

Note de synthèse sur la faisabilité d'intégration des produits VIIRS dans la chaine Sécheresse

Projet EO4DM - Fonds Pacifique

1 Contexte et Objectifs

Les produits MODIS (LST, REFLECTANCES) interviennent dans la chaine GLOBALE afin de produire les indices composites historiques LST et NDWI (synthèse 10j et mois, 500m, 2000 - ce jour) servant ensuite au calcul de l'indicateur sécheresse global VHI. Ces produits sont collectés et prétraités via Google Earth Engine (GEE), évitant ainsi la gestion en local des produits bruts et permettant une meilleure généricité de la chaine (adaptation à différents territoires).

Le décommissionnement des satellites Aqua et Terra embarquant MODIS a commencé en janvier 2020 (Terra) avec une perte progressive d'altitude. Un changement d'orbite a eu lieu en octobre 2022 entraînant une perte plus importante de l'altitude. Le décommissionnement final de Terra est prévu [fin 2025/début 2026](#) (plus tard pour Aqua mais peu d'informations à ce sujet).

Ces changements auront pour conséquences de modifier l'heure d'acquisitions des produits MODIS, affectant l'ensoleillement (réflectances, ombres), les températures de surfaces, la couverture spatiale et la résolution spatiale des produits.

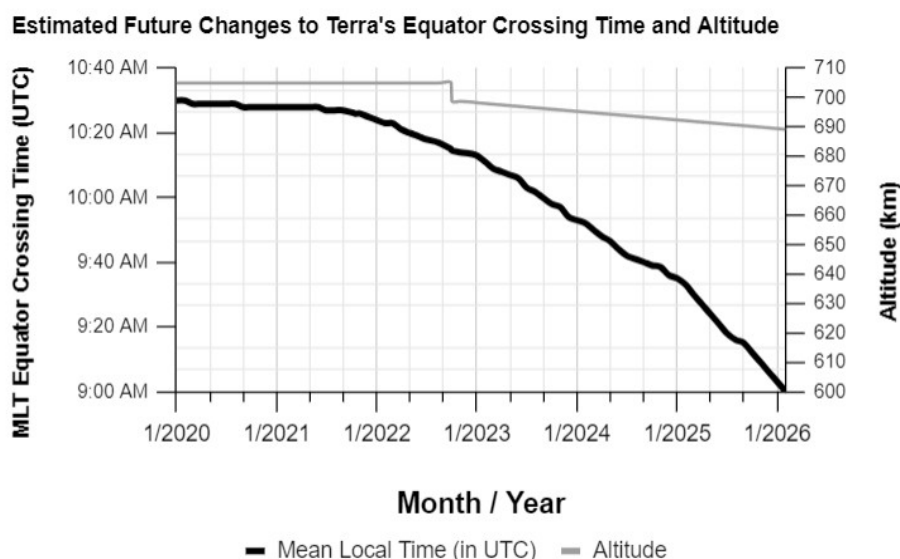


Figure : Evolutions de l'heure d'acquisition et de l'altitude durant le décommissionnement de Terra (

La solution a priori la plus adaptée pour assurer la continuité de MODIS serait d'intégrer les produits issus du capteur VIIRS (satellites Suomi NPP et NOAA-20) du fait des caractéristiques comparables des deux capteurs (bandes/résolutions/répétitivités journalières) et leur disponibilité sur GEE :

Tableau 1 : Caractéristiques VIIRS/MODIS

SATELLITES (CAPTEURS)	Passage JOUR	Passage NUIT	Résolution REFLECTANCES	Résolution LST	PERIODE
Aqua (MODIS)	13:30	01:30	500 m	1 km	2000 - ce jour (?)
Terra (MODIS)	10:30	22:30	500 m	1 km	2002 - 2026
SNPP (VIIRS)	13:30	01:30	375 m	750 m	2012 - ce jour
NOAA-20 (VIIRS)	12:40	00:40	375 m	750 m	2018 - ce jour

