



Université d'Été Espace Éducation
Formation aux sciences et applications spatiales pour les enseignants



L'Espace en Tête

En distanciel
7 > 9 Juillet 2021

education.jeunesse@cnes.fr
www.cnes.fr



Atelier disciplinaire

AD4

Exploration de la biosphère
Yves Darbarie, Education Nationale
Natacha Mazon, Education Nationale
Marie-Charlotte Chemin, Education Nationale

Activité 1 : Météo, climat et saisons : des phénomènes observables et mesurables depuis l'espace.



Présentation des activités élèves

Activité 1.1 : La saisonnalité, un phénomène observable depuis l'espace.

Activité niveau CYCLE 3 (ou activité introductive en cycle 4)

PROGRAMMES	Compétence du SCCC
Modification du peuplement en fonction des conditions physicochimiques du milieu et des saisons.	
<p>Durée : 2h</p> <p>Organisation :</p> <ul style="list-style-type: none">* Partie A : 1 heure : groupe (binôme) sur ordinateur : découverte de Eo-Browser et création de Timelapse pour observer la saisonnalité d'un milieu de vie (choisi par l'enseignant)* Partie B : 30 min : groupe. Mise en lien avec des paramètres mesurables depuis l'espace (indice) : la température au sol et l'humidité.* 30 min : classe entière : Exploitation des Timelapses et comparaison : synthèse collective. <p>Support :</p> <ul style="list-style-type: none">- Classe mobile/salle info- EO Browser : https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/ + sa fiche technique « découverte »- La fiche activité. <p>Éléments travaux sur EO-Browser :</p> <ul style="list-style-type: none">• Visualiser une image, en « true color », .• Faire un Timelapse et l'enregistrer• Faire une comparaison « split ». <p>Consigne A l'aide des deux parties de l'activité, vous montrerez que l'occupation d'un milieu par les être vivant varie au cours du temps et que cela peut être mis en lien avec des paramètres tels que la température et l'humidité. Vous appuierez votre explication grâce à l'étude des images spatiales.</p>	

Prérequis.

Durant l'année, les élèves de cycle 3 ont découvert et décrit leur environnement proche, généralement le collège ou un milieu naturel proche du collège. Ils ont appris que :

- L'occupation du milieu de vie par les êtres vivants n'est pas le même tout au long de l'année.
- Un être vivant peuple un milieu qui correspond à ses besoins.

Introduction : nous avons observé le changement des êtres vivants au cours de l'année dans notre milieu de vie. Mais comment savoir si ce changement a bien un lien avec les saisons ?

Partie a : Observer la saisonnalité et l'occupation du milieu depuis l'espace.

Travail à réaliser : vous devez observer « notre milieu de vie (défini par l'enseignant) » sur une année afin de déterminer s'il y a des changements de l'occupation du milieu. Pour cela, vous allez utiliser les données satellites.

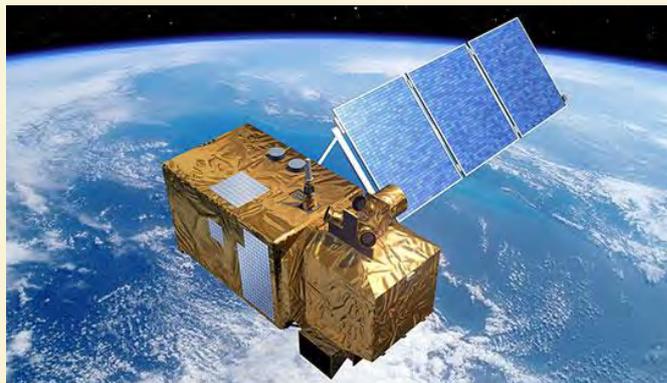
1. Observer une image satellite récente de notre milieu de vie afin de se repérer et de la décrire : elle servira de témoin.
2. Créer un Timelapse sur l'année 2020, de ce milieu, à raison de 1 image par mois.
3. Après observation du Timelapse, expliquer comment l'occupation du milieu varie sur une année.

Document 1 : Un satellite et ses images

Un satellite artificiel est un objet fabriqué par l'être humain, envoyé dans l'espace à l'aide d'un lanceur et gravitant autour de notre planète.

De nombreux satellites ont été envoyés depuis les années 60, chacun ayant des particularités et des avancées technologiques :

- **Landsat 8** (2013) : Observation de la Terre avec une couverture saisonnière des masses continentales mondiales pendant une période d'au moins cinq ans.
- **Pléiade** (2011-2012) : Observation de haute résolution avec une couverture quotidienne.
- **Sentinelle 2** (2015-2017) : l'observation des sols (utilisation des sols, végétation, zones côtières, fleuves, etc.) ainsi que le traitement des situations d'urgence (catastrophes naturelles...).



Un satellite nous transmet des « images satellites ». Mais une image satellite n'est pas une photographie : c'est en réalité un ensemble de mesures physiques réalisées avec plusieurs canaux. Chaque point de l'image va contenir des informations sous formes de mesures physiques.

Dans un logiciel, il est possible de traiter ses mesures physiques pour obtenir une image avec de « vrais couleurs » : **on parle de composition colorée.**

Consigne	Critères de réussite	Autoévaluation			
		1	2	3	4
1. Observer une image récente	<ul style="list-style-type: none"> - Vous êtes bien centré sur votre milieu de vie. - Vous avez sélectionné « sentinel-2 » et diminué la couverture nuageuse dans les paramètres avancés - Vous avez affiché la composition colorée - Vous avez sélectionné la date la plus récente. 				
2. Créer un Timelapse	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez créé un Timelapse - Les images sélectionnées ont une faible couverture nuageuse - Il y a 1 image par mois. 				
3. Observer la saisonnalité	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez ciblée des éléments précis dans votre milieu d'étude, qui change au cours des saisons. 				

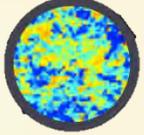
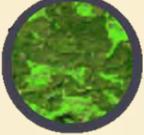
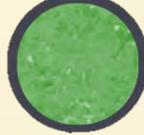
Partie b : Identifier des causes de cette saisonnalité.

Travail à réaliser : Vous devez identifier des paramètres physiques à l'origine de cette saisonnalité. Pour cela, vous allez utiliser les données satellites et les comparer.

4. Emettre une hypothèse : « quel(s) paramètre(s) physique(s) peut être à l'origine des saisons ».
5. Parmi les indices disponibles sur Eo-Browser, sélectionner celui qui te permettra de tester ton hypothèse. Puis proposer une comparaison avec un effet « split » entre la composition colorée et l'image traitée avec ton indice. Il faudra faire 4 comparaisons : 1 pour chaque saison.
6. A partir de l'observation des comparaisons, conclure sur le lien entre votre paramètre étudié et les changements de la végétation

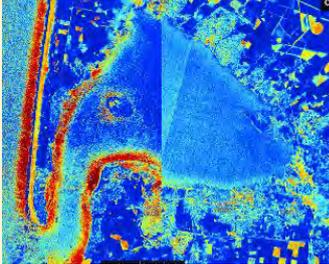
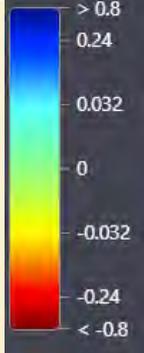
Document 2 : les indices pour avoir plus d'informations

On peut également traiter ses mesures en appliquant une formule afin d'étudier un élément en particulier : la végétation au sol, l'humidité, la température, les points d'eau... On parle alors **d'indice**. La composition colorée et l'indice donnent des informations précieuses. Earth Browser vous permet d'obtenir pour une même image la composition colorée ou des indices, et ce quel que soit la date choisie. Voici quelques indices possibles.

 <p>True color Affiche les « vraies couleurs ». =Composition colorée</p>	 <p>Indice « False color » Permet de visualiser la densité de plantes</p>	 <p>Indice NDVI Affiche l'état de la végétation</p>	 <p>Indice « Moisture » Affiche l'hydratation du milieu, notamment la végétation</p>
 <p>Indice « SWIR » Aide à estimer la quantité d'eau présente dans les plantes et le sol, très utilisé pour les nuages</p>	 <p>Indice NDWI Est intéressant pour étudier l'eau</p>	 <p>NDSI Est intéressant pour étudier la neige</p>	 <p>Indice « Thermal » Mesure de la température au sol. Uniquement sur Landsat 8.</p> <div data-bbox="1260 1064 1452 1142"> <input checked="" type="checkbox"/> Landsat 8 <input type="checkbox"/> Landsat 8 L1 <input checked="" type="checkbox"/> Landsat 8 L2 </div>

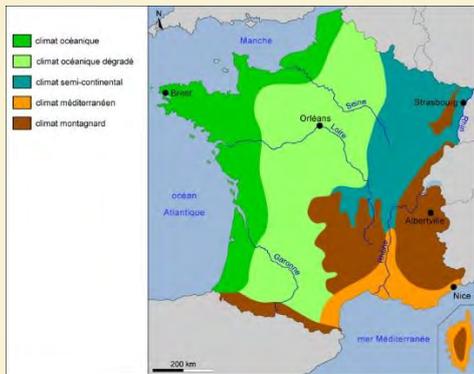
Consigne	Critères de réussite	Autoévaluation			
		1	2	3	4
4. Emettre une hypothèse	- Vous avez identifié la température au sol ou l'humidité comme paramètre.				
5. Créer une comparaison	- Vous avez sélectionné le bon indice : « Moisture index » pour l'humidité / « Thermal » sur le satellite Landsat 8 pour la température au sol. - Pour chaque saison, vous avez fait une comparaison, à la même date, d'une composition colorée et de l'indice choisi.				
6. Mettre en lien	- Vous avez identifié des zones précises qui mettent en avant un lien entre des changements de la végétation et un paramètre physique qui varie au cours des saisons.				

Élément de correction de l'activité 1 : le but est de prendre un exemple local, proche de son collègue

Consigne		
1. Observer une image récente		Notre milieu d'étude est le bassin d'arcachon, proche du collège d'arcachon.
2. Créer un Timelapse 3. Observer la saisonnalité		Le Timelapse permet de montrer un changement de la végétation : que ce soit dans les forêts entre la plage de sable et le bassin, mais même dans le bassin.
4. Emettre une hypothèse	Ces changements de l'occupation du milieu peuvent être dus aux variations : - De température, mesurée avec l'indice « thermal » sur Landsat8 - D'humidité et stress hydrique, mesuré avec l'indice « moisture ».	
5. Créer une comparaison	 <u>Timelapse « thermal »</u> Montre une variation de la température, en lien avec les saisons.	
	 <u>Comparaison spitz « moisture » entre février 2020 et août 2020</u> Montre une variation de l'humidité et mets en avant un stress hydrique des végétaux en bordure de la plage	
6. Mettre en lien	L'observation spatiale d'un milieu de vie sur 1 année, nous prouve que l'occupation du milieu par les êtres vivants, notamment les végétaux, varie au cours des saisons. Cette variation s'explique par le changement des saisons au cours desquelles la température et l'humidité varie.	

L'idéale serait de conforter ses observations spatiales avec des mesures de terrain au cours de l'année. Voilà pourquoi il est important de prendre un exemple local.

Activité 1bis (déclinaison) : atelier mosaïque « les forêts de France et leur climat ».



Il peut être intéressant de proposer l'étude d'un même milieu de vie mais dans 5 villes associées aux 5 grands climats en France.

Exemple : Etude de la variation saisonnière d'une forêt en 2020

- Brest → climat « océanique »
- Fontainebleau → climat « océanique dégradé »
- Strasbourg → climat « semi-continentale »
- Nice → climat « méditerranéen »
- Alberville → climat montagnard

Organisation : c'est un atelier mosaïque.

Temps 1 :

Chaque groupe travail sur 1 forêt (désignée par tirage au sort par exemple). L'étude de cette forêt dure environ 40 min :

- Création d'un Timelapse sur l'année 2020 en « true color »
- Création d'une comparaison pour une saison donnée, entre la composition colorée et l'indice « Moisture index » afin de déterminer un lien avec l'hydratation de la végétation
- Création d'une comparaison pour une saison donnée, entre la composition colorée et l'indice Thermal de landsat 8, afin de déterminer un lien avec la température au sol

Un traitement des indices tels que « NDVI » pour la végétation peut également être pertinent.

Temps 2 : mosaïque :

On réforme des groupes de 5 : 1 élève de chaque « forêts ». Chacun expose son travail. L'objectif est d'identifier

- Points communs = il y a une saisonnalité qui s'observe par des modifications de la végétation
- Différences : saisonnalités plus/moins marquées, saison chaude/froide, Delta de température, delta d'hydratation...

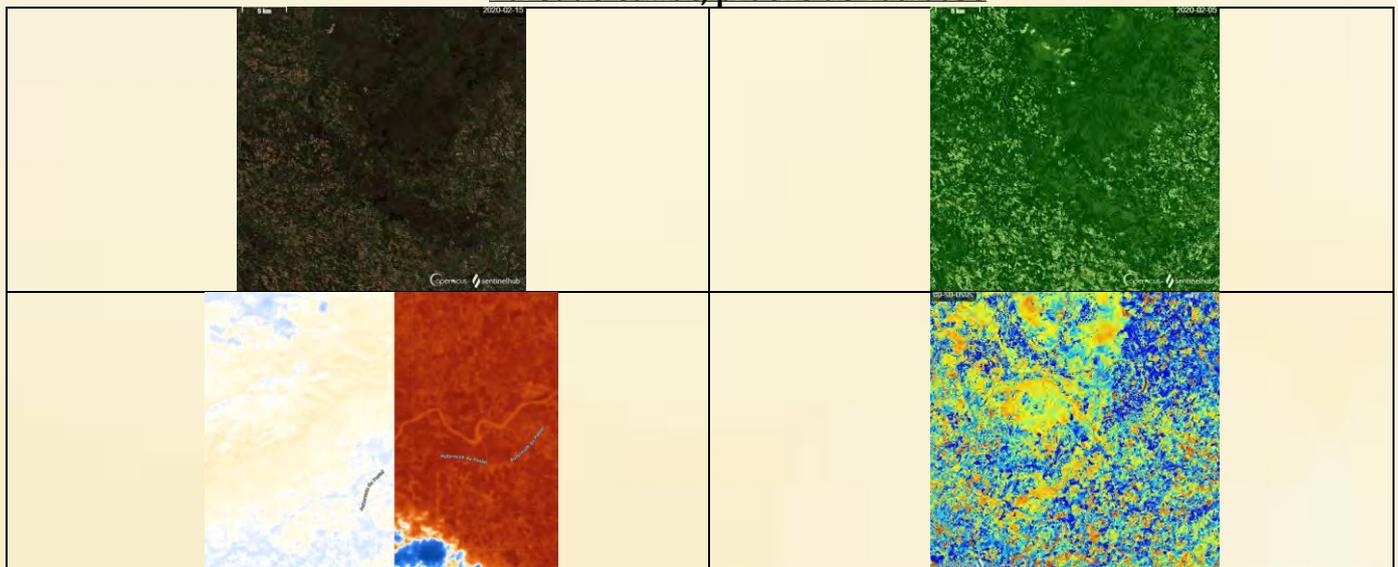
Bilan classe entière :

La comparaison de ces différentes forêts amènera à la même conclusion : « nous observons un changement de l'occupation du milieu par les végétaux en fonction des saisons » mais cette comparaison entre plusieurs forêts permettra d'affiner le raisonnement en fonction des paramètres climatiques du milieu, soit la température et l'humidité ici.

