrées catalogue via un outil d'extraction qui servira de base au développement d'une API d'extraction.

4.3. Synthèse de la partie forfaitaire de MCO

Besoins de MCO dont évolutions à prévoir

- Maintenance corrective et évolutive (correction des anomalies et ajustements ou évolutions mineurs) du système BDClimatS
- Accompagnement technique sur demande pour les agents de Météo-France sur les technologies utilisées dans BDClimatS (outil airflow, outils devops...).

Répartition des rôles entre Météo-France et le prestataire

En début de marché, le prestataire est en charge des développements nécessaires à la MCO de BDClimatS, hors stricte mise en œuvre à Météo-France, et hors plateforme de calcul des indicateurs, développée en interne. Météo-France a désigné un responsable technique de BDClimatS dans l'équipe DCSC/GDC. Cet agent a un besoin régulier d'accompagnement du prestataire sur les technologies utilisées dans BDClimatS, pour prendre en compte les évolutions demandées par la MOA DCSC concernant ces 2 aspects (passage en opérationnel et calcul des indicateurs).

Évaluation de charge

La charge associée est évaluée à 25 p.j par année.

	Type de prestation	Évaluation de la charge
Total	Correction des anomalies et ajustements ou évolutions mineures	25 p.j (par an)
	Accompagnement technique	

4.4. Présentation de la partie optionnelle soumise à bons de commandes

Cinq bons de commande sont prévus sur la durée du marché correspondant chacun à une charge de 20 à 40 p.j de développement ou d'assistance.

4.4.1. Lot 1 : Evolution de la gestion des indicateurs (internes, externes et mixtes)

La gestion des indicateurs climatiques est au cœur du système BDClimatS, et est une composante indispensable pour la réussite des projets aval, notamment Drias-Impacts. Des évolutions notables sont attendues pour que BDClimatS soit en capacité de traiter de façon optimale les différents types d'indicateurs identifiés.

Consolidation de la gestion des indicateurs internes :

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 10
------	--------------------	-------------------	---------

Les premières spécifications données au projet BDClimatS étaient basées sur des jeux de données de projections climatiques spécifiques, dont le format et contenu ont évolué. Les concepts sur la production des indicateurs ont également évolué.

En particulier, l'accent est mis sur les calculs d'indicateurs en niveau de réchauffement (approches de type TRACC), et pour des produits de distribution (ou « ensembles ») dont on veut rendre les spécifications plus flexibles pour s'adapter aux évolutions de concepts à venir (par exemple, en affectant des facteurs de pondération selon les modèles utilisés).

Il s'agira ici de consolider ou faire évoluer le modèle de données et le catalogue selon les spécifications qui seront fournies par Météo-France en début de travaux. Il faudra également accompagner Météo-France dans l'évolution de l'API plateforme de calcul. L'évolution de l'IHM sera traitée sous couvert du Lot 5.

Evolution de l'ingestion des indicateurs avec le traitement d'indicateurs externes et mixtes

Le système BDClimatS dans sa version disponible au début du marché ne traite que des indicateurs internes, c'est-à-dire des indicateurs qui ont été produits via la plateforme de calcul de BDClimatS à partir de données de base ingérées dans le système.

Il est demandé d'ajouter les traitements suivants :

- Ingestion d'indicateurs externes : il faut pouvoir ingérer dans le système un jeu d'indicateurs calculé intégralement en dehors de BDClimatS (sans lien avec un jeu de données de base déjà ingéré dans le système).
- Gestion d'indicateurs mixtes : il s'agit d'ingérer un jeu d'indicateurs en séries chronologiques calculé en dehors du système BDClimatS et de lancer les calculs d'indicateurs qui découlent de ces séries.

La figure 2 précise les attentes liées à la gestion des indicateurs mixtes.

