1.Generalite :

Introduction :Bonjour,j’espere que vous allez bien ,alors avant de vous presenter notre plan ,je voudrais bien vous tenir au courant que Le Maroc est actuellement touché par sa plus grave période de sécheresse depuis près de quarante ans, un désastre qui engendre la crainte d'une forte pénurie d'eau potable .. D'après les données du ministère de l'Agriculture, cette sécheresse devrait s'aggraver progressivement jusqu'en 2050 au Maroc, en raison d'une diminution des précipitations et d'une augmentation des températures.Cette réalité malheureuse nous a encouragés à choisir la surveillance de la sécheresse comme sujet de notre présentation pour bien étudier ce phénomène.O va prsenter notre plan :la definition…

Conclusion : Une détection anticipée de ces phénomènes est importante, puisqu’elle permet de mieux gérer les pertes de récoltes, et de prévenir ou d’atténuer les potentielles famines qui leurs sont associées. Cela permet également de mieux faire face au risque accru d’incendie. Les images satellites aident à surveiller les précipitations, l’humidité du sol et la santé de la végétation. Elles soutiennent ainsi les systèmes de détection anticipée des sécheresses. Ces images sont utilisées pour alimenter des bulletins mensuels relatifs aux phénomènes de sécheresse, et pour émettre des alertes

**Définition :** La sécheresse est un phénomène naturel caractérisé par un manque d’eau sur une durée suffisamment longue pour affecter les sols et la végétation, les sécheresses sont de loin les catastrophes naturelles les plus néfastes, à cause de leurs impacts socio.

#### Causes : ****Les causes naturelles (météorologiques)****

Le déficit d’eau et des températures élevées sont les principales causes de sécheresse :

* Pour expliquer : En cas de précipitations insuffisantes durant l’hiver et le printemps (entre septembre et mars), les réserves d’eau ne peuvent pas se recharger comme elles devraient pour maintenir un équilibre hydrologique.
* Et si ce manque d’eau s’accompagne de températures élevées, cela entraîne une augmentation naturelle de l’évaporation et de l’évapotranspirations des plantes avec pour conséquences un assèchement et une érosion des sols. Et bien sur **le réchauffement climatique tend à favoriser ces phénomène**s.

Causes Humaines :. les réserves d’eau ne sont pas toujours gérées efficacement par l’homme dans le cadre de ses exploitations agricoles, industrielles et domestiques. Une surexploitation des ressources en eau peut entraîner un assèchement des nappes phréatiques et menacer leur pérennité.

2**. Méthodes de surveillance de la sécheresse :**

La télédétection optique peut être utilisée pour surveiller la sécheresse en fournissant des informations sur plusieurs variables liées aux ressources en eau et à l'état de la végétation et du sol. Ces informations sont essentielles pour évaluer les conditions de sécheresse, suivre son évolution dans le temps et prendre des mesures d'adaptation appropriées.

* **Prévision météorologique et suivi d'événements climatiques :** Les images satellitaires nous aident par exemple à savoir s'il va pleuvoir ou non. Elles peuvent aussi nous montrer s'il y a des endroits qui manquent d'eau depuis longtemps, Donc, grâce aux images des satellites, on peut mieux savoir à quoi s'attendre en termes de météo et surveiller les endroits qui souffre de la secheresse..
* **Surveillance des phénomènes éoliens :**

La télédétection optique permet d' observer les formations sableuses des régions sèches et de surveiller les tempêtes de sable, qui sont des manifestations de l'érosion éolienne et peuvent être associées à des conditions de sécheresse.

* **Suivi de l'humidité des sols :** La télédétection optique permet de surveiller les fluctuations de l'humidité des sols, ce qui est important pour estimer les quantités d' eau disponibles pour les plantes et détecter les sécheresses.
* **Repérage des ressources en eau souterraines:** Les images satellitaires aident à repérer les ressources en eau souterraines, ce qui est crucial pendant les périodes de sécheresse lorsque l' accès à l' eau est limité en surface
* **Surveillance de la végétation :** La télédétection optique permet de surveiller le développement et l' extension de la végétation verte .La mesure et le suivi d’indices de végétation — tels que NDVI, indice de végétation par différence normalisée — permettent de cartographier la végétation verte de façon régulière,il nous donnent des informations sur la santé et la densité de la végétation

De ce fait, la présente étude élaborée dans le cadre du projet LDAS-Maroc a pour principal objectif d'utiliser les données spatiales pour générer un indicateur composite sur la sécheresse et de disséminer cette information mensuellement aux différents utilisateurs directement ou indirectement concernés par la gestion de la sécheresse.