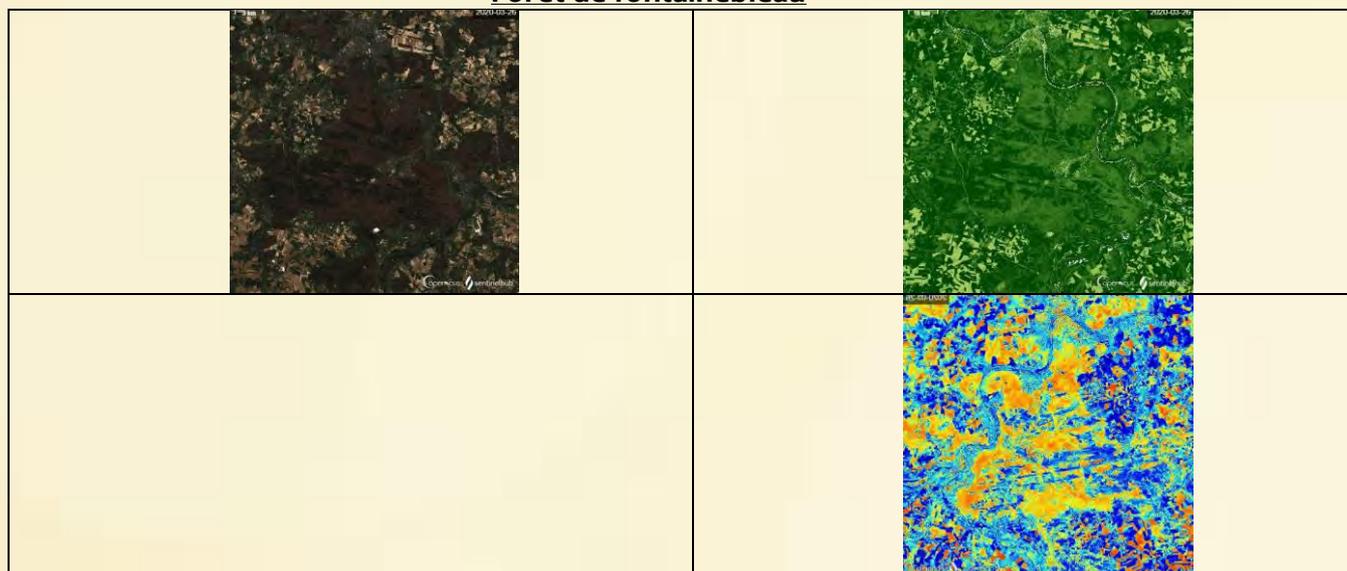
Pour visiter virtuellement une forêt : <https://www.samstudio.fr/visitevirtuelle/deep-forest/>

Éléments de correction : Ici, la correction est par forêt plus que par question

- Forêt de Gaillac, proche de Toulouse



- Forêt de fontainebleau



Pour aller plus loin

Toujours dans un souci de vérification, les observations peuvent être confortées par des mesures de terrain.

Si elles peuvent se faire tout au long de l'année sur le « milieu de vie choisi par l'enseignant » au départ, elles ne peuvent être faites par les élèves dans un autre milieu.

L'étude des diagrammes ombrothermiques peuvent alors être un document support pertinent.

Doc 1 : le diagramme ombrothermique.

Tout d'abord, le **diagramme ombrothermique** désigne une représentation des températures et quantités de précipitations moyennes mensuelles en un lieu donné. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à gauche pour les précipitations et l'autre à droite pour les températures. Les précipitations mensuelles sont représentées par un histogramme bleu et les températures mensuelles par une courbe rouge.

L'intérêt du diagramme ombrothermique est qu'il permet d'un seul coup d'œil de caractériser un climat. En effet, il peut nous révéler si le climat sec, humide...

Doc 2 : Diagrammes ombrothermiques des 5 forêts étudiées.

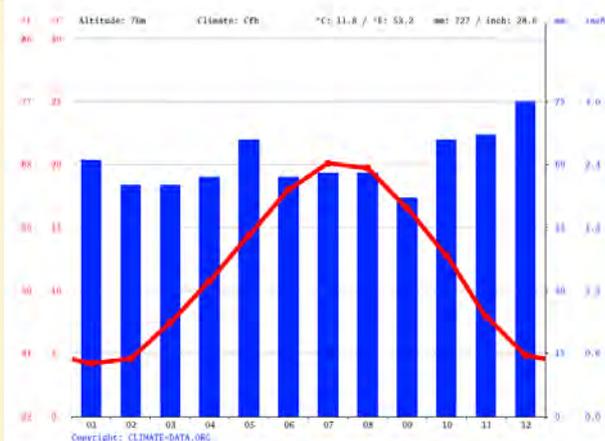
Pour présenter le **climat océanique** : Brest.

Sur ce diagramme nous nous apercevons que les pluies tombent principalement durant les mois d'hiver. La pluviométrie est assez importante dans ce milieu, nous constatons qu'il tombe environ 50 millimètres de pluie en Août et que ça peut aller jusqu'à 150 millimètres pendant les mois d'hiver. On peut également constater que les températures sont aux alentours de 18°C et pendant l'hiver elles sont comprises entre 5 et 10°C.



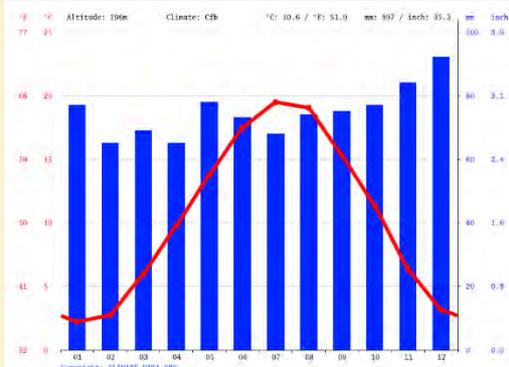
Pour le **climat océanique dégradé** : Fontainebleau.

Nous pouvons constater que les températures minimales plus froides et celles maximales un peu plus chaudes que pour le climat océanique. Cependant dans ce climat on peut remarquer qu'il pleut bien moins que dans le climat océanique, mais la pluviométrie de ce climat est également un peu plus régulière que dans le cas précédent.



Pour le **climat semi-continental** : Strasbourg.

En observant ce diagramme ombrothermique, nous remarquons que l'amplitude thermique est assez importante, effectivement le diagramme présente une amplitude de 20°C environ. De plus, les précipitations sont constantes et importantes même durant les mois chauds.



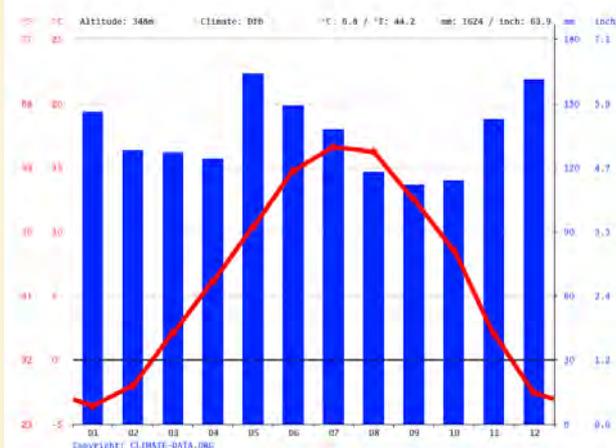
Pour le **climat méditerranéen** : Nice

Par ce diagramme nous voyons que pendant l'été ce milieu connaît une période de sécheresse. Les températures sont assez élevées, surtout l'été où elles sont à plus de 25°C. De plus les précipitations sont les plus importantes en automne.



Pour **climat de haute montagne**, Albertville.

Nous pouvons remarquer en observant ce diagramme que les températures assez froides. En outre les précipitations sont élevées dans ce milieu.



Activité 1. 2 : Définir un climat à partir d'image satellite.

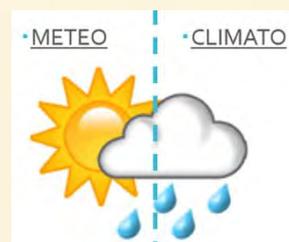
Activité niveau CYCLE 4

PROGRAMMES	Compétence du SCCC
Différence entre météo et climat. Identifier un climat à partir de mesures	
<p>Durée : 1h Organisation : seul ou par binôme Support :</p> <ul style="list-style-type: none">- Classe mobile/salle info- EO Browser : https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/ + sa fiche technique « découverte »- La fiche activité : article scientifique + 4 documents. <p>Objectif : Identifier le climat de la région du Lac de Beryessa en Californie, en vous appuyant sur des données satellites.</p>	

Prérequis.

En cycle3, les élèves ont découvert et décrit leur environnement proche, généralement le collège ou un milieu naturel proche du collège. Ils ont appris que « la modification du peuplement se fait en fonction des conditions physicochimiques du milieu et des saisons. »

En cycle 4, l'étude de la géodynamique externe commence par la distinction Météorologie/Climatologie. Cette notion doit être vue en amorce de cette activité.



Introduction :

Notre actualité est quotidiennement ponctuée de phénomènes météorologiques exceptionnels : des inondations, des tempêtes, des incendies... Souvent pour les comprendre, de leur origine jusqu'à leurs conséquences, nous faisons appel à des articles issus de la presse scientifique.

Par exemple, en octobre et novembre 2019, les Etats-Unis ont subis des incendies importants, comme en témoigne l'article suivant.

Article de « sciences et avenir » sur les incendies en Californie (datant du 1.11.2019) : https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/californie-nouveau-depart-de-feu-dans-le-sud-ravage-par-les-flammes_138746.

Voici 2 extraits de l'article que nous pouvons abordés avec les élèves.

Extrait 1

La saison des incendies fait régulièrement des ravages en Californie, mais leur fréquence s'est sensiblement accélérée ces dernières années.

→ Ces incendies ont un lien avec le climat, car il est évoqué une « saison pour les incendies »

Extrait 2

Des conditions météo "extrêmement critiques" pour les feux aggravait encore les risques cette semaine: vents violents dépassant les 100 km/h en rafale par endroits, taux d'humidité très faible et températures élevées dans la journée.

→ Cette fois-ci, ce sont les conditions météorologiques qui sont évoquées : les vents, le taux d'humidité et la température.

Phase de problématisation : Les incendies en Californie sont-ils en lien avec la météorologie (ponctuelle et locale) ou le climat (avec une saisonnalité, sur le long terme et global).

Travail à réaliser : Afin de répondre à cette problématique, vous devez déterminer le climat de la zone « du lac de Beryessa » en Californie. Pour cela, vous allez utiliser les données satellites.

1. Observer la saisonnalité de cette région, à l'aide d'un Timelapse de l'année 2020.
2. Estimer la température et taux d'humidité de cette région, lors de 2 saisons : l'été et l'hiver. Vous pouvez effectuer des comparaisons en Split.
3. Identifier le climat de cette région, à l'aide du document 3 et de vos résultats.
4. En vous appuyant sur le diagramme du doc 4, pouvez-vous valider votre climat identifié.

Document 1 : Un satellite et ses images

Un satellite artificiel est un objet fabriqué par humain, envoyé dans l'espace à l'aide d'un lanceur gravitant autour de notre planète.

De nombreux satellites ont été envoyés depuis les 60, chacun ayant des particularités et des technologiques :

- **Landsat 8** (2013) : Observation de la Terre avec couverture saisonnière des masses continentales mondiales pendant une période d'au moins cinq ans.
- **Sentinelle 2** (2015-2017): l'observation des sols (utilisation des sols, végétation, zones côtières, fleuves, etc.) ainsi que le traitement des situations d'urgence (catastrophes naturelles...).

Un satellite nous transmet des « images satellites ». Mais une image satellite n'est pas une photographie : c'est en réalité un ensemble de mesures physiques réalisées avec plusieurs canaux. Chaque point de l'image va contenir des informations sous formes de mesures physiques.

Dans un logiciel, il est possible de traiter ses mesures physiques pour obtenir une image avec de « vrais couleurs » : **on parle de composition colorée.**



l'être et

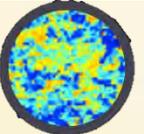
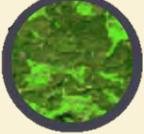
années avancées

une

Document 2 : les indices pour avoir plus d'informations

On peut également traiter ses mesures en appliquant une formule afin d'étudier un élément en particulier : la végétation au sol, l'humidité, la température, les points d'eau... On parle alors d'**indice**.

La composition colorée et indice donnent des informations précieuses. Eo Browser vous permet d'obtenir pour une même image la composition colorée ou des indices, et ce quel que soit la date choisie. Voici quelques indices possibles.

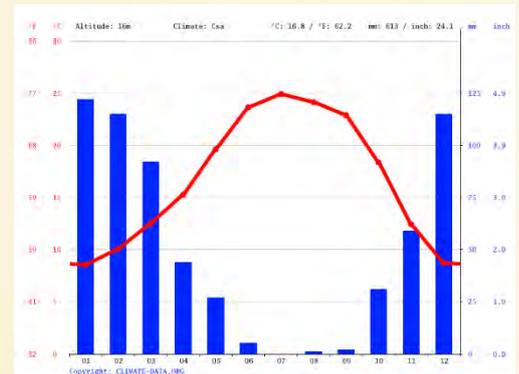
 <p>True color Affiche les « vraies couleurs ». =Composition colorée</p>	 <p>Indice « False color » Permet de visualiser la densité de plantes</p>	 <p>Indice NDVI Affiche l'état de la végétation</p>	 <p>Indice « Moisture » Affiche l'hydratation du milieu, notamment la végétation</p>
 <p>Indice « SWIR » Aide à estimer la quantité d'eau présente dans les plantes et le sol, très utilisé pour les nuages</p>	 <p>Indice NDWI Est intéressant pour étudier l'eau</p>	 <p>NDSI Est intéressant pour étudier la neige</p>	 <p>Indice « Thermal » Mesure de la température au sol. Uniquement sur Landsat 8.</p> <div data-bbox="1257 1917 1449 1993"> <input checked="" type="checkbox"/> Landsat 8 <input type="checkbox"/> Landsat 8 L1 <input checked="" type="checkbox"/> Landsat 8 L2 </div>

Document 3 : Définitions des 5 grands climats du Terre.

Tropical	Equatorial	Aride	Tempéré	Polaire
<p>Température moyenne mensuelle ne descend pas en dessous de 18 °C)</p> <p>saison sèche de mai à octobre (faibles températures, pas de précipitations)</p> <p>saison humide de novembre à avril (hautes températures, très fortes précipitations)</p>	<p>Température moyenne : 28°C.</p> <p>Climat chaud et humide (ce qui donne l'impression de moiteur et d'un temps lourd.</p>	<p>Sécheresse (=aride) permanente toute l'année.</p> <p>Manque important d'eau au sol et dans l'air.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est comprise entre 18 et 0°C.</p>	<p>Températures froides toute l'année</p> <p>Hivers glaciaux.</p> <p>Les températures moyennes du mois le plus chaud ne sont jamais supérieures à 10 °C</p>

Document 4 : diagramme ombrothermique du lac de Beryessa, Californie

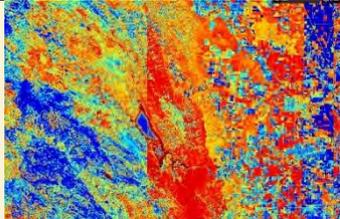
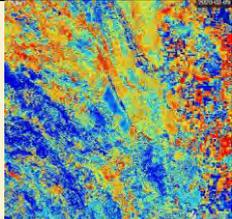
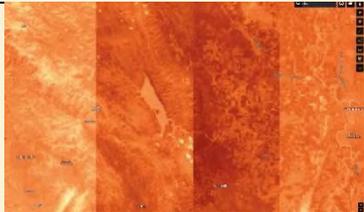
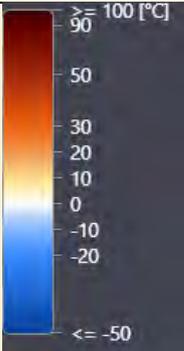
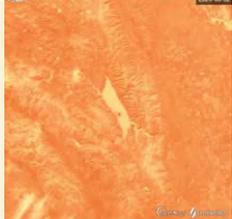
Le **diagramme ombrothermique** désigne une représentation des températures et quantités de précipitations moyennes mensuelles en un lieu donné. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à droite pour les précipitations et l'autre à gauche pour les températures. Les précipitations mensuelles sont représentées par un histogramme bleu et les températures mensuelles par une courbe rouge.