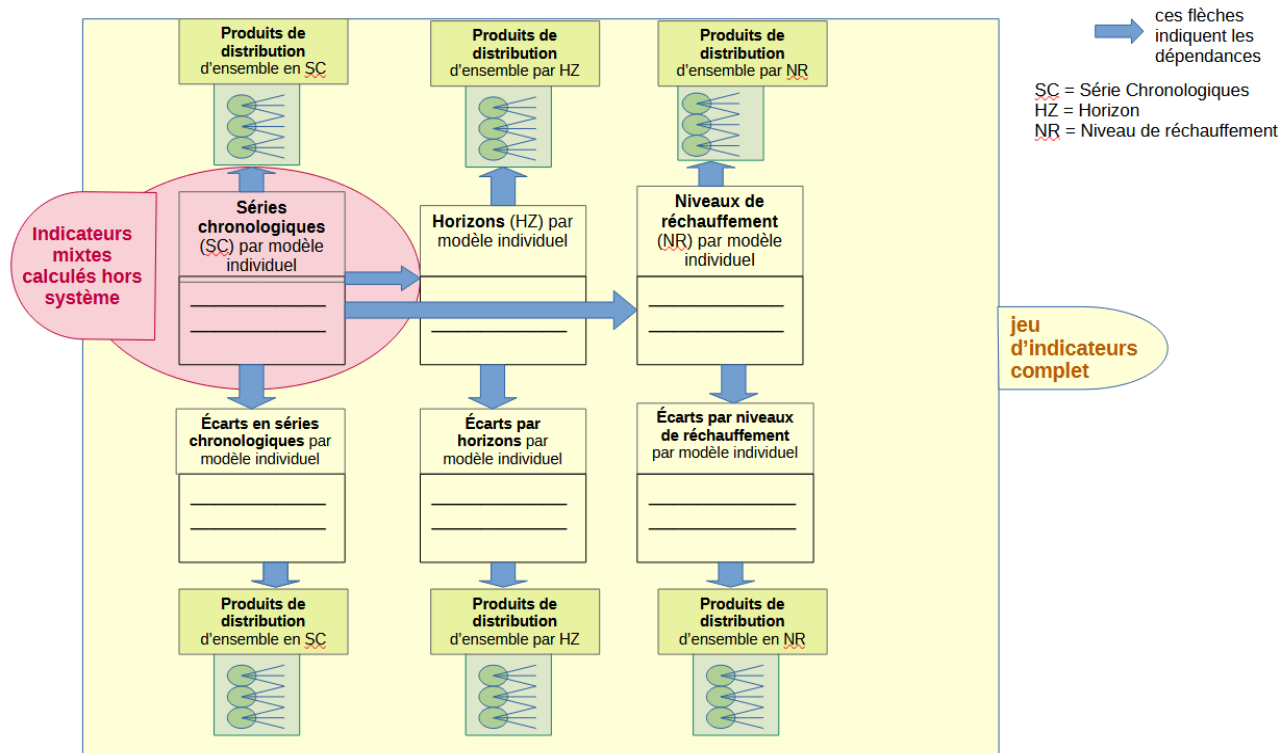


Figure 2: Gestion des indicateurs mixtes

En pratique, cette consolidation du système avec prise en compte des **indicateurs externes et mixtes** nécessite:

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 11
------	--------------------	-------------------	---------

- une évolution (limitée) du modèle de données pour prendre en compte les indicateurs externes et mixtes si nécessaire.
- une évolution du catalogue en conséquence
- une adaptation de l'orchestrateur des tâches d'ingestion pour prendre en compte les indicateurs externes et mixtes
- une évolution de l'IHM de gestion pour prendre en compte les évolutions apportées au modèle de données (traitée sous couvert du lot 5).

Consolidation de l'architecture de la plateforme de calcul :

Le calcul des indicateurs par la plateforme de calcul intégrée à BDCLimatS doit être performante en termes de temps de traitement. Le titulaire accompagnera la DCSC dans l'étude des performances de calcul et dans l'optimisation des temps de traitement en améliorant notamment la parallélisation des tâches.

4.4.2. Lot 2 : Développement de l'ingestion par lot de données d'observations du passé (réanalyses)

Actuellement, le système BDCLimatS est capable d'ingérer uniquement des données de projections climatiques (dont la catégorie de contexte, d'après le modèle de données, est « climat atmo »).