Les objectifs de cette étude sont de :

- Démontrer la faisabilité de collecte et prétraitements via GEE des produits VIIRS (LST, REFLECTANCES) pour la production continue d'indices composites LST/NDWI sur la Nouvelle-Calédonie.
- Evaluer les similarités des produits VIIRS/MODIS sur la NC, et quelques dates identifiées.
- Préconiser la démarche d'intégration des produits VIIRS dans la chaîne Sécheresse pour une production optimale du VHI

2 Produits

Les produits MODIS GEE utilisés dans la chaîne Sécheresse ("*MODIS chaîne*") et les produits VIIRS disponibles sur GEE ("*VIIRS à tester*") sont présentés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit de produits journaliers corrigés des effets atmosphériques (L2). Pour VIIRS, seuls les produits issus du satellite SNPP sont disponibles sur GEE. Concernant MODIS, les produits de réflectances utilisés dans la chaîne sont uniquement ceux de Terra (*MOD09GA*) en raison de lignes de données manquantes (strip-lines) présentes sur les réflectances Aqua (ce qui n'est pas le cas pour les produits de températures Aqua).

Tableau 2 : Produits MODIS/VIIRS fournis par GEE

PRODUITS GEE	MODIS chaîne	MODIS à tester	VIIRS à tester
REFLECTANCES	MOD09GA (Terra)	-	VNP09GA (SNPP)
LST	MYD11A1 (Aqua) MOD11A1 (Terra)	MYD21A1D (Aqua)	VNP21A1D (SNPP)

Les produits "*MODIS à tester*" sont des produits de températures non intégrés à ce jour dans la chaîne mais que nous allons également évaluer selon les recommandations faites par [Roman et al. \(2024\)](#). Les produits de températures MODIS *MYD21A1D* sont des produits L2 ayant été prétraités suivant le même

algorithme de correction atmosphérique TES (*Temperature Emissivity Separation*) que les produits VIIRS VNP21A1D, ce afin de permettre une meilleure compatibilité des deux produits :

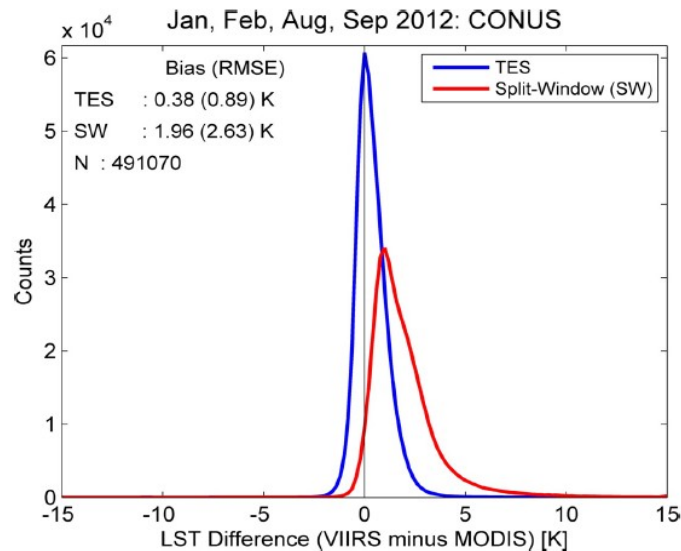
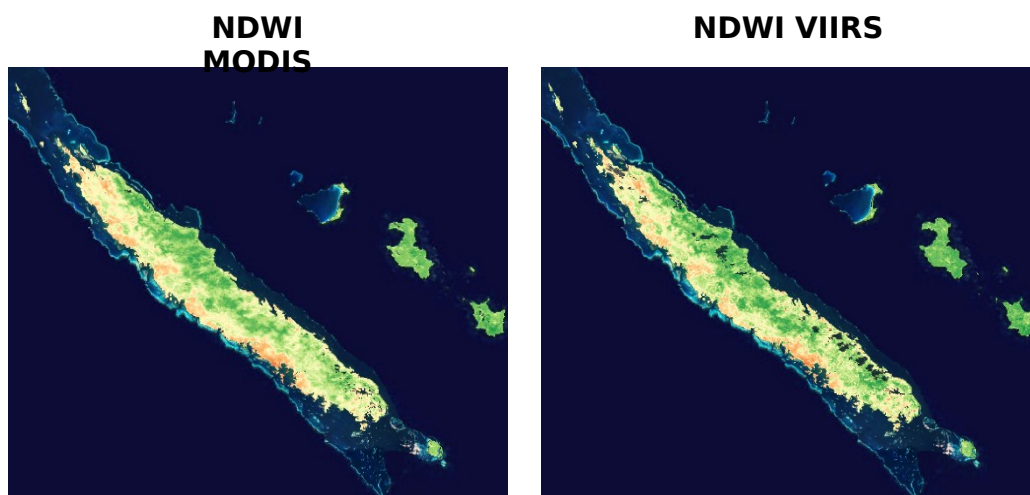