PARTIE 3

La télédétection optique offre un outil puissant pour surveiller la sécheresse à l'échelle mondiale. Dans cette section, nous explorerons trois aspects clés de son application dans ce domaine

La première étape est l'acquisition de données satellitaires , un domaine qui a connu une évolution significative au fil des décennies.

La surveillance prédictive des sécheresses a évolué grâce à l'utilisation de satellites météorologiques. Tout a commencé avec Spoutnik 1 en 1957, suivi par Vanguard 2 en 1959 et TIROS-1 en 1960, offrant aux météorologues les premières vues des nuages en développement. En 1966, ATS-1 a été lancé, permettant une surveillance régulière des systèmes météorologiques avec des images hémisphériques toutes les demi-heures. Cependant, le vrai tournant a été l'introduction de l'AVHRR par la NOAA, offrant des mesures multi-temporelles mondiales, notamment le développement de l'indice NDVI, essentiel pour évaluer les conditions de végétation et surveiller les sécheresses. Plus tard, le lancement de Landsat 1 en 1972 a ouvert la voie à des applications pratiques du spectre électromagnétique, y compris l'infrarouge et le visible à une résolution spatiale plus élevée

Avant de pouvoir extraire des informations utiles des images satellitaires, un processus de prétraitement est nécessaire. Cela implique des étapes telles que la calibration radiométrique et la correction atmosphérique qui sont indispensables pour éliminer les différentes sources d’erreurs notamment les erreurs dues aux irrégularités du capteur et aux effets atmosphériques tels que la diffusion et l’absorption.

En fin on a le processus de PanSharpening vise à combiner les détails fins de l'image panchromatique avec les informations couleur de l'image multispectrale pour créer une nouvelle image en couleur de haute résolution qui conserve à la fois les détails et les couleurs.

Une fois que les images ont été prétraitées, nous pouvons calculer divers indices pour évaluer la sécheresse. Des indices bien connus tels que l'Indice de condition de végétation VCI qui permet……. …………………

Les cartes présentées ci-dessus montrent la situation de la végétation et des températures obtenues à partir des données satellite couvrant toutes les classes d'occupation du sol (forêts, cultures, parcours, etc.) au niveau national des 3 mois Nov, Dec et Mars.

Cette figure represennte l’indicateur VCI qui montre que les classes de faibles valeurs du VCI, indiquant des situations de végétation proches des valeurs minimales du NDVI, ont été dominantes sur la majorité du territoire en novenbre et decembre. En revanche dans le mois Mars , le VCI montre une dominance des situations de végétation proches des valeurs maximales du NDVI et a concerné la majorité des zones de cultures et des zones couvertes de végétation de toute nature (forêts, parcours, etc.).

Passons maintenant à l’indicateur TCI qui est calculé à partir des températures de brillance extraites des données NOAA/AVHRR. Les valeurs faibles de cet indicateur correspondent à des températures proches des valeurs maximales ce qui peut se traduire par des conditions défavorables au développement des cultures (ceci a été constaté dans les deux mois novembre et décembre 2013, Ce constat confirme la situation observée par le VCI en cette période de l'année). Tandis que les valeurs élevées du TCI correspondent à des températures de brillance proches des valeurs minimales de températures , comme presenté dans la carte du Mars ou on remarque des situations normales de températures sur la majorité du territoire national à l'exception de quelques zones (quelques provinces du sud) ~~pour lesquelles le TCI indique des situations de températures de brillance plus élevées que la normale~~

La combinaison de ces deux indices, représentée par l'indicateur VHI, confirme ces observations. Des valeurs inférieures à 40% indiquent des situations de sécheresse. En novembre 2013, la majorité du territoire national a connu des conditions de développement globalement défavorables. En revanche, en mars, le VHI reflète des conditions normales de végétation, avec des températures favorables et des indices de végétation proches des valeurs maximales.

**4.Etude de cas et exemple concrets :**

L’étude qu’on va présenter s’inscrit dans le projet LDAS (Land Data Assimilation System, Système d’assimilation de données terrestres), Financé par la banque mondiale et coordonné par le CRTS en étroite collaboration avec l’agence spatiale américaine (NASA), LDAS permettra l’amélioration de la gestion des ressources hydriques à travers l'intégration des données issues la teledection optique , des informations in-situ et de la modélisation .

