

Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

Décembre 2020

Une première partie synthétise les principaux résultats du sondage proposé en mars 2020. Une analyse plus détaillée des réponses est proposée dans une seconde partie.

Attentes et besoins

- Résolutions spatiales et temporelles plus fines
- Meilleures précisions
- Protocole et données de validation
- Documenter les produits et informer les utilisateurs

Synthèse des résultats

Le Centre d'Expertise Scientifique Température de surface et Emissivité (CES LST/LSE) a pour objectif de fédérer les laboratoires nationaux travaillant sur l'estimation de la LST (*Land Surface Temperature*) et LSE (*Land Surface Emissivity*) à partir de données disponibles dans l'infrarouge thermique afin d'améliorer la qualité de ces produits et de les proposer à la communauté. Dans ce cadre, un sondage a été diffusé début 2020 afin de mieux cerner les besoins des communautés utilisatrices, les difficultés rencontrées et préciser les améliorations à apporter pour fournir des produits adaptés et de meilleure qualité.

41 personnes ayant des niveaux de connaissance en données infrarouge thermique (IRT) variables et issus de secteurs professionnels différents ont répondu à ce sondage. Le secteur le plus représenté est celui de la recherche académique (60%) et le domaine d'application prépondérant est le milieu urbain (47%), résultant peut-être d'un biais lié au réseau de diffusion du sondage. Cependant, le panel d'utilisations évoquées par les participants est très large. Il couvre aussi bien des activités de recherche très amont comme l'amélioration des estimations et le développement de chaînes de traitements que des applications plus avales voire commerciales. Les réponses montrent la grande diversité d'applications et confirment l'intérêt et le besoin en données et produits IRT dans tous les secteurs.

Près de 80% des sondés utilisent déjà des données IRT. Principalement des données satellites téléchargées en ligne, et dans une moindre mesure des données aéroportées et sol. Les données drones, quant à elles, sont encore peu courantes. En outre, il est fréquent qu'une personne utilise plusieurs types de données. Même si la

Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

luminance non corrigée pour les effets de l'atmosphère (TOA) et la LST sont les plus populaires, les autres niveaux de traitements sont également utilisés de manière significative. 70 % des utilisateurs ont indiqué réaliser des traitements à posteriori sur les données. Les principales limitations rencontrées lors de l'utilisation de produits IRT sont les résolutions spatiales et temporelles insuffisantes ainsi que le manque de précision, d'information et de validation concernant les estimations. Ces limitations sont également évoquées par les futurs utilisateurs, auxquelles s'ajoutent les difficultés d'accès et d'utilisation.

Les réponses recueillies ont permis de mieux cerner les attentes des utilisateurs et d'exprimer des besoins précis concernant les futurs produits IRT. Bien que la LST soit le paramètre le plus recherché, la demande pour des cartes de LSE, des méthodes et chaînes de traitements, des protocoles de validation et un jeu de référence est également significative. Les préférences exprimées concernant les spécificités des produits LST/LSE sont une résolution spatiale inférieure à 50 m et une résolution temporelle hebdomadaire, journalière voire horaire avec une couverture locale ou régionale. Il faut cependant préciser qu'il est très peu probable qu'il soit possible d'obtenir des cartes de LST à une échelle métrique au pas de temps horaire à partir de données satellites dans un futur proche. Le nombre important d'applications sur le milieu urbain explique les demandes en résolution spatiales fines mais pas seulement, d'autres domaines d'applications sont également intéressés (agriculture et forêt notamment). Concernant la précision des futurs produits, la moitié des sondés se sont exprimés pour la LST souhaitant majoritairement une précision d'un 1 K. Il a également été mentionné l'importance de l'erreur relative pour ce paramètre, qui devrait être dans l'idéal autour de 0.1 K. Pour la LSE, seul 20 % ont répondu indiquant une précision entre 0.5 et 1 %. Globalement, ces résultats soulignent l'écart important entre les attentes et les produits IRT disponibles. Les caractéristiques des capteurs actuels (fournis en annexe) ne correspondent pas à ces attentes. Les futures missions satellites IRT comme TRISHNA, LSTM ou Hypiri, pourront potentiellement y répondre, impliquant la préparation des futurs produits et le développement de techniques de désagrégation et fusion de données pour atteindre les précisions et résolutions attendues.