Critère de réussite

Consigne	Critères de réussite	Autoévaluation			
		1	2	3	4
1. Observer la saisonnalité	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez créé un Timelapse - Les images sélectionnées ont une faible couverture nuageuse - Il y a 1 image par mois. 				
2. Estimer les paramètres	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez sélectionné le bon indice : « Moisture index » pour l'humidité / « Thermal » sur le satellite Landsat 8 pour la température au sol. - Pour l'été et l'hiver), vous avez fait une comparaison, à la même date, d'une composition colorée et de l'indice choisi. 				
3. Identifier le climat	Vous avez justifié votre choix en parlant de l'humidité/température, lors de l'été puis de l'hiver.				
4. Justifier votre choix	Vous avez conforté vos observations d'humidité et de température, avec celles du diagramme au même mois.				

Éléments de correction de l'activité 2

Consigne			
1. Observer la saisonnalité		Une saisonnalité marquée et progressive.	
2- Estimer les paramètres			
Moisture index : Splits.		En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne sont en été. Sur les mois de la saison chaude, les végétaux sont clairement en stress hydrique.	
Moisture index : timelapse			
Thermal : splits		Les températures montrent une variations saisonnières importantes et marquées. Sur les mois de la saison chaude, les températures de surface sont très importantes.	
Thermal : timelapse			
2. Identifier le climat	Le climat y est chaud et tempéré . Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa : c'est-à-dire méditerranéen .		
3. Justifier votre choix	<ul style="list-style-type: none"> - Une saisonnalité marquée entre été/hiver - Des mois froids mais une température qui n'est pas inférieure à 0°C - Des mois chauds avec de fortes chaleurs supérieures à 25°. - De fortes pluies en hiver/ des pluies presque absentes en été = confirme le climat tempéré de type méditerranéen.		

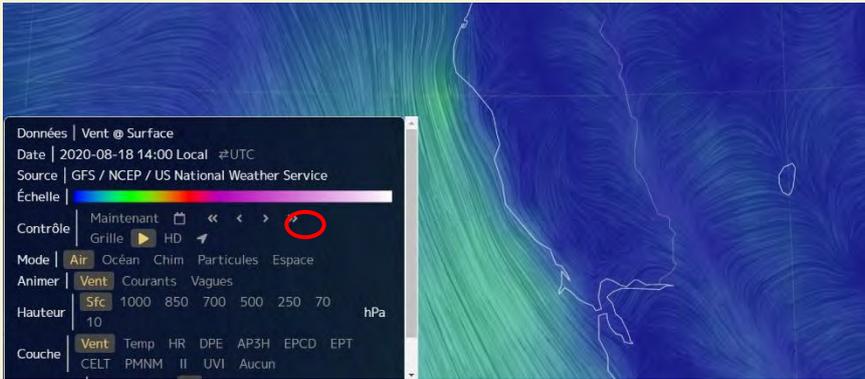
Pour aller plus loin avec l'activité 2 :

1. Les vents

En cycle 4, il est généralement mesuré autour de 3 paramètres :

- la température : estimée ici grâce à l'indice « Thermal » (Landsat 8)
- L'humidité : estimée ici grâce à l'indice « moisture index » (Sentinel 2)
- Les vents : non mesurés ici.

A l'aide du site <https://earth.nullschool.net/fr/> il est possible d'afficher les vents à une période donnée.



Remarque : l'outil 3D permet d'observer la topographie pour compléter avec les vents



2. Etude sur une période plus longue.

Pour définir un climat dans une zone donnée, les paramètres sont généralement mesurés sur une échelle de temps supérieure à 30 ans. Il est possible de remonter à des données plus anciennes sur le site Eo-Browser, en fonction du satellite choisi :

- Sentinel : octobre 2016
- Landsat : mars 2013
- Landsat 4-5 : janvier 1984

En revanche, les indices et les résolutions ne seront plus les mêmes.

Cela peut également servir à répondre à un autre questionnement de l'article scientifique « Peut-on parler de « saison » des incendies ? »

Activité 1.3 : les climats dans le monde.

Activité niveau CYCLE 4

PROGRAMMES	Compétence du SCCC
Les grandes zones climatiques de la Terre et la répartition des faunes et des flores (nouveau des ajustements du programme, septembre 2020 !!!)	

Durée : 2h
Organisation : ATELIER MOSAIQUE

- * Temps 1 : 1 heure . 5 groupes de travail distincts. Chaque groupe travaille sur une ville appartenant à une zone climatique différente : Bilma, Papeete, Toulouse, Quebec, Nuuk.
- * Temps 2 : 30 min . Mosaïque : formation de nouveaux groupes de 5 élèves : 1 de chaque zone climatique étudiée. Comparaison et identification des grandes zones climatiques.
- * 30 min : classe entière : Exploitation des Timelapses et validation avec les diagrammes ombrothermiques : synthèse collective.

Support :

- Classe mobile/salle info
- EO Browser : <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> + sa fiche technique « découverte »
- La fiche activité.

Éléments travaux sur EO-Browser :

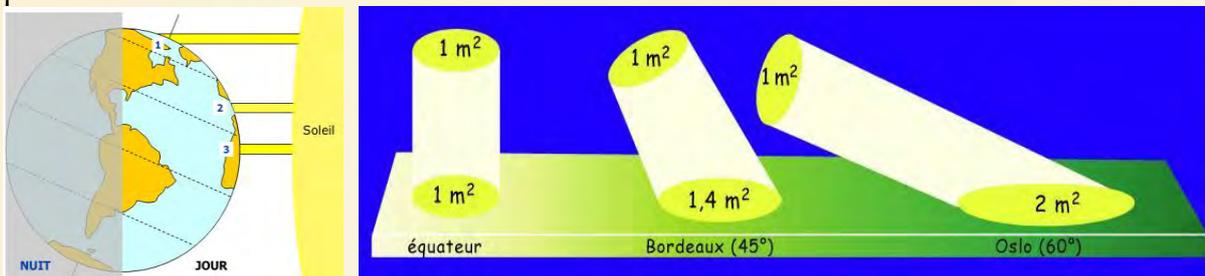
- Faire un Timelapse et l'enregistrer
- Faire une comparaison « split ».

Objectif : Identifier les grands climat de la Terre, en vous appuyant sur des données satellites

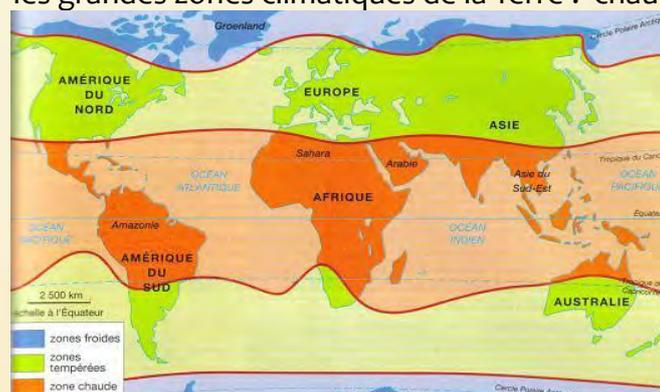
Prérequis.

En cycle 4, l'étude de la géodynamique externe commence par la distinction Météorologie / Climatologie qui mesurent les mêmes paramètres (Température, humidité et vents) mais à des échelles (spatiale et temporelle) différentes.

De plus, les grandes zones climatiques sont expliquées par une variation de la concentration des rayons du Soleil. Comme la Terre est sphérique, les rayons solaires arrivent avec un angle d'incidence différents : de façon très concentrée au niveau de l'équateur et moins concentrée aux pôles.



Cela permet d'expliquer les grandes zones climatiques de la Terre : chaude/ tempérée/ froide



Introduction :

Nous avons identifié les 3 grandes zones climatiques de la Terre. Mais nous savons qu'il existe bien plus de climat : tempéré, désertique, équatorial, continental, tropical... que nous pouvons retrouver au sein d'une même grande zone. Alors comment faire pour caractériser les différents grands climats de la Terre, à l'aide de données spatiales ?

Temps 1 : Cette activité est très proche de l'activité 2 car il s'agit ici de décrire le climat d'une ville
5 groupes pour 5 villes : Bilma, Papeete, Toulouse, Québec, Nuuk.

Point de vigilance : il faut veiller aux villes choisies car certaines ont une couverture nuageuse très importantes qui empêche une réelle exploitation.

Travail à réaliser : vous devez caractériser le climat de votre ville. Pour cela, vous allez utiliser les données satellites.

1. Observer la saisonnalité de cette région, à l'aide d'un Timelapse de l'année 2020.
2. Estimer la température et taux d'humidité de cette région, lors de 2 saisons : l'été et l'hiver. Vous pouvez effectuer des comparaisons en Split.

- Voir document 1 et 2 de l'activité 2 -

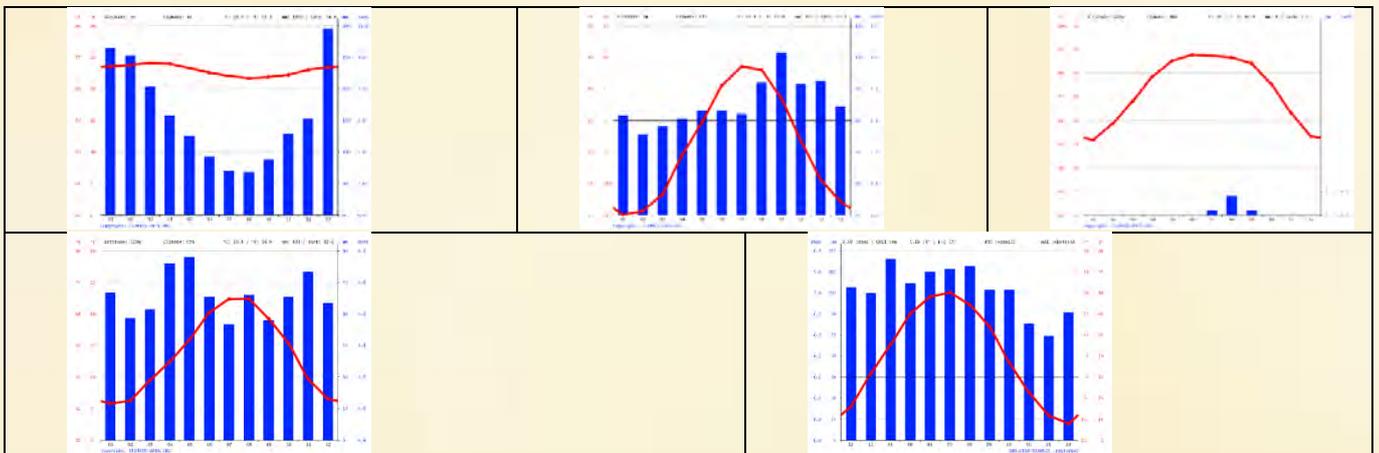
Temps 2 : Comparaison des différents climats (document 3 et 4)*

Travail à réaliser : Vous allez devoir comparer vos résultats, afin d'identifier les 5 grands climats de la Terre.

3. Comparer vos Timelapse/ vos estimations de température et humidité pour l'été puis pour l'hiver. Identifier le climat de chaque ville, à l'aide du document 3 et de vos comparaisons.
4. Retrouver pour chaque région, le bon diagramme ombrothermiques. Puis replacer les sur votre planisphère.

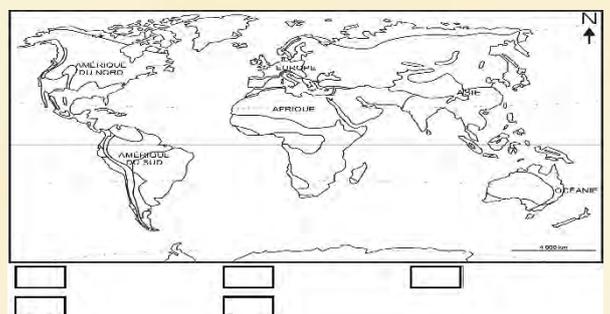
- Voir document 3 de l'activité 2 -

Documents 4 : 5 diagrammes ombrothermiques.



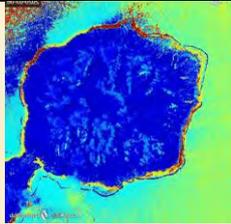
Planisphère à compléter

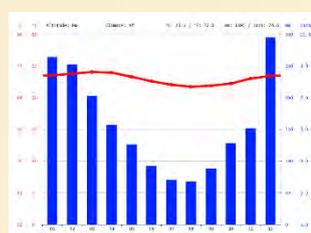
Les critères de réussite sont les mêmes que dans l'activité 2



Éléments de correction de l'activité 3 : Ici, la correction est faite par ville, donc par climat et non pas par questions.

➤ **Papeete (Tahiti, France) : climat Equatorial (Af)**

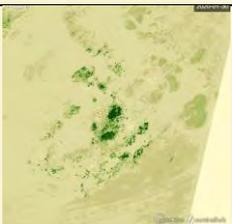
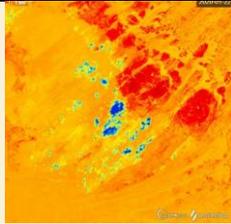
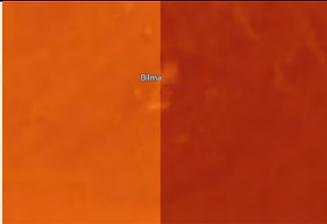
 <p>True color</p>	 <p>NDVI : faible variation de la végétation. 2 saisons</p>
 <p>Timelapse « Moisture » témoigne d'une forte humidité quelque soit les saisons.</p>	<p>Comparaison « thermal » en split janvier et juin montre une faible variation des températures.</p>

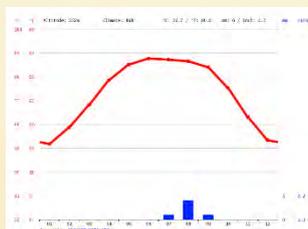


Papeete se trouve à 9m d'altitude. C'est un climat tropical. Les précipitations sont importantes. Même lors des mois les plus secs, les averses persistent encore.

La température moyenne annuelle est de 23.0°C.
La classification de KG est de type Af.

➤ **Bilma (Niger) : climat Aride (Bwh)**

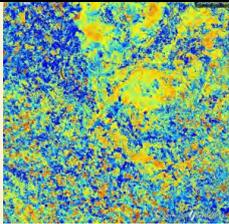
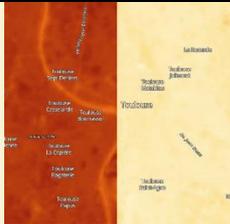
 <p>True color</p>	 <p>NDVI : faible végétation et faible saisonnalité</p>
 <p>Timelapse « Moisture » témoigne d'une très faible humidité.</p>	 <p>Comparaison « thermal » en split janvier et juin montre de fortes températures.</p>

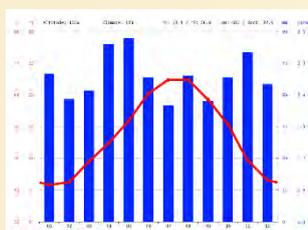


Bilma se trouve à 352 m d'altitude. C'est un climat désertique. Tout au long de l'année, la pluie y est quasi inexistante. La température moyenne est de 26,7°C.