Figure : Histogramme montrant les différences entre les produits VIIRS et MODIS LST pour toutes les observations sur le continent américain pendant les mois de janvier, février, août et septembre 2012 pour deux différents algorithmes : TES et split-window. L'algorithme TES est actuellement utilisé pour produire les produits LST&E de la NASA pour MODIS et VIIRS (MOD21 et VNP21), tandis que l'algorithme split-window est utilisé pour produire le(s) produit(s) MOD11 classique(s) et le produit LST NOAA VIIRS (VLSTO) (traduit de).

Afin d'évaluer la similarité des produits, des synthèses temporelles sur 10j ont été calculées pour les produits VIIRS (NDWI, LST), et pour les produits MODIS de test (LST). Trois décades ont été sélectionnées avant le changement d'orbite de Terra en octobre 2022 (Di = *décade i du mois*) :

- 2019_11_D2 (période de forte sécheresse)
- 2020_07_D1 (saison fraîche)
- 2021_03_D3 (saison chaude et humide)

Une 4^{ème} décade a été sélectionnée après le changement d'orbite : 2023_11_D2 (période sèche).



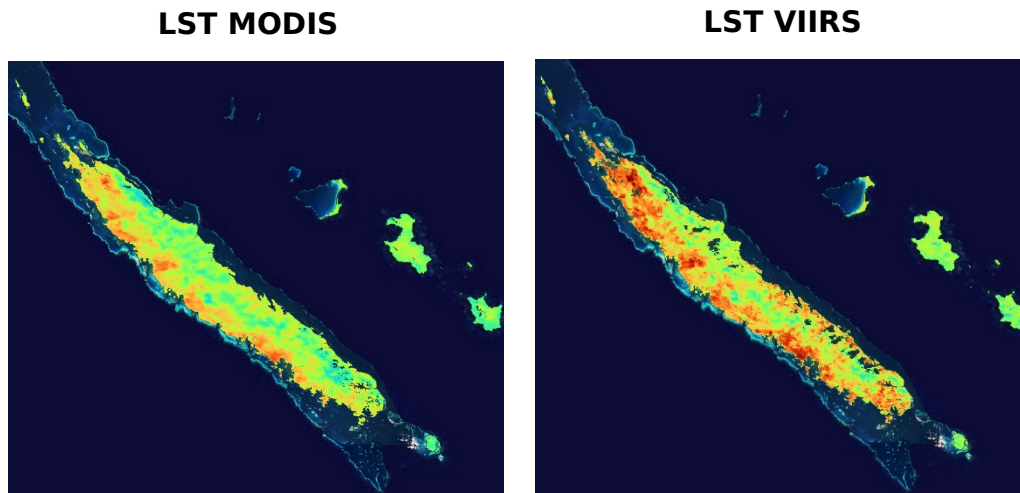