Par définition, il doit pouvoir traiter toute source de données climatologiques spatialisées, et à ce titre, il doit pouvoir prendre en compte la réanalyse ARRA de Météo-France qui sera prochainement disponible. A titre d'information, cette réanalyse de 65 ans sur plus de 150 paramètres atmosphériques et de surface, au pas de temps horaire représente un volume conséquent (supérieur à 250 To). Le volume à insérer dans la BDCLimatS pourra être réduit mais restera significatif. Des réflexions sont en cours et la décision sera communiquée par Météo-France en début de contrat.

Il s'agit ici dans un premier temps de traiter, par lot, l'ingestion d'un ou plusieurs jeux de données de base en climat passé (catégorie de contexte = « climat passé » ou « passé impact »), ce qui implique des spécificités et différences par rapport à l'existant.

Le titulaire devra gérer l'évolution du catalogue sous couvert de ce lot. L'évolution de l'IHM sera gérée dans le lot 5.

NB : la réanalyse ARRA comporte aussi une ingestion au fil de l'eau qui sera gérée dans le lot 3.

4.4.3. Lot 3 : Développement de l'ingestion au fil de l'eau de données climatiques

L'ingestion dite « au fil de l'eau » est une ingestion automatique et régulière (concept différent de l'ingestion par lot, actuellement mis en place dans le système, qui correspond à une ingestion manuelle et ponctuelle) d'un ou plusieurs jeux de données de base. On s'intéresse ici par exemple à des ingestions d'analyses ARRA, dont la catégorie de contexte est « climat passé » ou « passé impact », mais dont des nouvelles données sont disponibles régulièrement. L'alimentation est quotidienne (ou horaire) et inclut des rejeux réguliers pour mettre à jours les données.

Les étapes identifiées pour le titulaire sont les suivantes :

- Consolider le modèle de données sur l'ingestion au fil de l'eau.
- Mettre en œuvre les mécanismes pour gérer ces données au fil de l'eau. Tous les composants du système BDCLimatS sont impactés : IHM (cf Lot 5)/catalogue, plateforme de calcul (dont, en particulier, API de calcul et orchestrateur), stockage.

Le 1er jeu de données de base susceptible d'alimenter la BDCLimatS de cette manière est la réanalyse ARRA + les rejeux SIM2 en points de grille actuellement intégrés dans la BDCLIM.

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 12
------	--------------------	-------------------	---------

4.4.4. Lot 4 : Accompagnement de Météo-France à l'intégration de la plateforme de calcul dans le système BDClimateS

Météo-France a la responsabilité de développer une plateforme de calcul d'indicateurs (basé sur une expertise « métier »), et sollicitera le titulaire du marché à différentes phases du marché pour un accompagnement pour :

- Gérer les interactions entre l'IHM de gestion/catalogue et la plateforme de calcul via l'API de calcul : cela consiste à traduire les requêtes vers l'API en requêtes vers le composant Airflow de la plate-forme. Ensuite, il est envisagé un accompagnement pour spécifier techniquement et optimiser les tâches de calcul du composant Airflow.
- Déployer les composants qui constituent la plate-forme de calcul sous forme de conteneurs sur les serveurs de l'infrastructure.
- Gérer les interactions entre la plateforme de calcul et l'espace de stockage : cela consiste à mieux comprendre comment requêter le catalogue pour accéder aux données nécessaires aux calculs.

4.4.5. Lot 5 : Évolutions de l'IHM

Les évolutions présentées dans les lots 1, 2 et 3 feront l'objet d'adaptations de l'IHM :

- Consolider l'IHM à la fois pour l'ingestion des différents types (i.e «catégories de contexte ») de jeux de données de base (observations passées, climat passé etc) (voir lots 2 et 3) et pour la gestion des différents types d'indicateurs (indicateurs externes, mixtes en particulier) (voir lot 1).
- Ajouter la possibilité de calculer des produits de distribution sur plusieurs jeux de données (voir lot 1)
- Ajouter la possibilité d'ingérer des données au fil de l'eau (voir lot 2)
- Ajouter la possibilité de lancer des calculs d'indicateurs à la volée (ces calculs correspondent au besoin d'un utilisateur de configurer lui-même les calculs qu'ils veut lancer, via le choix du paramétrage de l'indicateur. La finalité étant par exemple de visualiser l'indicateur choisi.