Le climat est classé BWh d'après KG

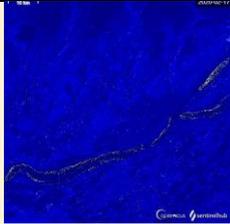
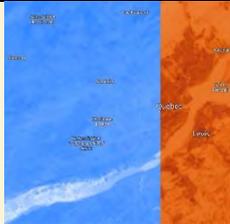
➤ **Toulouse (France Met.) : climat Tempéré (Cfb)**

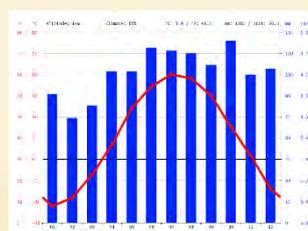
 <p>True color</p>	 <p>NDVI</p>
 <p>Timelapse « Moisture » témoigne d'une humidité importante à l'année hors mois d'été</p>	 <p>Comparaison « thermal » en split janvier et juin montre une forte amplitude des températures</p>



Toulouse se trouve à 155m d'altitude. Le climat est tempéré chaud. Des précipitations sont enregistrées toute l'année y compris les mois les plus secs. La température moyenne est 13,8°C avec une amplitude saisonnière marquée. Le climat est classe Cfa dans KG

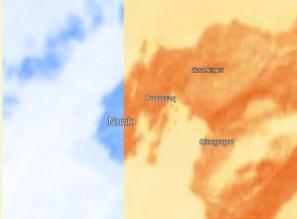
➤ **Quebec (Canada) : climat continental**

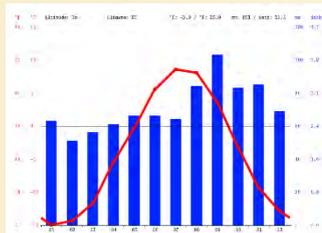
 <p>True color</p>	 <p>NDVI : forte saisonnalité</p>
 <p>Timelapse « Moisture » témoigne d'une forte humidité quelque soit les saisons.</p>	 <p>Comparaison « thermal » janvier et août montre une très forte variation des températures.</p>



Québec se trouve à 14m d'altitude. Le climat de Québec est de type tempéré froid. Les précipitations sont importantes, quelque soit le mois. La température moyenne est de 5,4°C. Son climat est de type Dfb sur KG

➤ Nuuk (Groënland) : climat Polaire

 <p>True color</p>	 <p>NDVI : forte saisonnalité du couvert végétale</p>
<p>Timelapse « Moisture » témoigne d'une forte humidité quelque soit les saisons.</p>	 <p>Comparaison « thermal » en mars et août montre de faibles températures mais une variation importante.</p>



Le Nuuk se trouve à 1m d'altitude. Le climat y est dit de Toundra désertique. Même pendant les mois les plus chauds de l'année, les températures sont très basses à Nuuk. Nuuk affiche une température annuelle moyenne de -3.9 °C.

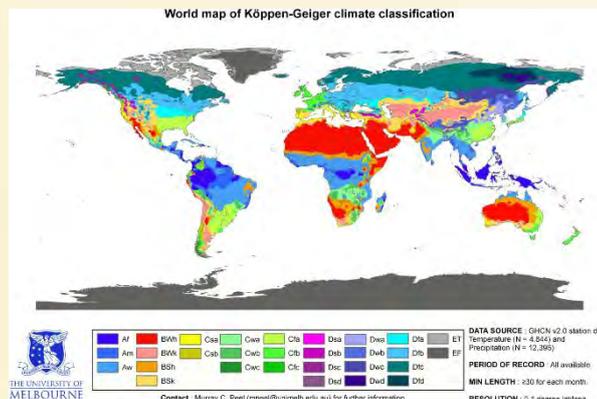
Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type ET.

Pour aller plus loin avec l'activité 3:

1. La classification des climats dans le monde
Il est possible d'être plus précis que les 5 grandes zones climatiques. Les élèves peuvent travailler sur la classification de Köppen-Geiger.

Dans la classification climatique de Köppen-Geiger, le climat de NICE est classé de type Cs.

- En 1900, Wladimir Peter Köppen (botaniste) crée une classification des climats en combinant la carte mondiale de la végétation et la division du climat en 5 zones.
- En 1961, Geiger présente une classification nouvelle version, en y intégrant des données hydrologique, géographique, biologique et agricole.



1ere lettre : type de climat

Code	Type	Description
A	Climat tropical	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne de chaque mois de l'année > 18 °C • Pas de saison hivernale • Fortes précipitations annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B	Climat sec	<ul style="list-style-type: none"> • Évaporation annuelle supérieure aux précipitations annuelles. Ce seuil est calculé de la manière suivante : <ul style="list-style-type: none"> • Si moins de 30 % des précipitations tombent en été (avril à septembre dans l'hémisphère nord) : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne (°C) • Si plus de 70 % des précipitations tombent en été : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 280 • Autrement : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 140
C	Climat tempéré	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus froid comprise entre -3 °C et 18 °C • Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C • Les saisons été et hiver sont bien définies
D	Climat continental	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus froid < -3 °C • Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C • Les saisons été et hiver sont bien définies
E	Climat polaire	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 10 °C • La saison d'été est très peu marquée

2eme lettre : régime pluviométrique

Code	Description	S'applique à
S	<ul style="list-style-type: none"> • Climat de steppe • Précipitations annuelles comprises entre 50 et 100 % du seuil calculé 	B
W	<ul style="list-style-type: none"> • Climat désertique • Précipitations annuelles < 50 % du seuil 	B
w	<ul style="list-style-type: none"> • Saison sèche en hiver <ul style="list-style-type: none"> • Pour A : climat de la savane, P du mois hivernal le plus sec < 60 mm et < $[100 - (\text{précipitations annuelles moyennes})/25]$ • pour C et D : P du mois hivernal le plus sec < 1/10 du mois le plus humide 	A-C-D
s	<ul style="list-style-type: none"> • Saison sèche en été <ul style="list-style-type: none"> • Pour A : climat de la savane, P du mois estival le plus sec < 60 mm et < $[100 - (\text{précipitations annuelles moyennes})/25]^4$ • Pour C et D : P du mois estival le plus sec < 40 mm^{4, 5, Note 1} et < 1/3 du mois hivernal le plus humide 	A-C-D
f	<ul style="list-style-type: none"> • Climat humide, précipitations tous les mois de l'année <ul style="list-style-type: none"> • Pour A : climat de la forêt tropicale, P du mois le plus sec > 60 mm • Pour C et D : pas de saison sèche, ni « w » ni « s » 	A-C-D
m	<ul style="list-style-type: none"> • Climat de mousson : <ul style="list-style-type: none"> • P du mois le plus sec < 60 mm et > $[100 - (\text{précipitations annuelles moyennes})/25]$ 	A
T	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud comprise entre 0 °C et 10 °C 	E
F	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 0 °C 	E
M	<ul style="list-style-type: none"> • Précipitations abondantes • Hiver doux (Température moyenne du mois le plus froid > -10 °C) 	E

On obtient donc les catégories suivantes :

- Af : climat équatorial
- Aw : climat de savane avec hiver sec
- As : climat de savane avec été sec (catégorie parfois utilisée en analogie avec Aw dans les rares cas où la saison sèche se produit dans les mois où le soleil est au plus haut.)
- Am : climat de mousson
- BS : climat de steppe (semi-aride)
- BW : climat désertique
- Cf : climat tempéré chaud sans saison sèche
- Cw : climat tempéré chaud avec hiver sec (chinois)
- Cs : climat tempéré chaud avec été sec (méditerranéen)
- Df : climat continental froid sans saison sèche
- Dw : climat continental froid avec hiver sec
- Ds : climat continental froid avec été sec (continental méditerranéen)
- ET : climat de toundra
- EF : climat d'inlandis
- EM : climat subpolaire océanique

3eme lettre : amplitude du cycle annuel des températures

Code	Description	S'applique à
a : été chaud	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud > 22 °C 	C-D
b : été tempéré	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C • Températures moyennes des 4 mois les plus chauds > 10 °C 	C-D
c : été court et frais	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C • Températures moyennes mensuelles > 10 °C pour moins de 4 mois • Température moyenne du mois le plus froid > -38 °C 	C-D
d : hiver très froid	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus froid < -38 °C 	D
h : sec et chaud	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne annuelle > 18 °C 	B
k : sec et froid	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne annuelle < 18 °C 	B

Activité 2 : Les incendies en Californie, un exemple de risque observable depuis l'espace



Présentation des activités élèves

Point du programme cycle 4

Relier les connaissances scientifiques sur les risques naturels (ex. : séismes, cyclones, inondations) ainsi que ceux liés aux activités humaines (pollution de l'air et des mers, réchauffement climatique, montée du niveau des océans...) aux mesures de prévention, de protection, d'adaptation, ou d'atténuation

Toutes les notions liées aux aléas et aux risques peuvent être abordées à partir des phénomènes liés à la géodynamique externe puis réinvesties dans le domaine de la géodynamique interne ou inversement (ex. : aléas météorologiques ou climatiques, séismes, éruptions volcaniques, pollutions et autres risques technologiques...). Les activités proposées permettront à l'élève de prendre conscience des enjeux sociétaux et de l'impact des politiques publiques et des comportements individuels.

Prérequis de cours :

Un risque est la possibilité qu'un aléa se produise et touche une population vulnérable à cet aléa. Il ne faut donc pas confondre aléa, risque et vulnérabilité. L'aléa est un phénomène (naturel ou technologique) plus ou moins probable sur un espace donné. La vulnérabilité exprime le niveau d'effet prévisible de ce phénomène sur des enjeux (l'homme et ses activités). Le risque peut être défini comme la probabilité d'occurrence de dommage compte tenu des interactions entre facteurs d'endommagement (aléas) et facteurs de vulnérabilité (peuplement, répartition des biens). On peut ainsi résumer cette définition par une formule : « risque = aléa × vulnérabilité ». La notion de risque recouvre à la fois le danger potentiel de catastrophe et la perception qu'en a la société, l'endommagement potentiel, comme celle de l'endommagement effectif. Un risque peut être d'origine naturelle ou peut avoir des causes purement anthropiques (risques technologiques, risques géopolitiques par exemple).

<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/risque-s>



Compétences travaillées dans cette activité

Mettre en œuvre un raisonnement logique

Communiquer sur ses résultats et ses choix en argumentant

Expliquer l'impact des différentes activités humaine sur l'environnement

Introduction : Aux États-Unis, les incendies déclenchés par des éclairs et alimentés par une chaleur qui bat des records en Californie ont déjà coûté la vie à au moins cinq personnes, selon les autorités locales. Plus de 100.000 habitants ont également été forcés d'évacuer leur domicile dans cet état de l'ouest américain en proie à certains des pires feux de son histoire. Les fumées d'incendies ont entraîné des alertes à la pollution de l'air, notamment dans la baie de San Francisco.

Au total ce sont 21 incendies qui sont encore actifs dans le nord de la Californie ce vendredi. Selon les pompiers plus de 230.000 hectares sont d'ores et déjà partis en fumée dans la région. L'un des plus grands brasiers, le LNU Lightning Complex, a détruit à lui seul près de 90.000 hectares vendredi matin et menace les vignes des comtés de Napa et de Sonoma.

Les évacuations sont rendues compliquées par les risques sanitaires liés à la Covid-19. En effet, certains habitants préfèrent se réfugier dans leurs voitures sur des parkings ou au bord des plages plutôt que de se rendre dans les centres d'hébergement proposés par les autorités où ils craignent de contracter le coronavirus.

Samedi 22 août 2020 à 11:03

<https://www.francebleu.fr/infos/environnement/cinq-morts-et-plus-de-100-000-personnes-evacuees-en-californie-a-cause-des-incendies-1598085067>

Travail à réaliser : Expert en risque incendie auprès de l'USDA forest service de l'état de Californie (équivalent de l'ONF) vous êtes appelé pour rédiger un rapport complet sur cet événement au niveau du lac de Berryessa à l'ouest de Sacramento. Vous devez utiliser les données satellite à votre disposition pour :

- 1. Identifier la zone brûlée suite à l'incendie.
- 2. Trouver les causes de l'incendie
- 3. Montrer si aujourd'hui on en trouve encore une trace.
- 4. Etudiez les images les plus récentes pour déterminer s'il y a un risque lié à un nouvel incendie (aléa et enjeu)

Votre compte rendu sera étavé par des images satellite de la zone à différentes dates

Données : L'incendie a débuté le 17 aout 2020 et s'est terminé le 2 octobre 2020
Le lac de Beryessa possède une surface de 83,77 km²

Document 1 : Composition colorée et indices :

Une image satellite est en réalité un ensemble de mesure physique réalisé avec plusieurs canaux. Pour plus de facilité on attribue une couleur à chaque valeur. Afficher les « couleurs vraies » correspond en réalité à l'affichage des canaux rouge, vert et bleu. Mais il existe de nombreux canaux (dont le nombre dépend du satellite) comme le proche infra-rouge (B8), ou le bleu (B2).

Dans le logiciel il est possible d'afficher non pas les canaux du visible RVB mais plutôt les canaux qui nous intéresse. On parle de **composition colorée**.

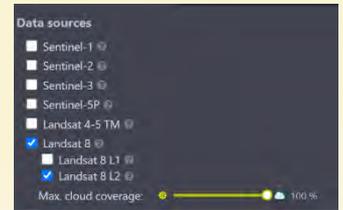
De même, il est possible de traiter les données en un point en additionnant, divisant, ... les valeurs des paramètres mesurés par les canaux. On parle alors **d'Indice**.

Exemple : le NDVI (indice de végétation) = $(B8-B4)/(B8+B4)$

Composition colorée et indice donnent des informations précieuses. Eo Browser vous permet d'afficher ces éléments dans l'onglet « visualisation » (Chaque élément possède une légende 

- True color affiche les « vraies couleurs » : RVB
- False color permet de visualiser la densité de plantes
- NDVI affiche l'état de la végétation
- False color urban permet de visualiser les zones urbaines
- Moisture index affiche l'état d'hydratation du milieu et notamment de la végétation
- SWIR aide a estimer la quantité d'eau présente dans les plantes et le sol, il est très utilisé pour les nuages
- NDWI est intéressant pour étudier l'eau
- NDSI est intéressant pour étudier la neige

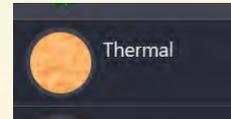
- Classification affiche une classification de l'image rudimentaire : urbain, végétation, sol nu, glace, eau ...
- Vous pouvez créer vous-même votre indice ou votre composition colorée dans « custom » pour notre étude une composition colorée B8-B5-B1 est intéressant car il affiche les zones brûlées en plus foncée
- La composition B12-B11-B5 permet de voir le front de flamme.



Document 2 : utilisation d'autres satellites pour afficher la température

On peut afficher les températures au sol de la zone grâce au **satellite Landsat 8**. Aux mêmes dates, cherchez avec le satellite landsat 8 (décochez sentinel 2).

Dans les indices choisissez « thermal », la légende se situe dans 



Exemple de modélisation : utilisation du thermomètre infra-rouge.

Critères de réussite	Précisions	Autoévaluation			
		1	2	3	4
1. Caractériser la zone qui a subi l'incendie A UNE DATE ULTERIEUR au 17/08/20	Vous avez <ul style="list-style-type: none"> - Affiché les images d'une date ultérieur au 17 - Utilisé un indice / composition coloré pour identifier la zone 				
	Mesurer la surface de la zone en sachant que la surface du lac mesure 83,77 km ²				
2. Trouver la cause de l'incendie avec les indices et composition colorée adaptées	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez affiché une image de la zone à une date antérieur au 17 - Vous avez utilisé le ou les indices les plus intéressant et avez donné vos conclusions - Vous avez utilisé les images du satellite Landsat 8 pour afficher la température au sol 				
3. Identifier s'il reste des traces	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez affiché une image à une date plus récente - Utilisé un indice pour identifier la zone qui est encore atteinte - Utilisé la fonction « comparaison » pour identifier les zones s'étant renouvelée 				
4. Conclure s'il y a des risques aujourd'hui	<ul style="list-style-type: none"> - Vous avez affiché l'image la plus récente - Vous avez utilisé un indice en rapport avec le deuxième point pour conclure sur l'aléa - Vous avez utilisé un indice en rapport avec l'enjeu 				

Coup de pouce :

1	On vous demande une image ultérieure donc juste après l'incendie. Ne vous éloignez cependant pas trop de la date de début de l'incendie.
2	Vous pouvez essayer plusieurs indices, mais certains semblent plus pertinents. Retrouvez ou cherchez les caractéristiques du déclenchement d'un incendie.
3	Cherchez les traces d'incendie (avec un ou plusieurs indices / composition colorée) dans les images très récentes
4	Recherchez les mêmes indices que précédemment dans des images très récentes.