Figure : Températures LST 2019_11_D2

3 Résultats analyse comparative

3.1 Indices NDWI

	MODIS	MOD09GA (Terra)		
	VIIRS	VNP09GA (SNPP)		
NDWI				
Similarities	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	0,0326	0,0331	0,0341	0,03
RMSD	0,0691	0,0681	0,0751	0,0774
MEAN_REL_DIFF (%)	32,31	8,25	27,21	11,2
MODIS_min_max	-0,48 ; 0,54	-0,87 ; 0,76	-0,50 ; 0,58	-0,28 ; 0,63
VIIRS_min_max	-0,35 ; 0,63	-0,33 ; 0,74	-0,32 ; 0,79	-0,37 ; 0,71
Linear regression	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
a	1,01	0,98	1,03	1,03
b	0,03	0,04	0,03	0,02
R2	0,9	0,84	0,77	0,8
p-value	0	0	0	0
Remarques	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs
Similarities AFTER calibration	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	0	0	0	0
RMSD	0,061	0,0595	0,0669	0,0713
MEAN_REL_DIFF (%)	-1,26	-3,64	-3,93	-6,25
MODIS min max	-0,46 ; 0,58	-0,82 ; 0,78	-0,49 ; 0,62	-0,27 ; 0,67

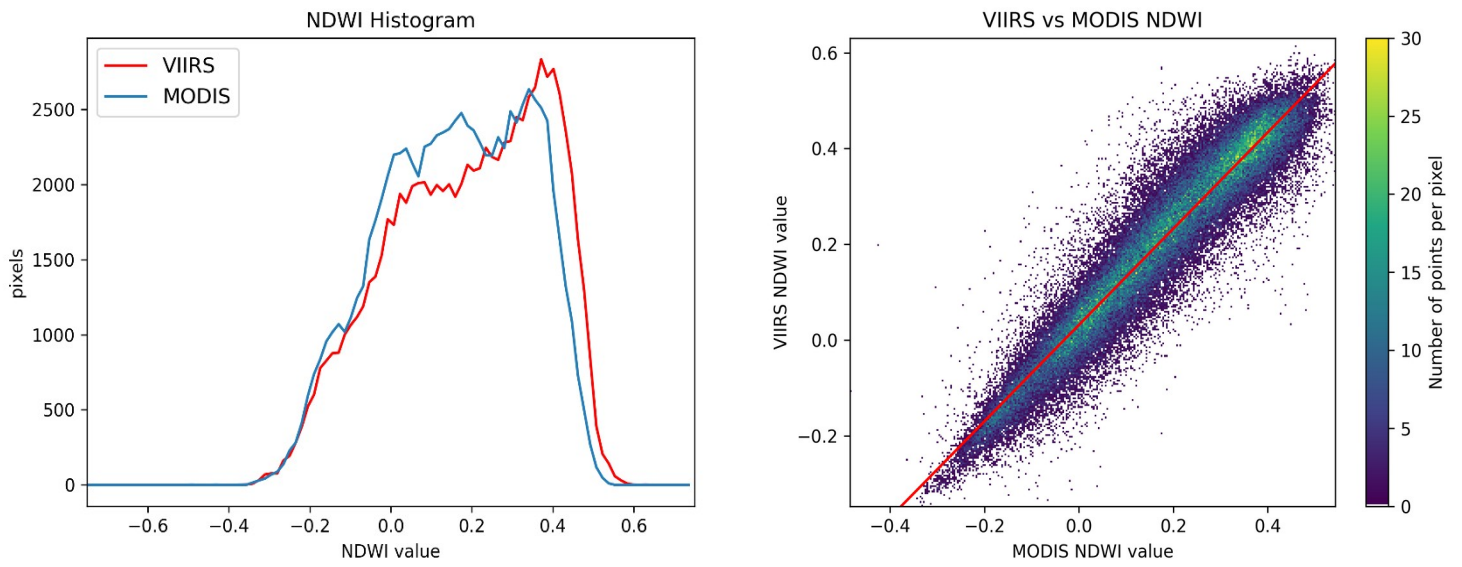


Figure : Comparaison d'histogrammes et modélisation linéaire pour les indices NDWI VIIRS vs NDWI MODIS, le 2019_11_D2 sur la Nouvelle-Calédonie.

