La variation de l'irradiance solaire de surface (SSI) sur de courtes échelles de temps a été étudiée précédemment en relation avec les observations au sol. De tels résultats sont limités à la localité des stations d'observation, ce qui conduit à une connaissance insuffisante de la distribution spatiale des caractéristiques de variation. Nous proposons une méthode de caractérisation des variations de SSI à l'aide des propriétés des nuages ​​obtenues à partir des observations satellitaires. Les ensembles de données des propriétés des nuages ​​à partir de l'observation par satellite et de l'observation à partir du sol sont combinés à des points d'observation simultanés pour étudier leurs relations. Les variations SSI sont classées statistiquement en six catégories. Les propriétés du nuage liées aux caractéristiques de variation catégorisées sont ensuite analysées. À partir de ces relations, une méthode discriminante statistique est utilisée pour concevoir un classificateur afin d'attribuer une catégorie à la variation SSI sur une zone à partir des propriétés du nuage obtenues par observation satellitaire. La précision de la classification et la sélection des caractéristiques sont discutées.

INTRO

L'énergie solaire devrait faire partie de la solution au problème du réchauffement climatique. La variation de l'irradiance solaire au niveau du sol entraîne une fluctuation de la puissance de sortie des systèmes d'énergie solaire, ce qui est un désavantage de générer de l'énergie de cette façon. Ce travail se concentre sur la variation sur des échelles de temps ne dépassant pas quelques heures, causées principalement par les nuages. Les effets de l'aérosol et de la vapeur d'eau sont également importants, mais ils contribuent principalement à une variation plus lente sur plus de quelques heures. La variation de l'irradiance solaire de surface (ISS) se produit de deux façons : l'interception par les nuages ​​entre les stations d'observation et le soleil, et la réflexion et la diffusion par les particules de nuages. L'observation à l'aide d'équipement au sol est la principale méthode pour obtenir des résolutions temporelles plus courtes que quelques minutes. Un avantage des observations au sol est qu'elles peuvent permettre des données continues à haute résolution temporelle à une seule position. Cependant, ils sont désavantagés par leur vue champ étroite (et donc limitée). En revanche, les observations par satellite offrent un large champ de vision, mais la fréquence des observations sur un seul site est inférieure à celle observée avec l'observation au sol, et les résolutions spatiales sont également plus grossières. Cependant, les observations par satellite fournissent également des informations sur les propriétés des nuages. La combinaison d'observations au sol et par satellite devrait donc être un bon moyen d'étudier la relation entre les nuages ​​et les ISO. Certaines métriques pertinentes pour SSI sont utilisées pour analyser sa variation à court terme. Lave et Kleissl (2010) et Lave et al. (2012) ont analysé le taux de rampe (RR) pour étudier les effets de lissage géographique. Le RR est défini comme le changement de l'ampleur de l'irradiance solaire sur une période donnée. Tomson et Tamm (2006) ont étudié la stabilité de SSI en utilisant les valeurs absolues de ses incréments pour des périodes données. Woyte et al. (2007) ont appliqué l'analyse du spectre des ondelettes pour classer les fluctuations de l'irradiance solaire. Watanabe et al. (2016) ont utilisé trois paramètres - la moyenne, l'écart-type et l'échantillon-entropie - pour évaluer les caractéristiques régionales de la variation de la SSI au Japon. La relation entre SSI et les nuages ​​a également été étudiée en utilisant des mesures liées à SSI. Ces études reposent fondamentalement sur des mesures de l'irradiance solaire au niveau du sol, intégrées aux effets des nuages. Duchon et O'Malley (1999) ont utilisé une moyenne de fenêtre de 21 min de données d'éclairement solaire avec une résolution de 1 minute et l'écart-type correspondant pour développer une méthode de classification du type de nuage selon ces deux mesures. Ornisi et al. (2002) ont également proposé la classification des nuages ​​en utilisant des paramètres similaires à ceux utilisés par Duchon et O'Malley (1999) et amélioré la précision de la classification. Martínez-Chico et al. (2011) ont effectué une classification des nuages ​​en considérant un indice d'irradiance solaire directe au sol. Leur indice est défini comme le rapport de l'irradiance solaire directe à l'irradiance extraterrestre. Pages et al. (2003) ont classé les types de nuages ​​en utilisant les données de température, de vitesse du vent et d'humidité relative de l'air en plus des données sur l'irradiation solaire. Les travaux antérieurs ont donc approfondi notre compréhension de la variation SSI. Cependant, les résultats de ces études reposent principalement sur des analyses utilisant des données d'observation au sol de la zone autour des stations d'observation, conduisant à une connaissance insuffisante de la distribution spatiale des caractéristiques de variation. Ce travail vise à combler ces lacunes. Nous étudions d'abord la relation entre la variation SSI et les propriétés du nuage à partir des observations satellitaires. Nous caractérisons ensuite la variabilité SSI par les propriétés du nuage. En appliquant de telles relations, nous proposons une méthode pour estimer la variabilité de SSI en utilisant des propriétés de nuage telles que récupérées à partir de l'observation par satellite. La distribution spatiale de la variabilité contribuera à une meilleure compréhension de la variation solaire de surface et contribuera au développement d'applications à l'ingénierie de l'énergie solaire. Par exemple, les opérateurs d'un système de réseau pourraient anticiper les régions probables de forte variabilité et envisager d'autres mesures opérationnelles. Les caractéristiques saisonnières et régionales de la variation SSI seraient également des informations utiles pour la planification de la construction de centrales solaires. Nous avons utilisé les produits cloud MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) pour l'analyse de cette étude. Les propriétés de cloud des données MODIS sont disponibles pour de longues périodes. Cependant, seulement une ou deux images peuvent être obtenues en un jour pour un endroit particulier. C'est un inconvénient dans l'ingénierie de l'énergie solaire. Récemment, un satellite météorologique géostationnaire de nouvelle génération HIMAWARI-8 de l'Agence météorologique japonaise (JMA) a été lancé et est maintenant en service (Bessho et al., 2016). D'autres tels satellites (par exemple GOES-R de la NOAA / NASA, Meteosat troisième génération (MTG) d'EUMETSAT) devraient être lancés au cours des prochaines années (Mohr, 2014). Ceux-ci auront plus de bandes d'observation et des fréquences d'observation plus élevées que les satellites géostationnaires lancés précédemment. Des informations abondantes sur les nuages, les aérosols et l'irradiation solaire seront obtenues à partir de l'observation par satellite météorologique géostationnaire. À l'heure actuelle, les applications pratiques basées sur l'utilisation des données MODIS dans l'ingénierie de l'énergie solaire peuvent être limitées, mais nous prévoyons qu'à l'avenir l'approche proposée pourra être appliquée aux produits de nuages ​​basés sur l'observation par satellite géostationnaire. Le reste de cet article est structuré comme suit. Les sections 2 et 3 décrivent nos données et méthodes, respectivement. La section 4 décrit le traitement des données à partir d'observations au sol et par satellite pour analyse. La section 5 traite des propriétés du nuage en relation avec les variations de SSI. La section 6 développe une méthode de classification de la variabilité SSI qui est conçue à l'aide de méthodes statistiques discriminantes. La section 7 discute et résume ce travail.