Un point important mis en avant par les réponses est le manque de connaissance des utilisateurs concernant les données, les méthodes d'estimation de la LST/LSE et donc les biais associés. 36 % des sondés estiment ne pas connaître suffisamment les données et produits IRT et considèrent cela comme une importante limitation à leur utilisation. Une personne travaillant pour une collectivité a souligné le bénéfice apporté par les données thermiques pour l'application « confort thermique en ville et dans les espaces périurbains » mais également l'accessibilité limitée et l'impossibilité de réaliser les traitements nécessaires. Cette observation renforce l'intention du CES de proposer des activités de sensibilisation et d'information sur les données thermiques. Il est également encourageant de constater que la plupart des personnes possédant des jeux de données IRT, issus de campagnes d'acquisition intensives, ou ayant développé des outils de traitement sont favorables à partager ces données. Le CES LST/LSE a donc entrepris de recenser ces données et outils pour ensuite faciliter leur dissémination.

En conclusion, il y a une forte demande pour les produits LST et, dans une moindre mesure LSE, à des résolutions spatiales et temporelles fines pour des applications très variées dans différents secteurs (détaillés ci-après). Pour y répondre, il est essentiel de développer les techniques d'estimation et de désagrégation des données IRT, en particulier en vue des futures missions IRT. Il est aussi primordial de travailler sur la précision des estimations, d'évaluer et de documenter clairement les produits fournis. Cela se traduit par un travail approfondi sur l'amélioration des méthodes d'estimation, en particulier en milieu hétérogène, et surtout sur des protocoles et des données pour réaliser des validations fiables. Dans ce cadre, les acquisitions par drones et le traitement des données associées pourraient être plus exploitées. De plus, il existe déjà plusieurs jeux de données thermiques disponibles sur lesquels s'appuyer et une volonté des utilisateurs à partager et mutualiser les efforts. Un dernier point mis en avant par ce sondage est l'importance d'informer et de sensibiliser les

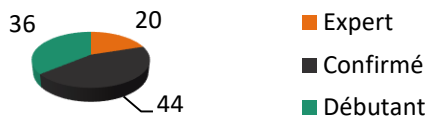
Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

utilisateurs aux spécificités des données IRT afin d'en faciliter la compréhension et l'utilisation. Toutes ces observations rentrent pleinement dans le rôle du CES exprimé lors de sa création qui comprend quatre axes : Produits Améliorations Sensibilisation Fédération.

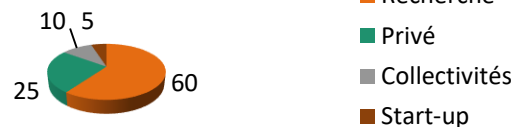
Résultats détaillés

A/ Profil des personnes ayant répondu au sondage

Niveau de connaissance



Secteur professionnel

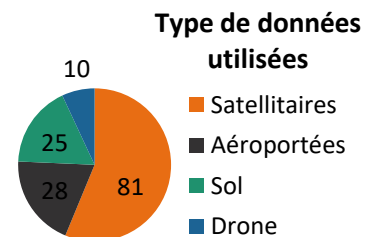


- ⇒ La majorité des personnes ayant répondu connaissent les données infrarouge thermique (IRT) mais un pourcentage non négligeable, à savoir 36 %, considère ne pas les connaître assez.
- ⇒ Le secteur le plus représenté est le secteur de la recherche académique. Néanmoins, 30 % des réponses proviennent du secteur privé et 10 % du secteur public non recherche.
- ⇒ La majorité des personnes ayant répondu et exprimées leurs attentes vis-à-vis des données IRT sont déjà utilisatrices de ce type de données à 78 %.

B/ Connaissances et utilisations des données infrarouge thermique (IRT)

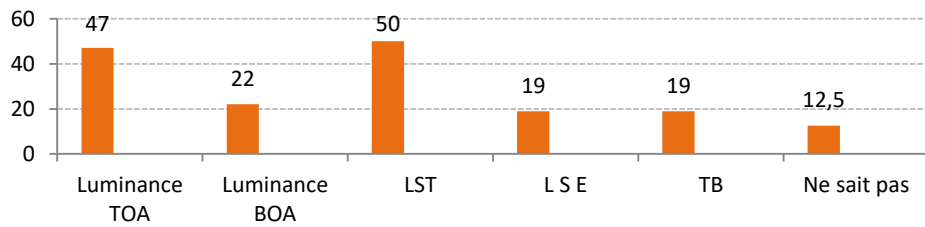
Cette partie contient uniquement les réponses des 78 % de sondés ayant déjà utilisé des données IRT.

- ⇒ Type de données : Les données satellitaires sont les plus utilisées contrairement aux mesures drone qui sont encore peu employées. En outre, plus de 50 % des utilisateurs de données aéroportées utilisent également des données satellitaires et 75 % des utilisateurs de données sol utilisent également des données aéroportées et/ou satellitaires. Les capteurs satellitaires les plus utilisés sont LANDSAT et MODIS. ASTER, Sentinel-3 et ECOSTRESS sont mentionnés de manière moins prépondérante.