5. Spécifications techniques

Météo-France fournira des spécifications détaillées précisant les exigences pour les lots 1, 2, 3 et 5 si nécessaire.

Le titulaire du marché fournira des propositions techniques avant développement pour ces mêmes lots ;

Gestion de code :

- L'environnement préconisé est GitLab pour la gestion du code, le packaging et le déploiement des composants.
- Le titulaire du contrat travaillera sur un environnement partagé avec Météo France.
- La livraison des composants logiciels doit inclure les procédures d'installation (ansible, docker etc)
- L'intégration continue est préconisée avec Gitlab CI (incluant des tests unitaires).
- Pour évaluer la qualité du code, SonarQube est préconisé (lancé par le CI).

Environnement OS : les serveurs côté Météo-France sont sous Rocky linux 8.

Langage/technologie :

- back-end : les développements seront réalisés en Python en utilisant le framework Django lorsque c'est nécessaire.
- front-end : la technologie recommandée est React js

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 13
------	--------------------	-------------------	---------

5.1. Méthode de développement

Pour les développements soumis à bon de commande ou marché subséquent, nous préconisons un développement en mode agile, avec des livraisons et démonstrations régulières. Le candidat précisera le rythme de livraison (de l'ordre d'un mois à trois mois).

Afin que nous puissions échanger efficacement sur les développements, nous demandons que le développeur principal Lead Developer ou le Tech leader côté prestataire se déplace sur site a minima 2 jours par mois, éventuellement consécutifs.

Nous souhaitons également que le candidat nous explique comment il va organiser le travail, afin de permettre au(x) développeur(s) impliqué(s) (a minima le Lead Developer) d'intervenir à plus de 80% (minimum 50%) de son temps de travail durant les périodes où il(s) développera(ont) pour BDClimateS. Notre objectif est de nous assurer d la pleine implication des ressources du candidat pour notre projet.

5.2. Tests/validation

Le prestataire est responsable des tests unitaires et doit en fournir les résultats à Météo-France. Météo-France pilote les phases de recette plus globales (vérification fonctionnelle notamment) dont le calendrier (incluant les retours et corrections associées) sera défini en concertation entre le prestataire et Météo-France.

Dispositions générales

1. Livrables

Les livrables sont de plusieurs types :

- des documents
- des composants logiciels
- des maquettes/prototypes
- de l'accompagnement sous forme de tutorat
- de la documentation Développeurs et Utilisateurs

Les documents finaux sont livrés dans une version électronique ; cette version comprend les sources des documents avec les différents éléments graphiques de telle sorte que Météo-France puisse réutiliser ce document, le modifier ou l'intégrer dans un autre document.

Les composants logiciels (sources, scripts et pipelines de build/test unitaire et installations) sont livrés dans l'environnement de gestion logicielle du projet (GitLab) ; commun à Météo-france et au prestataire. Cet environnement est défini au début de la prestation.

Ces livraisons donnent lieu à une admission technique de la part de Météo-France.

2. Contraintes et confidentialité

Les informations recueillies dans le cadre de cette mission sont confidentielles.

Les logiciels réalisés doivent prendre en compte le RGPD et en respecter les règles dans les services développés pour Météo-France.

CCTP	Marché n°2538F0277	Météo-France DCSC	Page 14
------	--------------------	-------------------	---------

Organisation – Modalités d'exécution

Le titulaire travaille en étroite collaboration avec les personnes suivantes :

- La cheffe de projet et le responsable technique du département GDC de la Direction de la Climatologie et des Services Climatiques.
- Le.a directeur.rice adjoint.e de la Direction de la Climatologie et des Services Climatiques
- Le responsable de l'équipe DCSC/PSL (Production climatologique et Services en Ligne) pour le lien avec Drias-Impacts

Comme indiqué en 5.1, la prestation sera réalisée partiellement dans les locaux de Météo-France sur le site de Toulouse Météopole- Toulouse – Météopole – 42 avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse cedex. Le cas échéant, un bureau et une ligne téléphonique seront mis à disposition du titulaire qui utilisera le matériel informatique et logiciel mis à disposition par Météo-France.