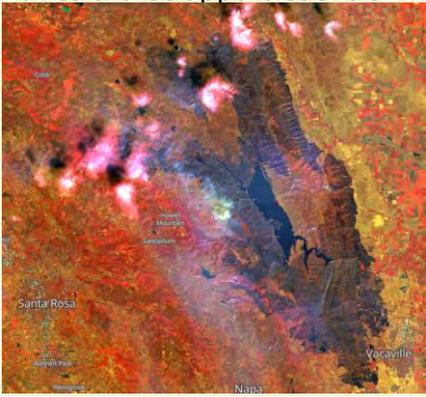
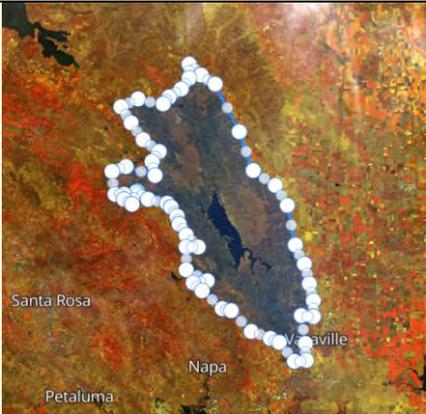
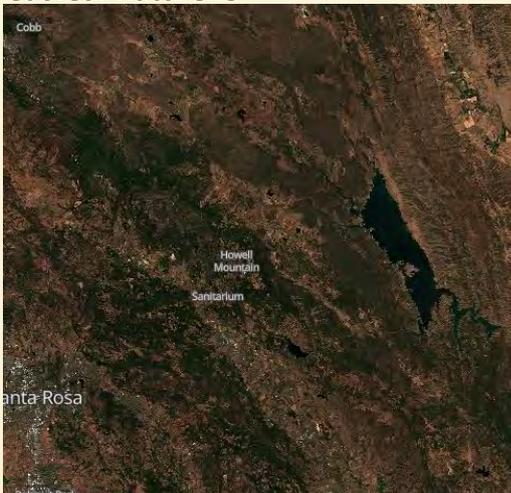
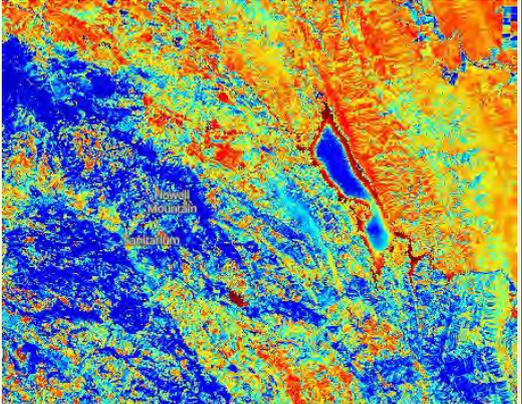


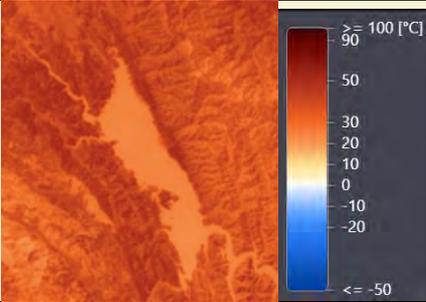
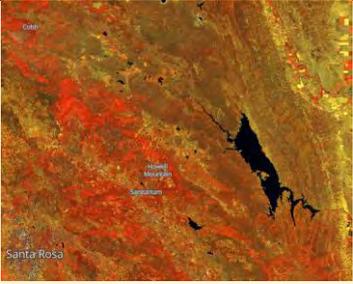
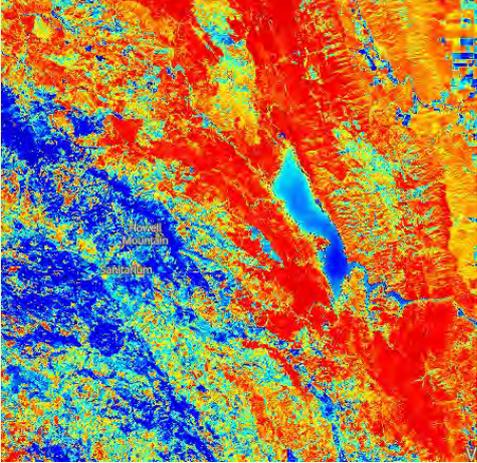
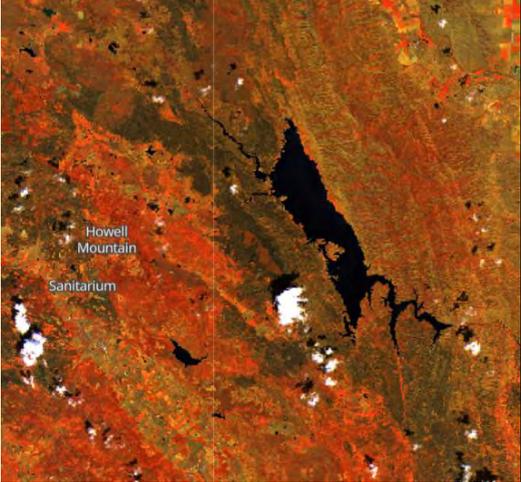
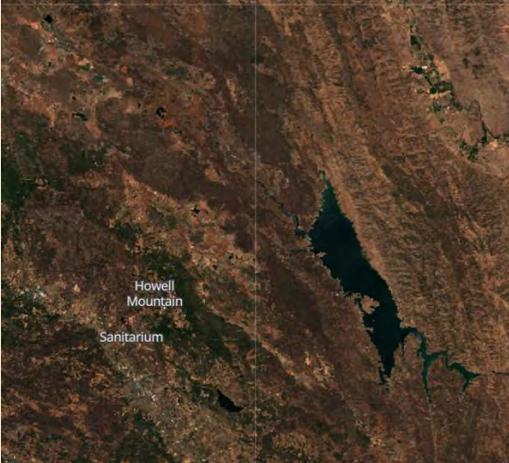
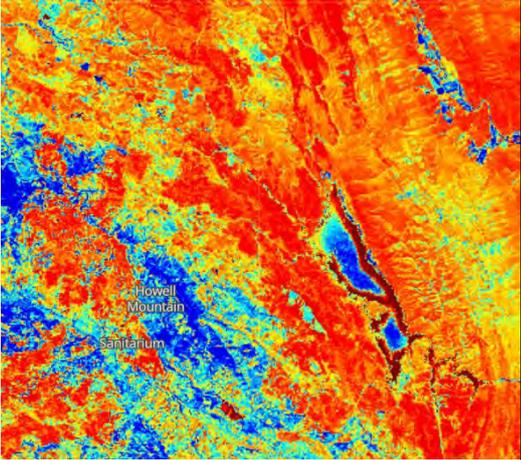
USDA forest service
1323 Club Drive
Vallejo, CA 94592
Voice: 707.562.8737
TTY: 707.562.9240
Fax: 707.562.9130

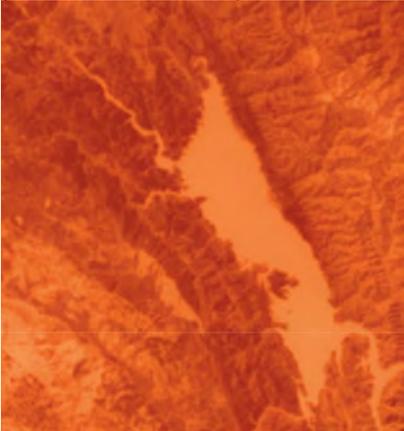


Berryessa Lac fire status report

Éléments de correction

<p>1. Etat pendant l'incendie exemple du 22 aout</p>	<p>En couleur naturelle</p> 	<p>Avec la composition colorée 8-5-1 les zones brûlée apparaissent en noire</p> 
	<p>Mesure de la surface avec l'outil « draw area » : $1540.09 \text{ km}^2 - 83,77 \text{ km}^2 \text{ du lac Berryessa} = 1456,32 \text{ km}^2$</p>	
<p>Indice front de flamme 12-11-5</p> 		
<p>2. Avant l'incendie : identifier la cause grâce au moisture index 12 aout</p>	<p>Couleur naturelle</p>  <p>Landsat 8 : thermal index Estimation 50°C</p>	<p>Moisture index Identification de la sécheresse autour du lac</p>  <p>Pour information la composition colorée « incendie » ne donne pas de signature</p>

		
<p>3. Après l'incendie 30 novembre</p>	<p>Moisture index</p> 	<p>Composition colorée 8-5-1 Les stigmates de l'incendie sont visibles en noir</p> 
<p>Après l'incendie 14 Avril</p>	<p>True color (4-3-2)</p> 	<p>Composition colorée 8-5-1</p> 
<p>4. Une estimation aujourd'hui des risques incendie (date de référence 23 juin)</p>	<p>True color</p> 	<p>Moisture index Grande sécheresse : aléa important</p> 

	<p>Remarque : il est possible de délimiter la zone de l'incendie (avec « draw area ») pour remarquer que l'incendie est proche des villes notamment Vacaville.</p>	<p>Enjeu relativement important : Sacramento n'est pas très loin ainsi que d'autres villes plus petites visible avec la composition False color (urban)</p> 
	<p>Estimation de la température Estimation 40-45°C Il est possible de comparer avec la situation avant l'incendie (il fait un peu moins chaud).</p> 	

Pour aller plus loin :

I. Afficher les vents

A l'aide du site <https://earth.nullschool.net/fr/> il est possible d'afficher les vents à une période donnée. Dans la zone les vents sont assez multiples, rendant plus difficile le travail des pompiers.



Remarque : l'outil 3D permet d'observer la topographie pour compléter avec les vents

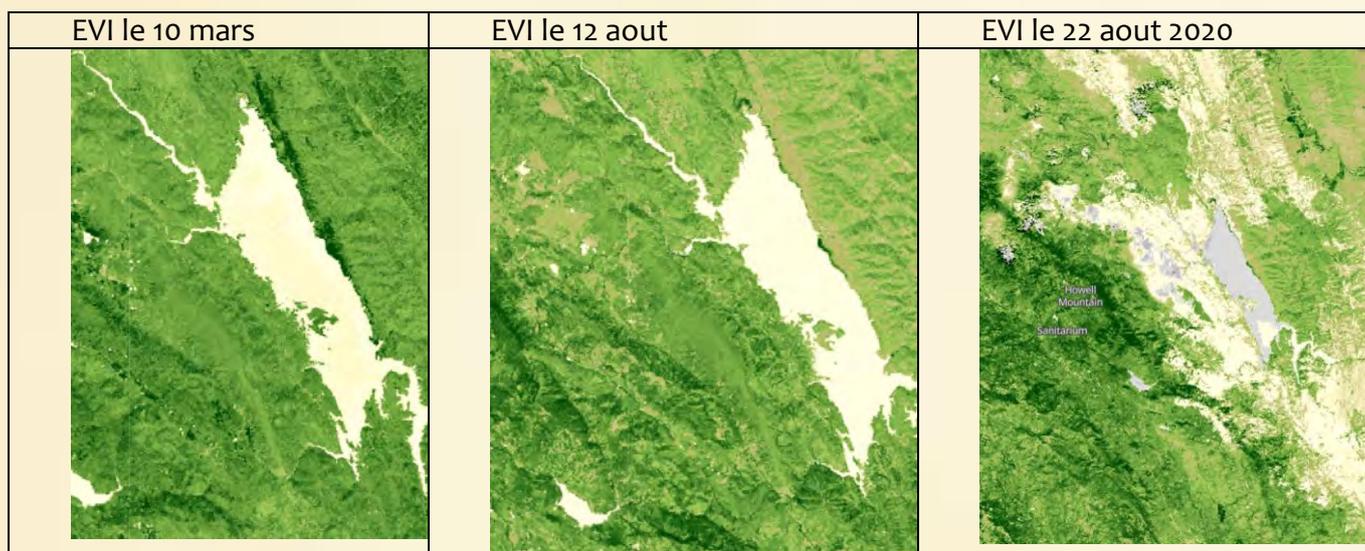


II. Mesurer la sécheresse de la végétation : EVI index

L'indice de végétation avancée permet d'afficher la sensibilité de la végétation à la sécheresse. Pour cela il faut copier coller le lien suivant dans « custom script » « load script from URL ».

<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/evi/script.js>

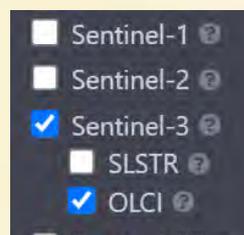
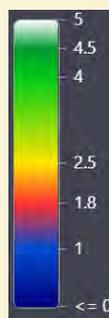
Tous les scripts possibles sont disponibles dans <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/#sentinel-2>



III. Sentinel-3 et l'indice utilisant la chlorophylle

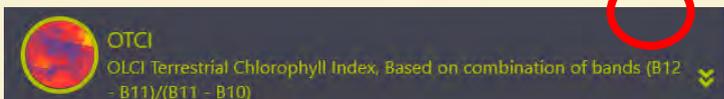
Une autre possibilité pour caractériser l'incendie est d'utiliser d'un indice réalisable à partir de canaux sentinel-3.

Recherchez les images aux mêmes dates en sentinel-2 et en cochant sentinel-3, OLCI. Affichez code couleur s'affiche au même endroit que précédemment.

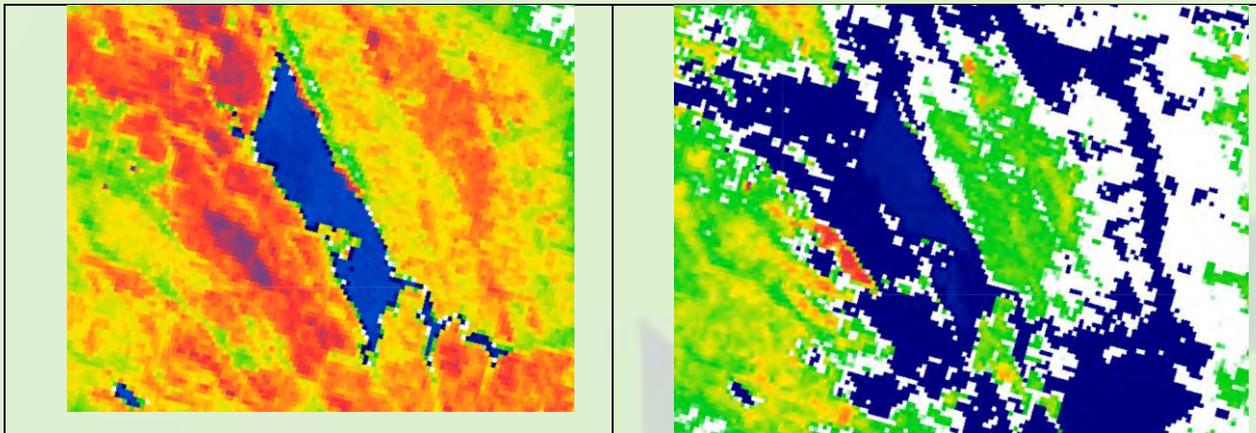


OTC. Il s'agit

décochant l'OTCI. Le



OTCI 4 aout 2020	OTCI le 23 aout 2020
------------------	----------------------



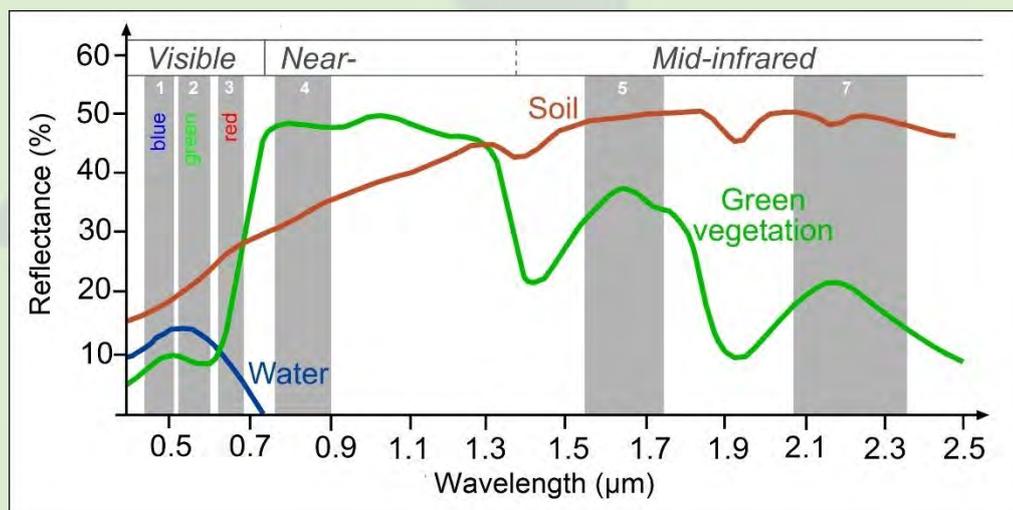
Remarque : si vous souhaitez travailler sur un feu plus récent vous pouvez utiliser ce lien pour les repérer : <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> en utilisant + addlayer et en ajoutant fire and thermal anomalies.