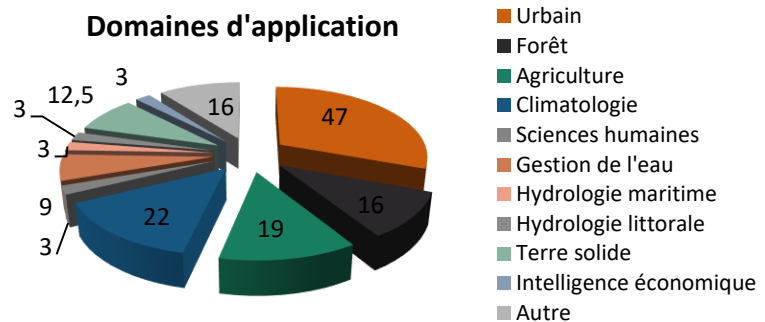
- ⇒ Accès aux données : Les données satellitaires sont le plus souvent téléchargées en ligne. Pour les autres types de données, plus de 50 % des utilisateurs ont commandité des acquisitions ou participé à une campagne de terrain. Pour les autres, les données leur ont été fournies directement.

Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité



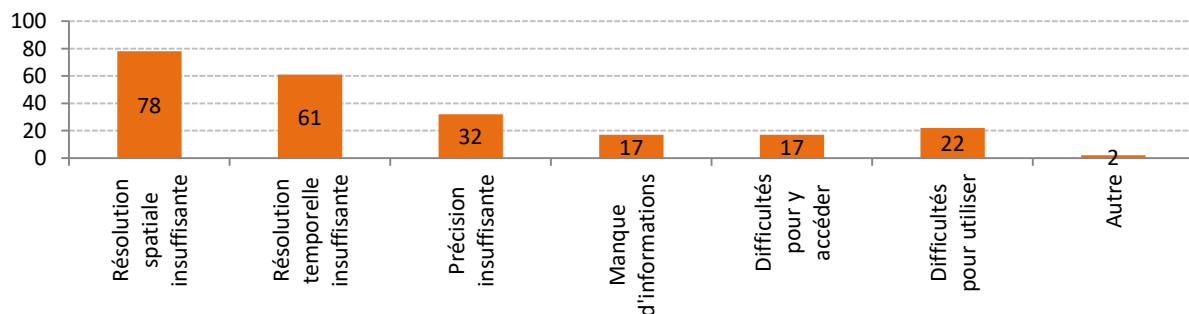
- ⇒ Niveau de traitement des données utilisées : les données les plus utilisées sont les données en luminance sans correction atmosphérique (TOA) et les produits en température de surface (LST). Bien que moindre, il y a également une utilisation non négligeable de données en luminance BOA et de produits L2 tels que l'émissivité (LSE) ou la température de brillance (TB). Plus de 70 % des utilisateurs réalisent des traitements a posteriori sur ces données. Pour cela, python est utilisé dans plus de 50 % des cas, mais ENVI et QGIS sont souvent mentionnés.
- ⇒ Méthodes d'estimation de la LST : 56 % des utilisateurs indiquent connaître des méthodes pour estimer la LSE et LST à partir de données IRT, parmi lesquels on retrouve majoritairement le Split-Window (2 bandes), le TES (3 bandes minimum) et le Single-Channel (1 bande). Il est intéressant de constater que près de la moitié ne connaît pas ces méthodes et donc les incertitudes liées.

- ⇒ Domaines d'application : Bien qu'on note une forte présence d'applications en milieu urbain, de nombreuses autres applications ont été citées, montrant l'intérêt des données IRT dans divers domaines et pouvant impliquer des besoins et attentes variées.



C/ Besoins et attentes vis à vis des données IRT et des produits du CES

Cette partie se concentre sur les attentes exprimées par l'ensemble des personnes ayant répondu au sondage qu'elles soient déjà utilisatrices ou non de données IRT.