3.2 LST

	MODIS	MYD11A1 (Aqua) / MOD11A1 (Terra)		
	VIIRS	VNP21A1D (SNPP)		
LST				
Similarities	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	3,0632	2,3949	4,7459	4,3796
RMSD	3,9971	3,505	5,6137	5,3345
MEAN_REL_DIFF (%)	9,04	9,87	15,1	14,26
MODIS_min_max	19,43 ; 45,26	12,73 ; 27,88	5,83 ; 39,11	15,93 ; 40,25
VIIRS_min_max	16,37 ; 54,35	1,11 ; 37,07	16,45 ; 50,37	10,59 ; 53,32
Linear regression	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
a	1,15	1,15	1,03	1,06
b	-1,6	-0,91	4,03	2,83
R2	0,76	0,5	0,41	0,52
p-value	0	0	0	0
Remarques	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs	Davantage de nan sur viirs
Similarities AFTER calibration	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	0	0	0	0
RMSD	2,5022	2,5372	2,9977	3,0409
MEAN_REL_DIFF (%)	-0,27	-0,61	-0,42	-0,48
MODIS min max	20,75 ; 50,45	13,78 ; 31,26	10,01 ; 44,13	19,65 ; 45,33

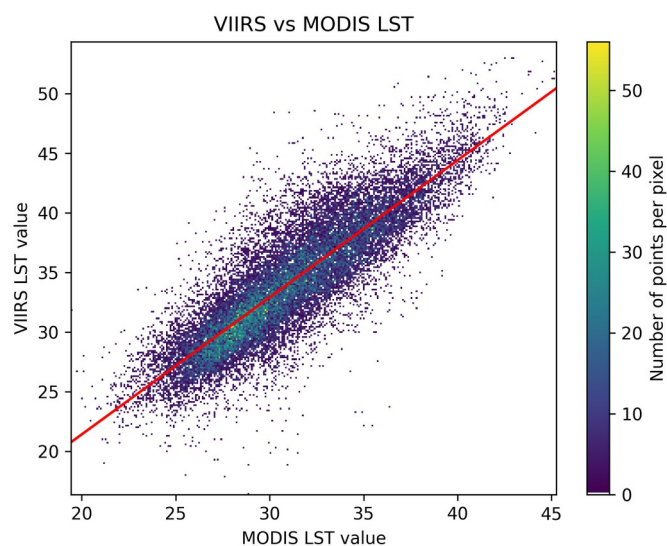
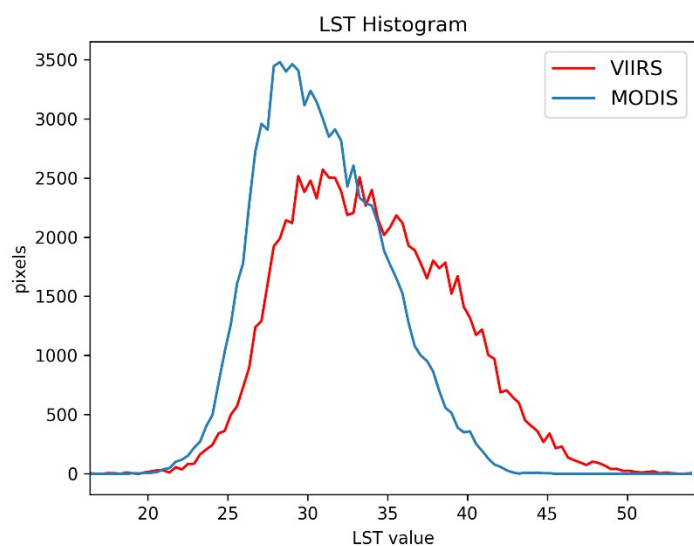


Figure : Comparaison d'histogrammes et modélisation linéaire pour les températures LST VIIRS vs LST MODIS ("chaîne"), le 2019_11_D2 sur la Nouvelle-Calédonie.