Compléments scientifiques

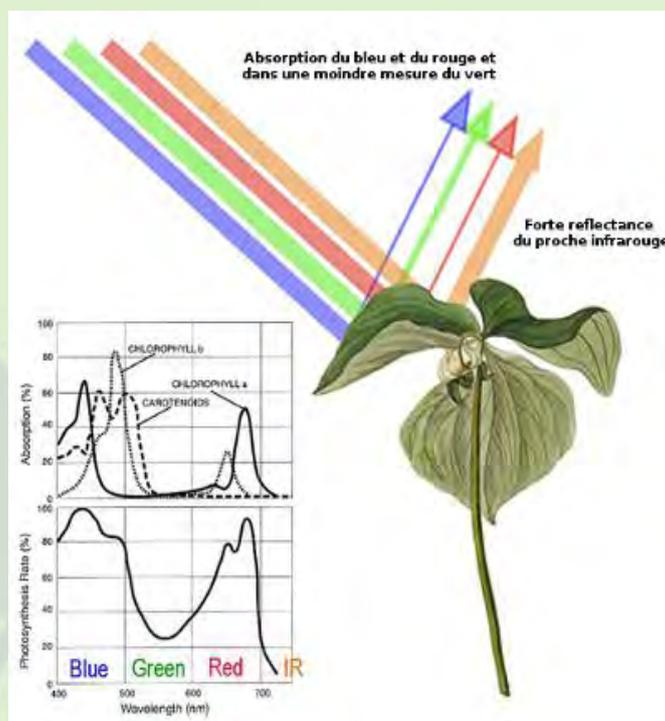
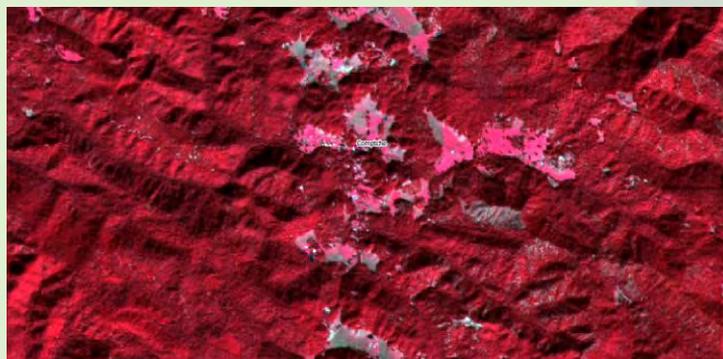
Rappel sur la notion de signature spectrale

La signature spectrale d'un objet est l'ensemble des réflectances d'un objet donnée. Elle permet de discriminer cet objet d'un autre. Plus on utilise de longueurs d'onde différentes, plus la discrimination est fine : il existe en effet de nombreux objets présentant des réflectances similaires pour une longueur d'onde donnée.

Il existe des situations où l'utilisation de longueurs d'onde hors du domaine du visible s'avère plus efficace. Pour visualiser les réflectances, on peut avoir une approche numérique ou proposer une composition colorée combinant plusieurs réflectances

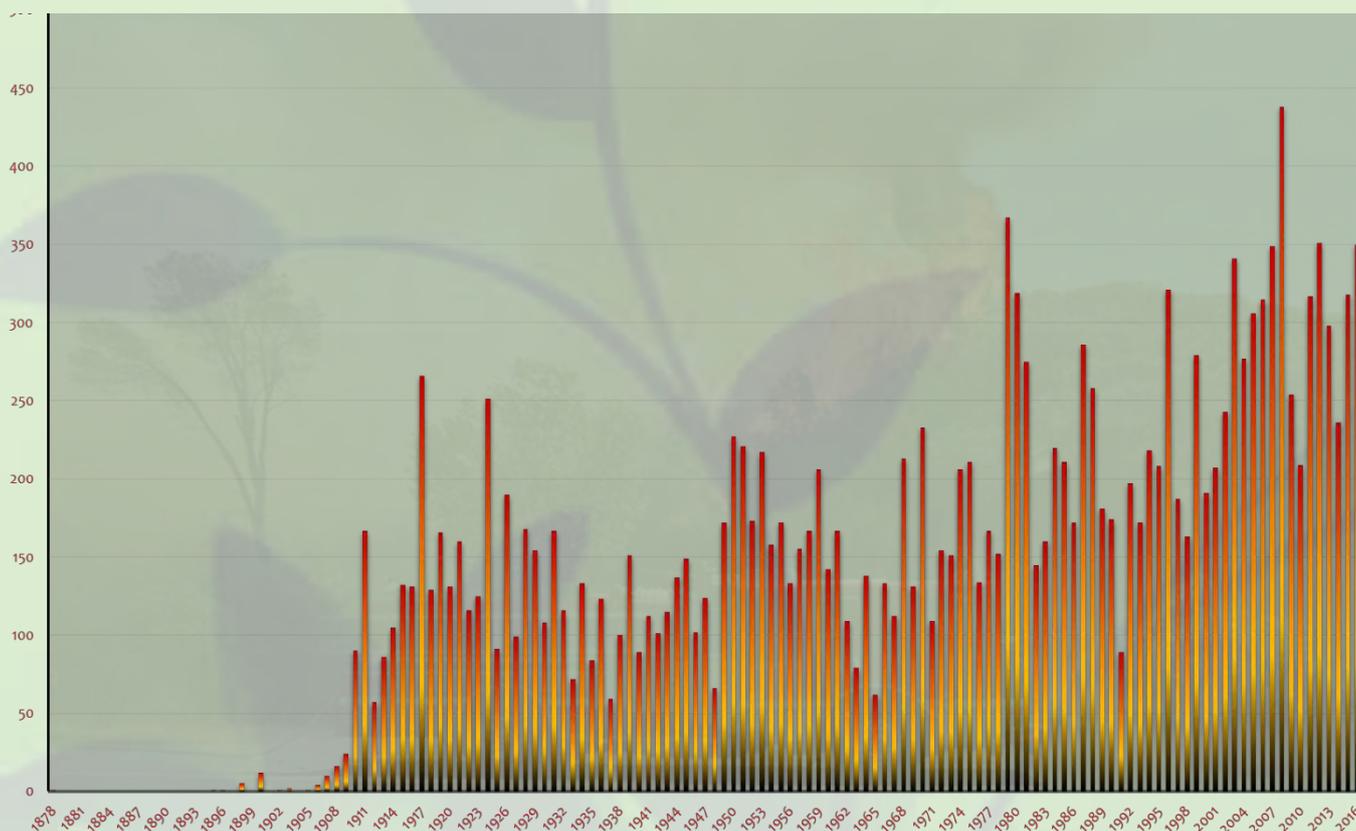


Exemples de différentes signatures spectrales

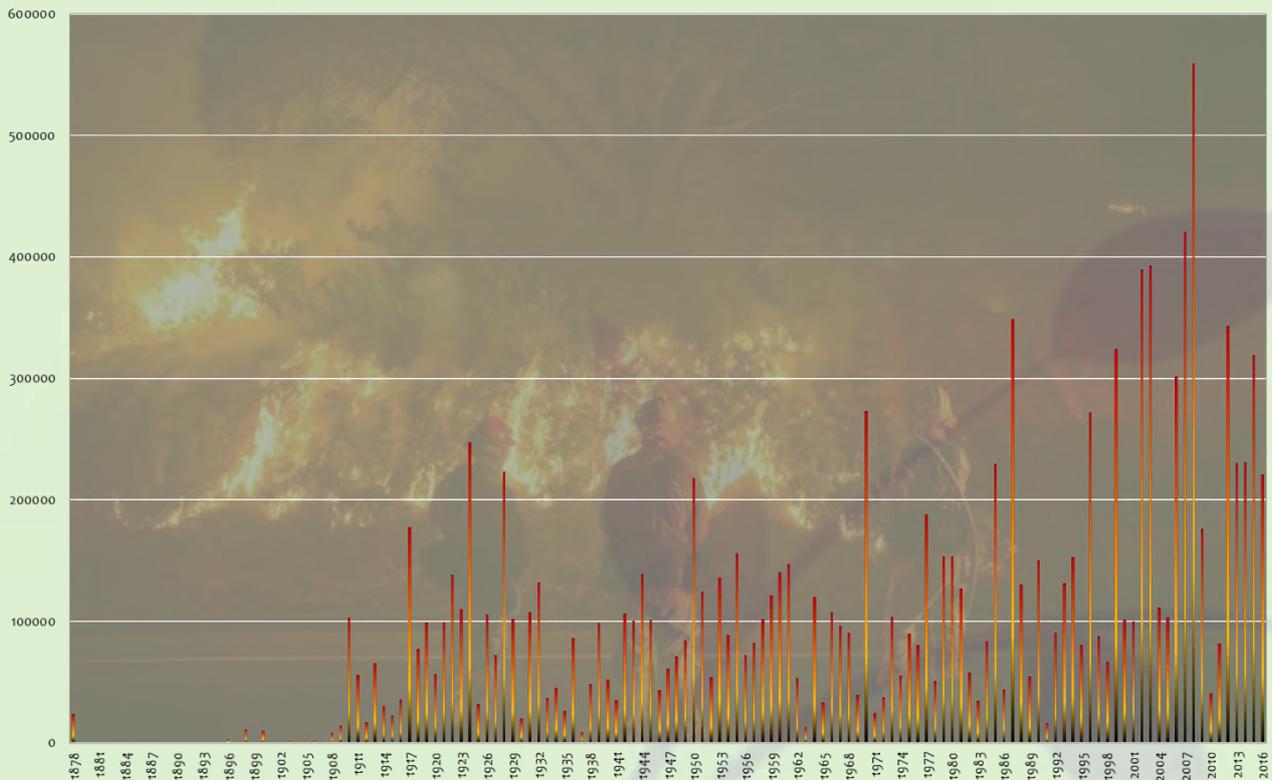


Deux compositions colorées différentes (RVB en haut, PIRRV en bas). La composition colorée du bas est régulièrement utilisée car elle permet de mettre efficacement la végétation en lien avec la forte absorption des pigments chlorophylliens dans la couleur rouge.

Quelques statistiques sur les incendies en Californie



Ce graphe présente l'évolution du nombre d'incendie dans l'Etat de Californie depuis 1879



Ce graphe présente l'évolution de la surface incendiée annuelle dans l'Etat de Californie depuis 1879. La tendance est similaire à celle du graphe précédent, à savoir une élévation du nombre de ces événements avec des conséquences plus marquées

Détecter les incendies actifs depuis l'espace

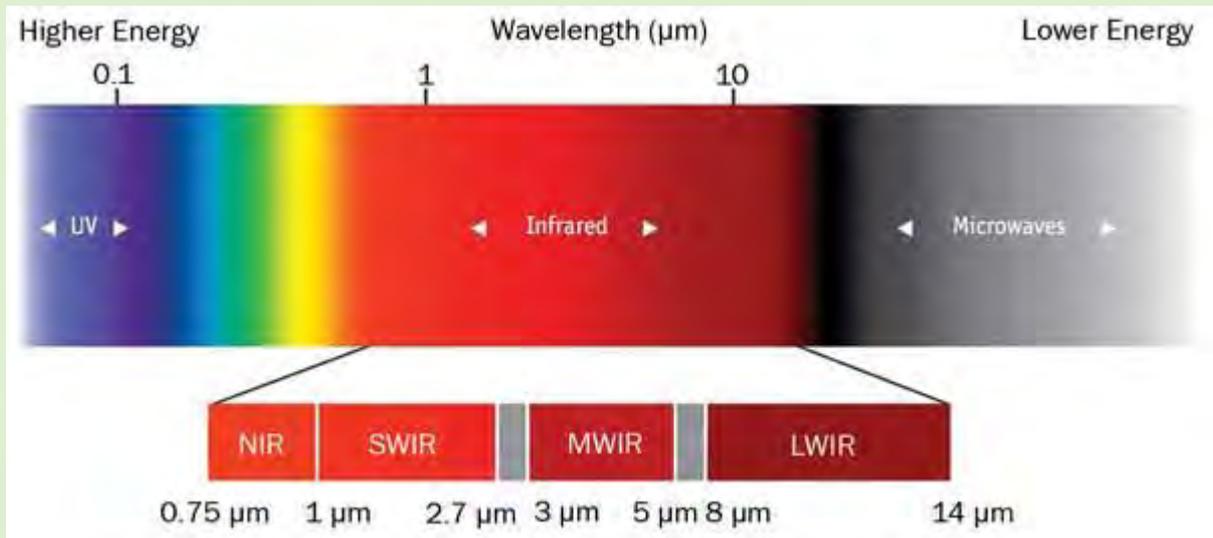
Un incendie est caractérisé par sa température élevée. Il est possible depuis l'Espace d'estimer la température de surface et donc de repérer une anomalie positive significative qui pourra être alors interprétée comme une zone incendiée. Cette technique s'appuie essentiellement sur des mesures réalisées dans l'infrarouge thermique

Le capteur MODIS qui est un radiomètre multispectral est utilisé pour permettre une détection automatique des incendies via ce principe