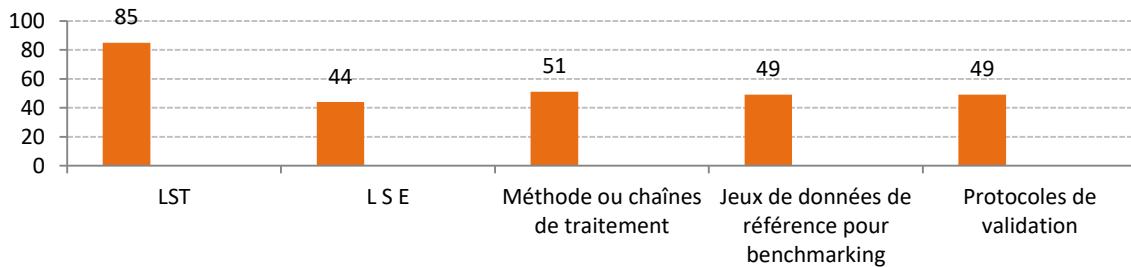


- ⇒ **Limitations à l'utilisation de produits IRT actuels** : Qu'elles aient été rencontrées lors de l'utilisation des données ou pressenties en vue d'une utilisation future, les limitations identifiées sont les mêmes. Le

Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

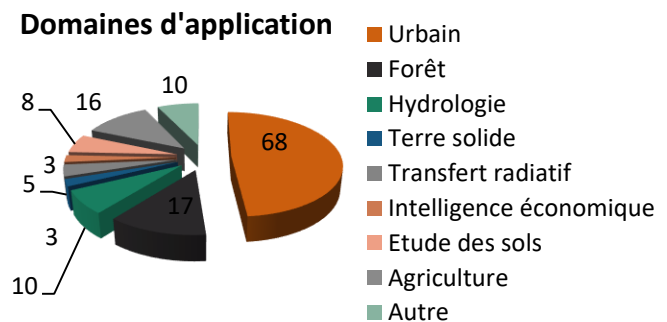
principal frein à l'utilisation de produits IRT actuellement disponibles sont les résolutions spatiales (78 %) et temporelles (61 %) insuffisantes pour la majorité des applications visées. Le manque de précision des données est également une limitation importante dans 32 % des cas. Le manque d'information, les difficultés pour accéder aux données et les utiliser représente en moyenne 20% des réponses. Le manque d'information est essentiellement mentionné par les futurs utilisateurs.

Plus spécifiquement, les personnes ayant déjà utilisé des données IRT ont également mis en avant les limitations liées à la précision des données dans 31% des cas et en particulier le manque d'évaluation des produits, les niveaux d'incertitude pouvant être élevés notamment en milieu urbain et les traitements/corrections mal documentées. Le manque de validation des produits LST/LSE a également été spécifiquement mentionné. Plusieurs remarques ont été faites sur le manque d'accès aux données, qu'elles servent à exploiter ou à valider, ou encore la disponibilité de données exogènes (spectres de réflectance associés par exemple). Il est intéressant de souligner que près de 20 % des utilisateurs de données IRT pensent ne pas avoir les connaissances requises pour exploiter ces données plus profondément.



⇒ **Produits attendus de la part du CES :** dans la liste des produits que le CES pourrait fournir, plus de 85 % souhaiterait des cartes de LST, et environ 50 % des cartes de LSE, des méthodes et des chaînes de traitements pour produire LST/LSE, des protocoles de validation des données et un jeu de référence pour faire du benchmarking. La LST est bien le paramètre le plus recherché, mais la demande concernant les autres produits est également significative.

⇒ **Domaines d'application envisagés :** le panel d'utilisations mentionnées dans les réponses est très large, il couvre aussi bien des activités de recherche amont comme l'amélioration des estimations et le développement de chaînes de traitements que des applications avales et commerciales. Les applications couvrent de nombreux domaines qui rejoignent ceux présentés dans la section B avec quelques ajouts (détail par domaine dans l'encadré ci-après).



Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

Urbain : Etudes du climat urbain sur des aspects liés au suivi d'îlot de chaleur, au confort thermique, à l'impact de l'aménagement urbain ainsi que des études sur la thermique du bâtiment en lien avec la déperdition énergétique. Une utilisation commerciale pour le service aux collectivités urbaines a également été mentionnée ainsi que l'étude de décharges.

Forêt : Etudes sur l'estimation de la température de la canopée, de l'évapotranspiration, le suivi de feux ou la détection de maladies.

Hydrologie : Regroupe le domaine maritime, littoral et continental avec des utilisations visant à estimer la température de l'eau ou encore l'étude de la cryosphère.

Terre solide : Utilisations en géothermie et volcanologie.

Transfert radiatif : Etudes de l'anisotropie de la mesure et de la propagation atmosphérique.

Intelligence économique : Développement de produits d'assurance et diverses utilisations commerciales.

Etude des sols : Applications pour la cartographie des sols, l'estimation de l'humidité du sol et l'étude du processus de désertification.