3.3 LST v21A1D

	MODIS	MYD21A1D		
	VIIRS	VNP21A1D		
LST v21A1D				
Similarities	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	0,7944	1,0438	-1,2216	0,5981
RMSD	3,0186	3,2369	3,3926	3,6991
MEAN_REL_DIFF (%)	2,14	4,37	-3,72	1,83
MODIS_min_max	6,55 ; 50,61	8,41 ; 45,53	21,73 ; 47,35	3,63 ; 53,27
VIIRS_min_max	17,85 ; 54,35	3,27 ; 37,07	17,53 ; 48,73	8,87 ; 53,32
Linear regression	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
a	0,92	0,6	0,65	0,65
b	3,38	10,32	10,95	11,66
R2	0,66	0,33	0,37	0,4
p-value	0	0	0	0
Remarques	Localisation nan sensiblement diff	Localisation nan sensiblement diff	Localisation nan sensiblement diff	sensiblement diff
Similarities AFTER calibration	2019_11_D2	2020_07_D1	2021_03_D3	2023_11_D2
MEAN_DIFF	0	0	0	0
RMSD	2,8926	2,7824	2,92	3,3467
MEAN_REL_DIFF (%)	-0,34	-0,69	-0,39	-0,56
MODIS min max	9,43 ; 50,12	15,38 ; 37,69	25,01 ; 41,58	14,02 ; 46,29

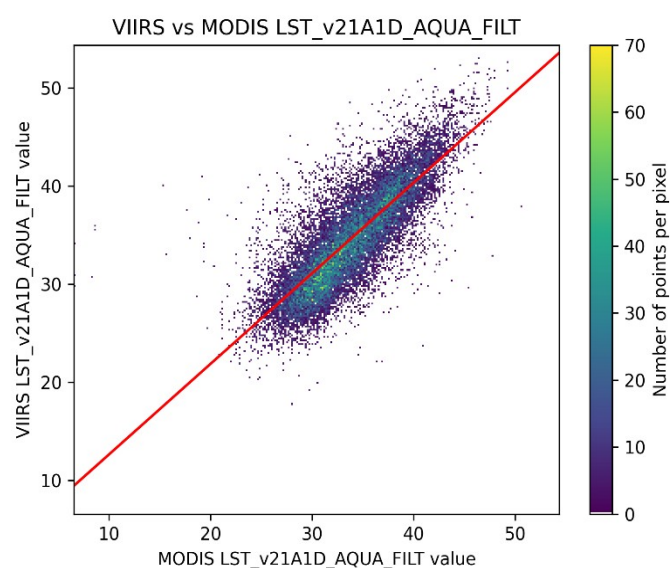
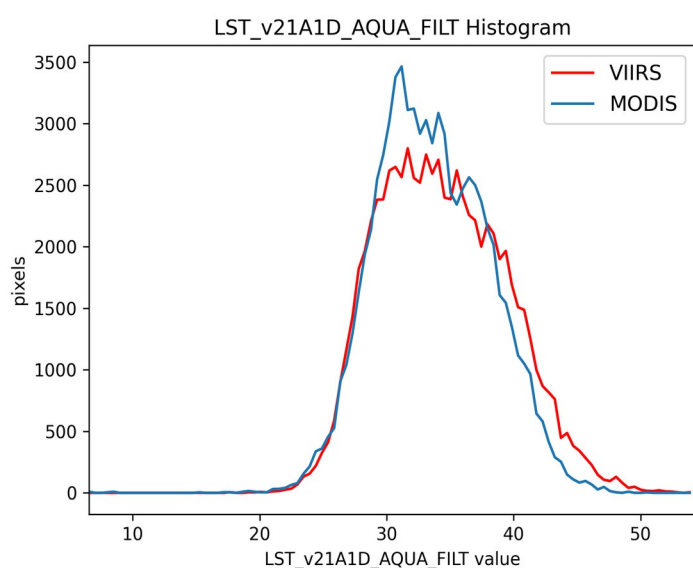