CONCLUSION

Pour compenser les inconvénients de l'observation au sol, nous avons proposé une méthode pour prédire la variabilité de l'ISO. La figure 8 montre la distribution spatiale des catégories de variation classées en utilisant un classificateur conçu avec la méthode discriminante logistique linéaire et sept caractéristiques (COT, CTH, FR, ER, ENT, CRR et LHM). La distribution spatiale et l'étendue des catégories de variation peuvent être trouvées à partir de cette figure. Le classificateur a fonctionné de manière adéquate sur la région de Kanto (le rectangle noir de la figure 8), bien que l'adéquation n'ait pas pu être assurée lorsque le classificateur a été appliqué à d'autres régions. Pour une utilisation pratique dans l'ingénierie solaire, un classificateur général qui peut être appliqué à toute la région d'une image satellite devrait être développé. Cependant, la méthode proposée dans ce travail est encore au stade des tests de faisabilité pour un tel objectif car plusieurs problèmes importants subsistent. L'un est celui des caractéristiques régionales de la relation entre la variation SSI et les propriétés du nuage. D'après Watanabe et al. (2016), les caractéristiques de la variation SSI diffèrent selon les régions du Japon (figure 1). Le Tableau 5 compare les précisions des classificateurs conçus en utilisant différentes données d'apprentissage. En utilisant la même procédure que ci-dessus, les classificateurs ont été conçus sur la base de points d'observation simultanés sur les régions d'Hokkaido (Stations 2-7) et d'Amami-Okinawa (Stations 42, 44, 46 et 47). Les précisions pour les deux ensembles de données de test ont été significativement réduites lors de l'utilisation d'un classificateur pour la région de Kanto. La précision de la classification n'est pas particulièrement élevée. Il existe plusieurs solutions possibles pour améliorer le classificateur. Davantage de caractéristiques de variation des propriétés des nuages ​​et de l'irradiance devraient être évaluées et testées. Ce travail a utilisé trois métriques de variation, mais plusieurs métriques de variation ont été proposées (voir l'introduction). La sélection de métriques qui caractérisent mieux la variabilité et les propriétés du nuage se traduirait par de meilleures associations entre les nuages ​​et la variation SSI. L'effet de la confiance dans la détection des nuages ​​a été discuté à la section 5. Une faible confiance entraîne une incohérence entre les données provenant des observations au sol et les observations par satellite. Une amélioration de la détection des nuages, en particulier des nuages ​​fins et des bords des régions nuageuses, est donc également souhaitée. Nous suggérons de distinguer les nuages ​​multicouches des nuages ​​monocouche car il semble que les nuages ​​multicouches affectent la variation de l'irradiance solaire d'une manière différente de celle des nuages ​​monocouches. En outre, la récupération de ER de nuages ​​multicouches tend à être influencée par l'hypothèse de nuages ​​monocouche (Wind et al., 2010). Il existe également d'autres méthodes de classification qui n'ont pas été étudiées dans ce travail. Des méthodes de classification plus appropriées devraient être choisies après plus de tests. Nous suggérons que la méthode proposée pourrait être appliquée à toutes les zones où sont effectuées des observations au sol de l'irradiation solaire. La relation entre la variation SSI et les propriétés du nuage diffère selon les régions. Par conséquent, un classificateur conçu avec l'approche proposée doit être déterminé pour chaque région. Il est important et intéressant de savoir s'il vaut mieux concevoir des classificateurs à l'échelle mondiale ou régionale. Pour répondre à cette question, une meilleure compréhension de la relation entre cloud et variabilité SSI est nécessaire. Néanmoins, un classificateur globalement conçu ou un algorithme de classification qui peut être appliqué partout serait utile pour l'ingénierie de l'énergie solaire. Les propriétés du nuage issues des observations MODIS ont été utilisées dans ce travail. Par conséquent, l'utilisation pratique de cette approche pour l'ingénierie de l'énergie solaire est limitée. Les nouveaux satellites géostationnaires, tels que Himawari-8 et -9, ont plus de bandes d'observation et peuvent générer beaucoup plus d'informations sur les propriétés des nuages ​​(Bessho et al., 2016). Cela nous permettra de mesurer la variabilité du SSI en continu sur des échelles de temps plus courtes.