Parmi les différentes composantes du projet LDAS-Maroc,**On trouve le suivi de la sécheresse** qui a pour objectif la production d’un bulletin périodique sur l’état de la sécheresse à l’échelle nationale par combinaison de différentes sources de données (météorologie, humidité des sols, télédétection)..E n fait des outils et méthodes de calcul de l'indicateur composite à partir de différents paramètres et indices ont été livrés au CRTS pour produire de l'information concernant la situation de la sécheresse au Maroc.alors

La représentation quantifiée de ce phénomène nécessite l'intégration de tous les paramètres et indicateurs renseignant sur les différents types de sécheresse .**On trouve L'indice de précipitation standardisé (SPI):**données satellites CHIRPS.. **CHIRPS est l'acronyme pour** "Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data". Il s'agit d'un produit développé par le Climate Hazards Group de l'Université de Californie à Santa Barbara (UCSB) en collaboration avec le United States Geological Survey (USGS).

Les données CHIRPS combinent des observations satellites infrarouges avec des données provenant de stations météorologiques au sol pour estimer les précipitations sur toute la surface terrestre avec une résolution spatiale (environ 5 km)

**Il y a aussi L'humidité du sol estimé à partir de la différence de températures de surface du jour et de nuit (LST):** provient de données MODIS(capteur monté à bord des satellites Terra et Aqua de la NASA) : . Les régions où les différences de température entre le jour et la nuit sont plus faibles sont généralement associées à des sols plus humides, tandis que des différences de température plus importantes peuvent indiquer des sols plus secs.

**Les anomalies de l'évapotranspiration:données MODIS :** se réfèrent à des variations inhabituelles dans la quantité d'eau qui s'évapore et est transpirée par la végétation.

**Les anomalies de l'indice de végétation (NDVI) :données MODIS**

Donc les 4 parametres qu’on a citer entre dans l’equation de calcul de l’indicateur composite de secheresse,voici la formule : Avec : a, b, c et d sont les poids respectifs à attribuer à chaque indicateur. La pondération des différents paramètres d'entrée a fait l'objet d'une étude comprenant plusieurs étapes qui nessicte une explication tres detaile (facteur de temps). La carte finale de l'indicateur composite de sécheresse contient ainsi quatre classes de sécheresse correspondant à quatre déciles : : **Sécheresse Modérée**, pour laquelle les valeurs du CDI (en pourcentage) sont comprises entre 10 et 20% et qui correspond à une sécheresse qui arrive une fois tous les 5 à 10 ans. **Sécheresse Sévère**, pour laquelle les valeurs du CDI sont comprises entre 5 et 10% et qui correspond à une sécheresse qui a une période de retour de 10 à 20 ans.: **Sécheresse Extrême**, pour laquelle les valeurs du CDI sont comprises entre 2 et 5% et qui signifie une sécheresse qui peut arriver une fois tous les 20 à 50 ans. **Sécheresse Exceptionnelle**, pour laquelle les valeurs sont comprises entre 0 et 2% et qui signifie une sécheresse qui peut arriver une fois tous les 50 ans et plus

Dans ce qui suit, nous présentons les résultats de calcul de l'indicateur composite de sécheresse (CDI) ainsi que les paramètres et indices utilisés pour le calcul de cet indicateur durant la campagne agricole 2014-2015.

Le SPI du mois d'Octobre indique une situation globalement normale au niveau national à l'exception de quelques provinces du Sud du Maroc pour lesquelles un déficit pluviométrique a été détecté.L a carte d'humidité du sol, estimée à partir des anomalies des différences de températures de surface du jour et de la nuit LST, indique également un déficit d'humidité du sol confirmant ainsi ce qui a été obtenu par le SPI. Ce déficit concerne également d'autres provinces dans l'Oriental et le Centre du pays . La carte des anomalies de l'indice de végétation (NDVIa) montre une situation positive au niveau de ces provinces du Sud-Est pour le mois d'octobre 2014. Le paramètre ETa, représentant les anomalies de l'évapotranspiration, indique des situations défavorables au niveau de quelques provinces du Nord et du Centre (Tanger, Tétouan, Chefchaouen, Kenitra, Taounate, Meknès).Toutes ces situations constatées séparément par les différents paramètres et indices sont synthétisées dans la carte de l'indicateur composite de sécheresse qui montre des situations de sécheresse sévère à exceptionnelle dans les provinces du Sud (Awsserd et Dakhla) et des situations de sécheresse modérée à sévère dans la majorité des provinces du centre et du Nord.

En fait a travers une colaboration entre une équipe d'experts du Centre National d'atténuation des effets de la sécheresse (National Drought Mitigation Center de l'Université de Nebraska, USA) et l’équipe du CRTS

la methode repose sur le fait que la température de surface du sol varie en fonction de son humidité. les sols secs ont tendance à chauffer plus rapidement pendant la journée et à se refroidir plus rapidement la nuit, tandis que les sols humides ont une inertie thermique plus élevée, ce qui signifie qu'ils changent moins rapidement de température