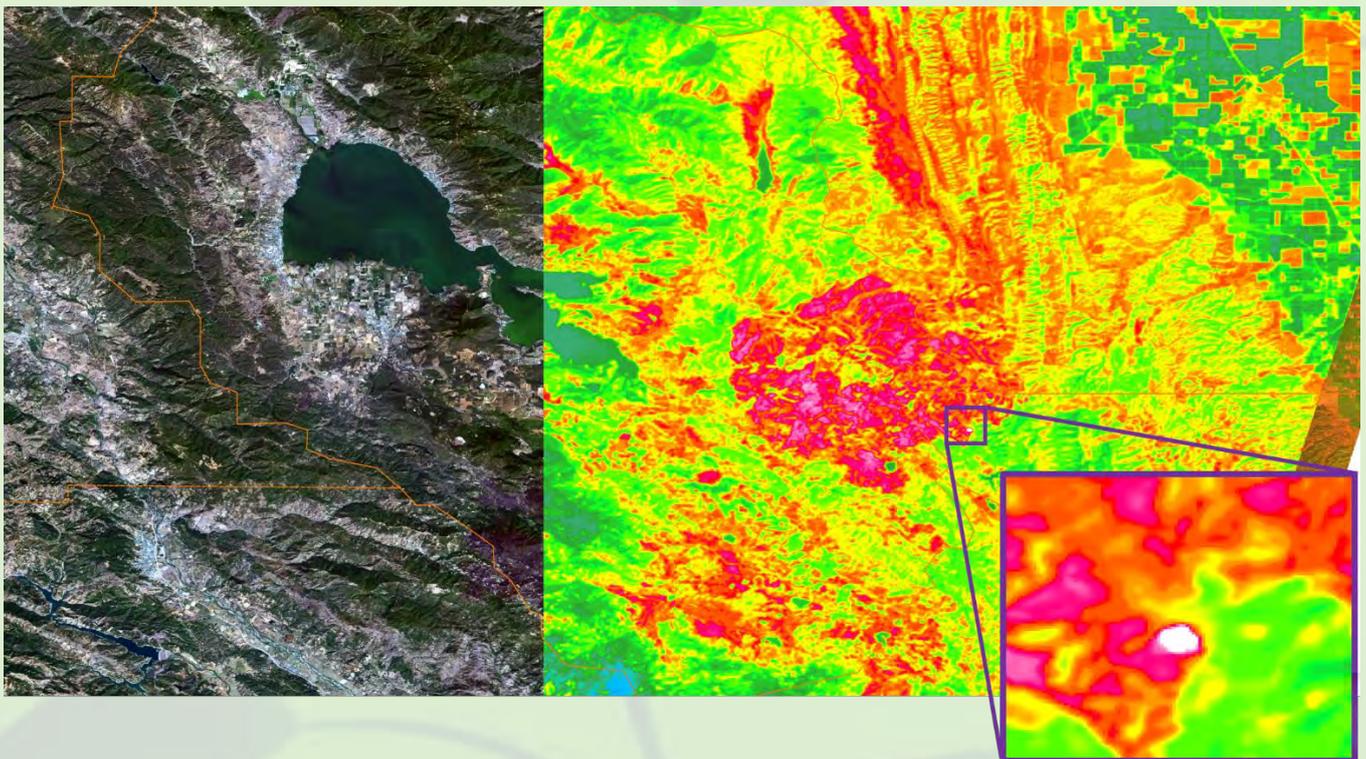
Un algorithme complexe de traitement des pixels permet de déterminer la température du foyer mais également l'énergie libérée par l'incendie. Ce suivi automatisé permet une bonne analyse statistique des zones subissant des fréquences élevées d'incendie

Néanmoins la résolution moyenne de MODIS et surtout la faible répétitivité des satellites équipés par MODIS (TERRA et AQUA) ne permet pas une utilisation réellement préventive car les foyers naissants sont difficilement détectables

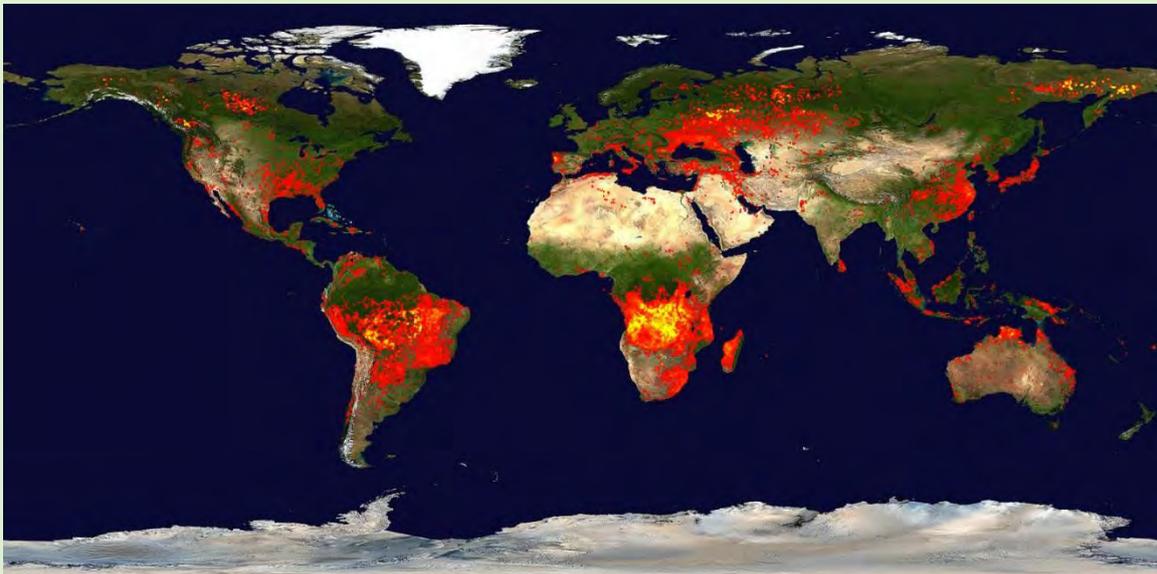
Un projet appelé FireSat est à l'étude, il s'appuierait sur une constellation satellite permettant une couverture complète et rendant possible une détection d'incendie de faible extension (10-15m)



Les différentes zones du rayonnement infrarouge



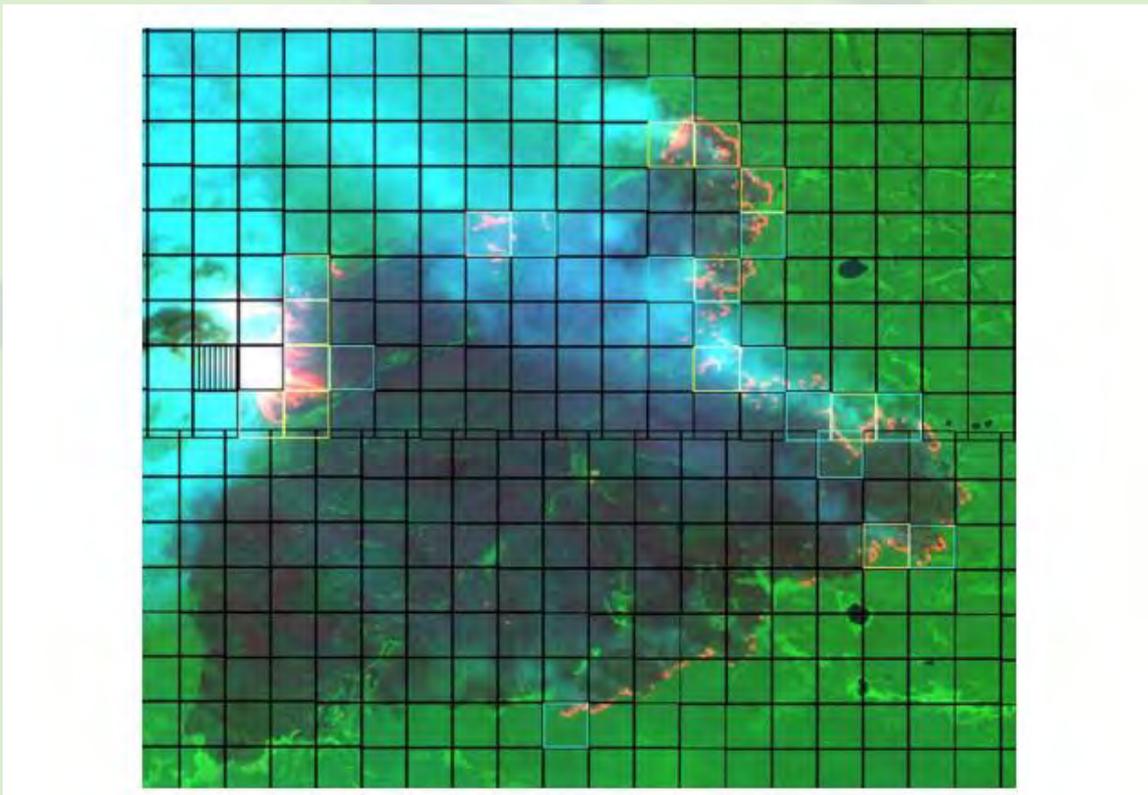
Landsat 8 réalise de mesures dans les bandes spectrales correspondant à l'infrarouge thermique grâce au capteur TIRS. L'image initialement en nuance de gris est colorée avec une palette permettant de souligner les différences de température



Les incendies détectés depuis l'Espace en une année (2015)

Channel	Central wavelength (μm)	Purpose
1	0.65	Sun glint and coastal false alarm rejection; cloud masking.
2	0.86	Bright surface, sun glint, and coastal false alarm rejection; cloud masking.
7	2.1	Sun glint and coastal false alarm rejection.
21	3.96	High-range channel for fire detection and characterization.
22	3.96	Low-range channel for fire detection and characterization.
31	11.0	Fire detection, cloud masking.
32	12.0	Cloud masking.

Les différentes bandes spectrales utilisées par le satellite MODIS pour détecter des incendies actifs



Grille de détermination obtenue par le satellite MODIS lors d'un incendie en 2002 (L'image en arrière-plan est celle obtenue du même incendie par un autre satellite (ASTER)). Les carrés bleus et jaune indiquent les zones détectées comme active pour l'incendie

Activité 2 : Comprendre la modélisation d'une carte de risque réalisée grâce aux données spatiales



Présentation des activités élèves

Introduction : La maladie West Nile

La maladie apparaît sur le sol américain en 1999 sur la côte Est. En moins de trois ans, la Californie est touchée. La maladie West Nile touche l'ensemble du territoire. On observe une hétérogénéité certaine des territoires touchés.

A l'échelle de l'état de Californie, la maladie est désormais installée. On observe une augmentation significative du nombre de moustiques porteurs

On cherche à établir le risque de contracter cette maladie sur un le comté de Clearlake en Californie
Le principe consiste à établir la probabilité de la présence des deux agents indispensables à l'apparition de la maladie :

- Le moustique vecteur
- L'hôte (être humain) susceptible d'être piqué par le moustique

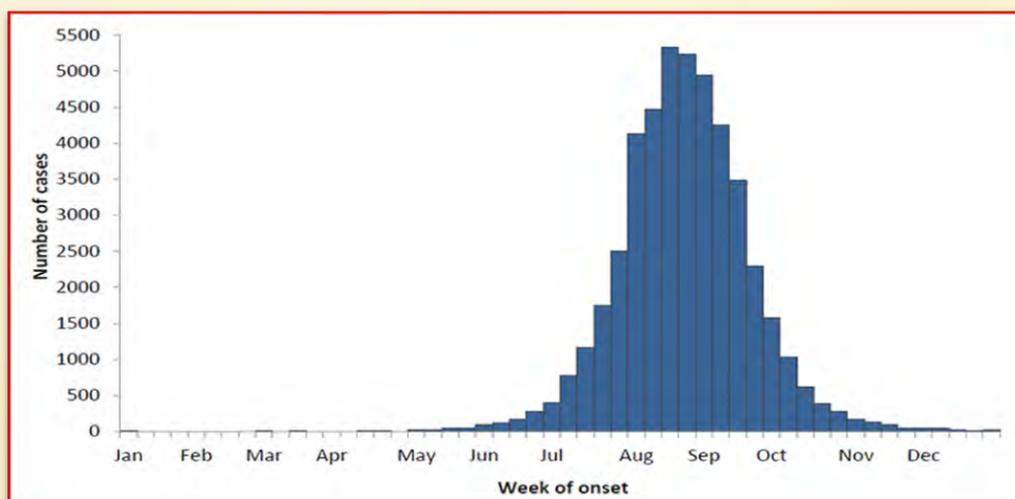
L'élaboration de ce modèle de probabilité s'appuie sur les étapes suivantes :

1. Etablir les facteurs déterminant le risque d'apparition d'un cas de maladie West Nile
2. Déterminer pour chaque facteur sa contribution au risque épidémique
 - 2.1 Obtenir sous la forme d'une carte les valeurs au sein de la zone d'étude pour chacun des facteurs
 - 2.2 Relier la gamme de valeurs observées avec un gradient de probabilité de la présence du moustique
 - 2.3 Convertir la carte des valeurs en une carte de probabilité
3. Fusionner les différentes cartes de probabilités pour établir la carte de risque en la couplant à la densité de population

1. Etablir les facteurs déterminant le risque d'apparition d'un cas de maladie West Nile

On commence par considérer les facteurs susceptibles de permettre la présence du vecteur moustique. La distribution annuelle des individus contaminés révèle une nette saisonnalité. Ceci suggère une influence déterminante du climat. Celle-ci peut être confirmée expérimentalement. L'expérience d'Alto suggère le rôle décisif de deux facteurs climatiques : la température et l'humidité

Document 1 : Evolution du nombre de cas sur l'année 2018 en Californie



Document 2 : Expérience d'Alto

Conditions expérimentales	Milieu à faible fluctuation		Milieu à forte fluctuation		Milieu sec	
Condition d'humidité	Le bassin est rempli lorsque 90 % de l'eau est évaporé		Le bassin est rempli lorsque 25 % de l'eau est évaporé		Le bassin est rempli lorsque toute de l'eau est évaporé	
Température	30°C	22°C	30°C	22°C	30°C	22°C
Résultats						
Nombre d'individus	+++	+	++++	+	+	+
Temps de développement des adultes	---	-	---	--	-	-
Lots d'œufs produits	+++	+	++++	+	+	+
Nombre de repas de sang	++++	++	+++++	++	+	+

Expérience d'Alto (Université de Floride) sur l'évolution des populations en fonction de la température et de l'humidité. Différentes populations d'effectif de moustiques sont élevées dans différentes conditions durant plusieurs semaines. On détermine à la fin de l'expérience la taille des populations

L'étude du cycle de vie et des caractéristiques des moustique permettent de repérer d'autres facteurs décisifs :

- La couverture végétale qui permet aux moustiques de résister à des hautes températures durant la journée et qui permet également la nutrition des males
- La présence de points d'eau, indispensable pour la ponte durant le stade larvaire de l'animal

2. Déterminer pour chaque facteur sa contribution au risque épidémique

AE1 : Ouvrir le fichier de travail

1. Ouvrir le fichier QGIS Modèle moustique mai 2020 situé dans le dossier AD4

2.1 Température

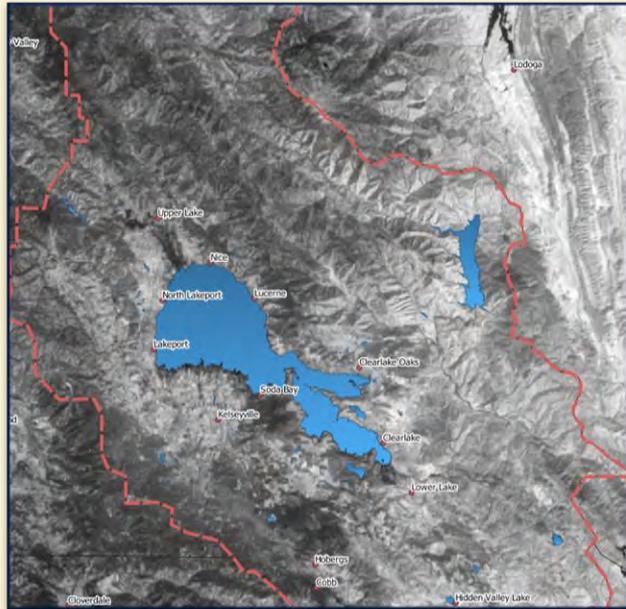
2.1.1 Obtenir une carte des valeurs au sein de la zone d'étude

La mesure de la température peut se déduire d'une seule mesure radiométrique de réflectance réalisé dans l'infrarouge thermique. La mesure de réflectance doit être convertie en une mesure de température par une formule de transformation propre à chaque capteur de satellite. Cette mesure ne correspond pas à la mesure de la température météorologique puisqu'elle correspond à la mesure de la température déduite du rayonnement des objets présents à la surface. Cette température de surface peut diverger de plusieurs degrés avec la température météorologique elle n'en constitue pas moins un indicateur pertinent pour considérer le cycle de vie du moustique