Figure : Comparaison d'histogrammes et modélisation linéaire pour les températures LST VIIRS vs LST MODIS ("à tester"), le 2019_11_D2 sur la Nouvelle-Calédonie.

3.4 Synthèse

SIMILARITIES BEFORE	Mean NDWI	Mean LST	Mean LST v21A1D
MEAN_DIFF_mean	0,0	3,6	0,3
RMSD_mean	0,1	4,6	3,3
MEAN_REL_DIFF_mean (%)	20	12	1
MEAN_DIFF_std	0,00	1,10	1,03
RMSD_std	0,00	1,02	0,29
MEAN_REL_DIFF_std	11,81	3,05	3,44
REGRESSION	Mean NDWI	Mean LST	Mean LST v21A1D
a_mean	1,01	1,10	0,71
b_mean	0,03	1,09	9,08
R2_mean	0,83	0,55	0,44
a_std	0,02	0,06	0,15
b_std	0,01	2,76	3,84
R2_std	0,06	0,15	0,15
SIMILARITIES AFTER	Mean NDWI	Mean LST	Mean LST v21A1D
MEAN_DIFF_mean	0,0	0,0	0,0
RMSD_mean	0,1	2,8	3,0
MEAN_REL_DIFF_mean (%)	-3,8	-0,4	-0,5
MEAN_DIFF_std	0,00	0,00	0,00
RMSD_std	0,01	0,29	0,25
MEAN_REL_DIFF_std	2,04	0,14	0,16
	- Résultats homogènes selon date	- Résultats variables selon date	- Résultats variables selon date
	- Bon modèle linéaire (R2=0.8)	- Modèle linéaire moyen (R2=0.55)	- Modèle linéaire faible (R2=0.44)
	- Calibration non indispensable	- Calibration nécessaire	- Calibration nécessaire

4 Conclusion et Préconisations

Cette étude a montré que les indices NDWI VIIRS GEE peuvent directement être intégrés dans la chaîne sans besoin de calibration particulière (R^2 bons, coefficients $a=1$ et $b=0$). Néanmoins, les températures LST VIIRS GEE analysées présentent trop de différences avec les températures MODIS pour être intégrées, même avec calibration : les résultats montrent qu'une calibration est nécessaire mais que le modèle linéaire n'est pas bon pour passer de MODIS vers VIIRS, ou inversement (R^2 faibles).

Les préconisations pour la suite sont d'une part de préparer le remplacement des produits NDWI MODIS par les produits NDWI VIIRS, consistant simplement à intégrer VIIRS une fois le décommissionnement finalisé. Concernant les produits LST, il est recommandé de vérifier si d'autres produits plus adaptés ne seront pas proposés et mis à disposition sur GEE dans les années qui arrivent. Dans le cas contraire, une possibilité serait de mettre à jour le référentiel historique avec uniquement les LST VIIRS (sans considérer les LST MODIS), puis de recalculer les VHI avec ce référentiel. Cela aura l'inconvénient de réduire la plage temporelle des données températures (de 24 ans à 12 ans), mais permettra de poursuivre le calcul du VHI tout en se basant tout de même sur des indices NDWI MODIS/VIIRS ayant une plage temporelle non modifiée (24 ans).