Agriculture : Utilisations liées à l'estimation de l'évapotranspiration, la viticulture, la détection de maladies, le suivi du stress hydrique et de l'irrigation.

Autre : utilisations pour le développement de chaîne de traitement, départ et suivi de feux.

- ⇒ **Résolutions souhaitées pour les futurs produits** : les réponses montrent que dans l'idéal il faudrait un produit hebdomadaire (40 %), journalier (40 %) voir horaire (60 %) à une résolution spatiale inférieure à 20m (65 %) ou 50m (63 %). Les résolutions spatiales inférieures à 20m intéressent essentiellement les personnes travaillant sur le milieu urbain mais pas uniquement, on retrouve cette demande pour d'autres domaines comme par exemple l'agriculture, la forêt, l'étude des sols... D'autre part, plus de 60 % des personnes souhaitant des données inférieures à 20m sont aussi intéressées par des données entre 20 et 50m de résolution, voir entre 50m et 100m.
- ⇒ **Précision des futurs produits** : seulement 56 % des sondés ont répondu concernant la précision attendue pour la LST et 20 % pour la LSE. Majoritairement une précision d'un 1 K et entre 0.5 et 1 % sont souhaitées pour la LST et la LSE respectivement. Plusieurs personnes ont été fait remonter que l'erreur relative était aussi importante et la situent dans l'idéal autour de 0.1 K.
- ⇒ **Couverture des futurs produits** : Plus de 50 % souhaitent des produits locaux ou régionaux.
- ⇒ **Synthèses temporelles** : 25 % des sondés uniquement semblent intéressés et près de la moitié n'est pas sûre d'en avoir besoin. Cela montre soit une méconnaissance sur ce type de produit, soit une inutilité pour les applications considérées.
- ⇒ **Mise à disposition des produits** : Idéalement 50 % des participants souhaiteraient que les produits soient disponibles sous 24h, voire 12h pour 25 % des sondés.

Recensement des besoins utilisateurs en mesure de la température et de l'émissivité

Les réponses concernant les caractéristiques souhaitées pour les futurs produits IRT sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Résolution spatiale	<20 m	>20 et <50 m	>50 et <100 m	>100 m et <1 km	> 1 km
	65%	63%	25%	10%	0%
Résolution temporelle	horaire	journalière	hebdomadaire	mensuelle	annuelle
	60%	40%	40%	10%	10%
Précision sur la LST	>0.1 et <0.5 K	1 K	2K	>1 et <5 K	3 K
	17%	56%	22%	4%	4%
Précision sur la LSE	0.5%	1%	0-2%	2-3%	5-10%
	25%	25%	12.5%	12.5%	25%
Couverture	locale	régionale	nationale	continentale	globale
	61%	49%	8%	7%	6%

- ⇒ 95 % des sondés sont intéressés par des informations sur l'utilisation des données IRT et des produits dérivés ce qui renforce le CES dans son intention de développer une mission de sensibilisation sur les données thermiques.
- ⇒ Quel que soit le secteur d'activité, les demandes sont similaires : niveau de précision connue, aide à la validation, paramètre LST privilégié, résolution temporelle et résolution spatiale fines. La proportion de recherche majoritaire par rapport au reste empêche de faire une étude statistique plus poussée sur les attentes de ces autres secteurs.

D/ Recensement de l'existant :

- ⇒ 66 % des personnes sondées possèdent des jeux de données IRT avec en proportions équivalentes des données aéroportées, drone et sol. 85 % d'entre elles seraient prêtes à contribuer à une base de données ouverte regroupant les données IRT disponibles sur le territoire français.
- ⇒ 39 % ont accès à des données acquises par un réseau de mesure de température de l'air dont 63 % pourraient contribuer à une base de données ouverte regroupant les données de température de l'air disponibles.
- ⇒ 27 % ont développé des outils ou des méthodes pour traiter les données IRT dont 91% sont favorables à l'idée de les partager dans le cadre du CES (sous conditions à définir).
- ⇒ Seulement 25 % des sondés possèdent des instruments de mesures IRT, parmi lesquels sont mentionnés des camera IRT et des radiomètres non imageurs à différentes résolutions spectrales.

Annexes

Caractéristiques des capteurs satellitaires les plus mentionnés

Capteur satellitaire	LANDSAT 8	MODIS	ASTER	Sentinel-3	ECOSTRESS
Résolution temporelle	16 jours	2/jour	16 jours	1 jour	Aucune (sur l'ISS)
Résolution spatiale	30m (rééchantillonné)	1km	90m	1km	70m
Nombre de bandes IRT	2 (1 exploitable)	8	5	2	3 à 5