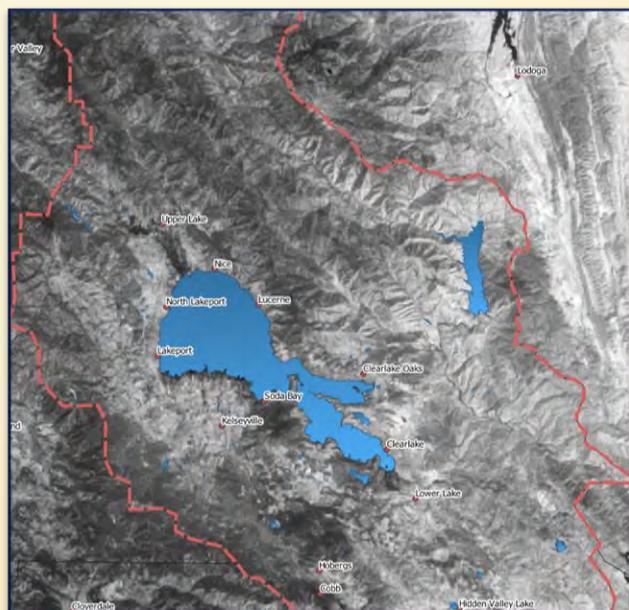
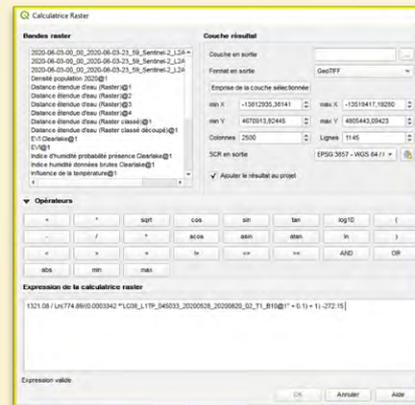
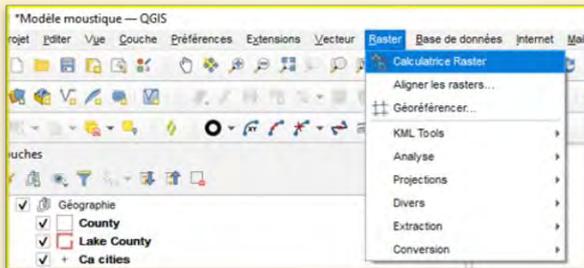
AE2 : Etablir la carte de probabilité en lien avec les températures

2. Afficher la couche Landsat 8 mai 2020 B10 t située dans le groupe température au sein du groupe Couches de travail

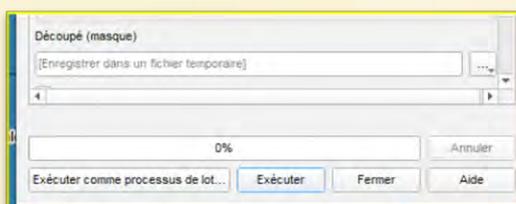
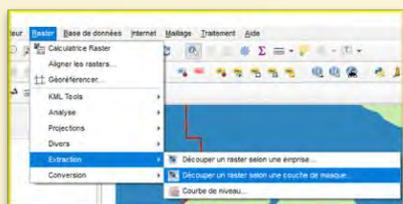




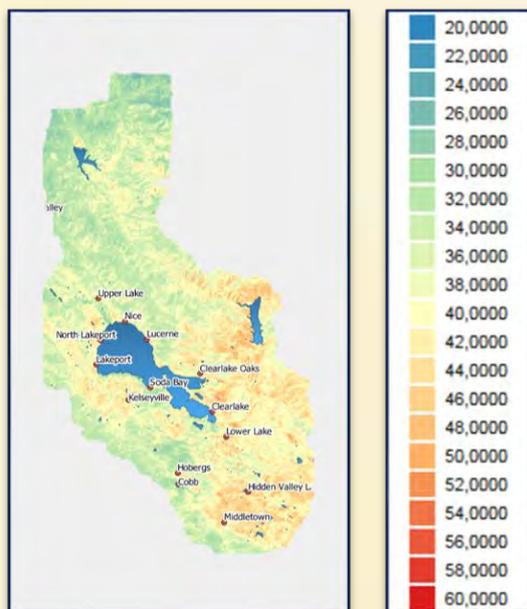
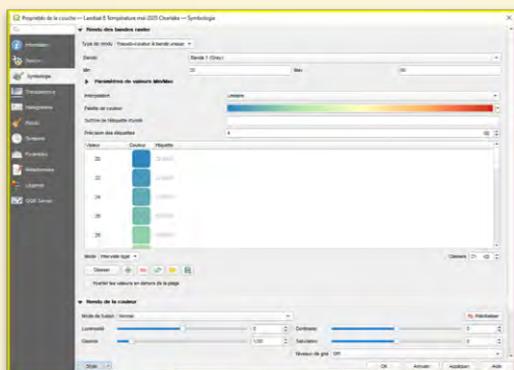
3. Afficher la couche Landsat 8 mai 2020 B10 t situé dans le groupe température au sein du groupe Couches de travail
4. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER
5. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule de transformation :
6. $1321.08 / \ln(774.89 / (0.0003342 * "Landsat 8 mai 2020 B10 t@1" + 0.1) + 1) - 272.15$
7. Nommer le fichier : Landsat 8 Température mai 2020



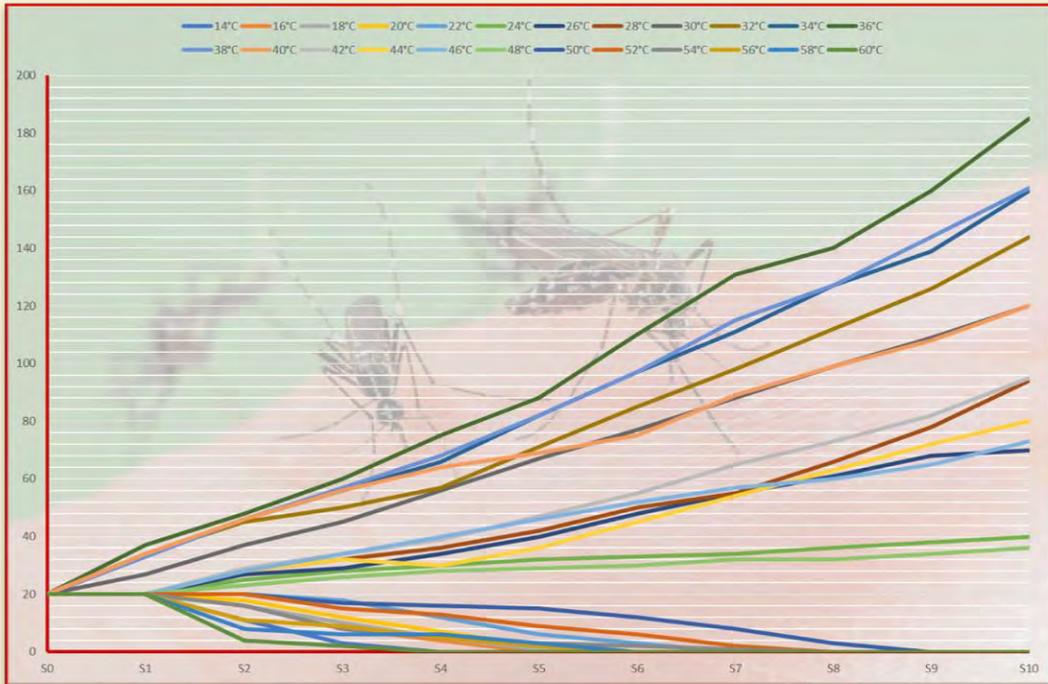
8. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE
9. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre couche Landsat 8 Température mai 2020 comme couche source
10. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque
11. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom à votre fichier de destination : Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake
12. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré



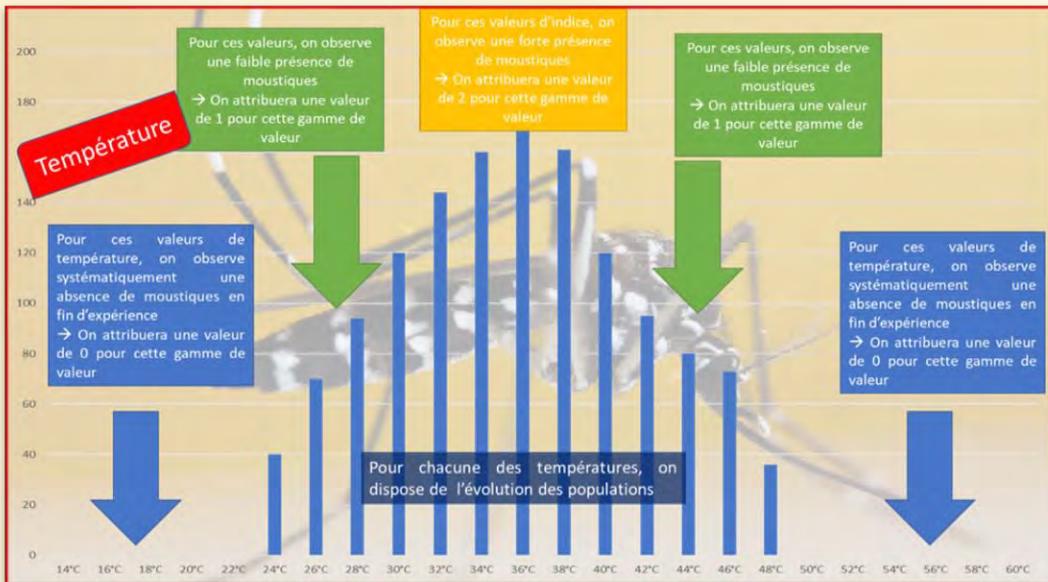
13. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
14. Cliquer sur le bouton STYLE puis CHARGER LE STYLE. Sélectionner dans le dossier de travail au sein du dossier température la palette température



Pour relier la mesure de température de surface avec la probabilité de présence des moustiques on utilise une approche expérimentale. On réalise des élevages de moustiques dans des conditions similaires à l'exception de la température. On définit une taille de population initiale et on suit l'évolution de la taille de cette population au cours du temps pour une durée de donnée. On compare ensuite les résultats observés pour les différentes températures



Pour chacune des températures, on dispose de l'évolution des populations



Pour chacune des températures, on dispose de la taille de la population finale

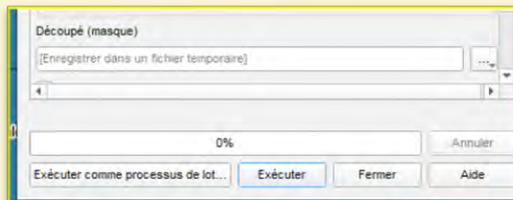
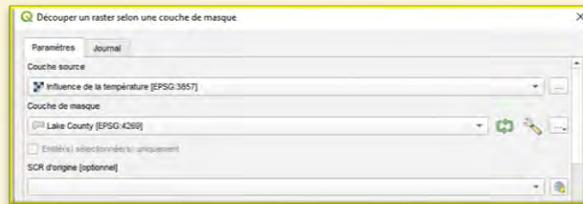
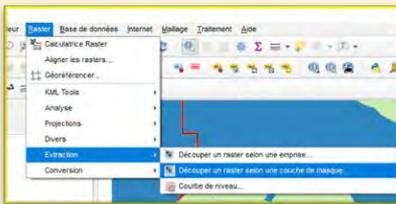
Dès lors il est possible d'utiliser la calculatrice RASTER afin d'attribuer à chaque pixel une valeur comprise entre 0 et 3 en fonction de la valeur de l'indice radiométrique de l'humidité. On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

Température	<22	[32; 32[	[32-40]	[40 ; 50]	>50
Valeur attribuée au pixel	0	1	2	1	0

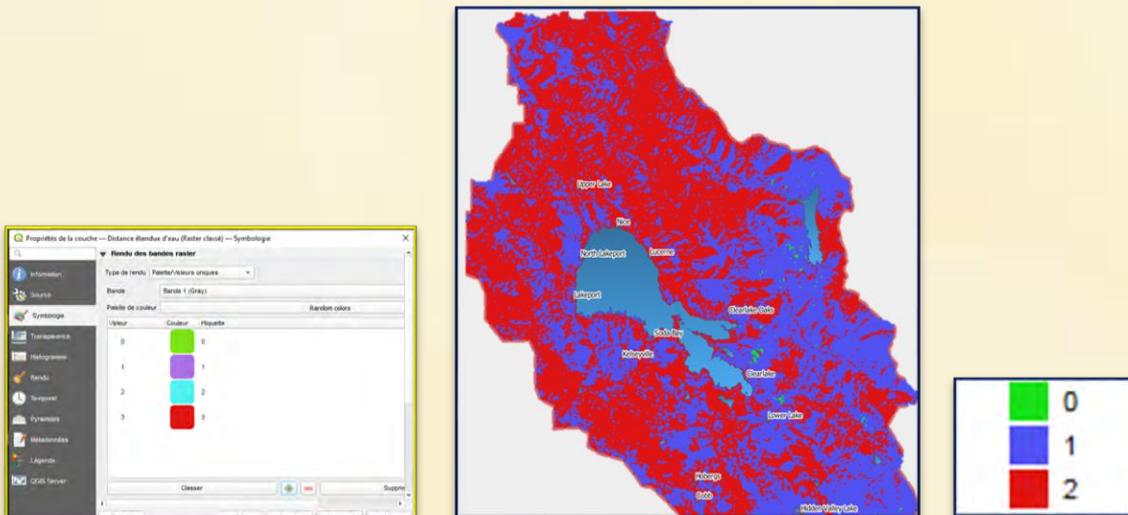
15. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER. Entrer la formule :
16. ("Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" < 22) * 0 + ("Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" > 50) * 0 + ("Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" >= 22 AND "Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" < 32) * 1 + ("Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" <= 50 AND "Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" > 40) * 1 + ("Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" <= 40 AND "Landsat 8 Température mai 2020 Clearlake@1" >= 32) * 2
17. Nommer le fichier : Influence de la température



18. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE
19. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre couche Influence de la température comme couche source
20. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque
21. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom : Influence de la température Clearlake à votre fichier de destination
22. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré



23. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
24. Dans TYPE DE RENDU sélectionner Palette/valeurs uniques
25. Cliquer sur CLASSER puis OK

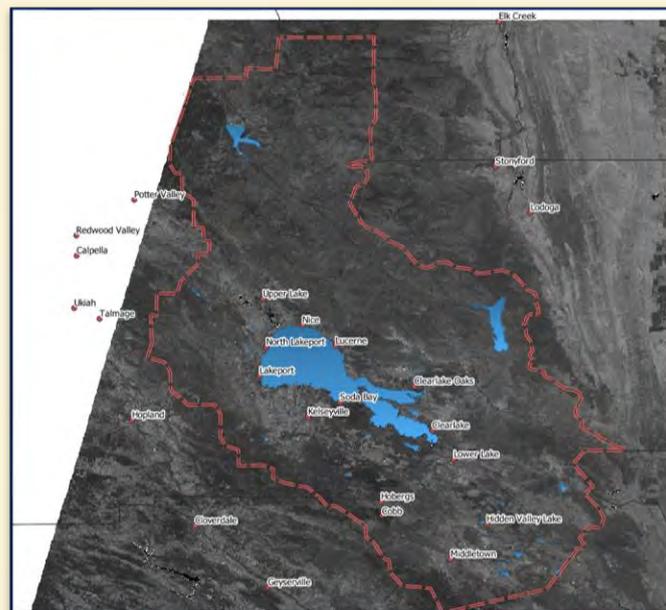
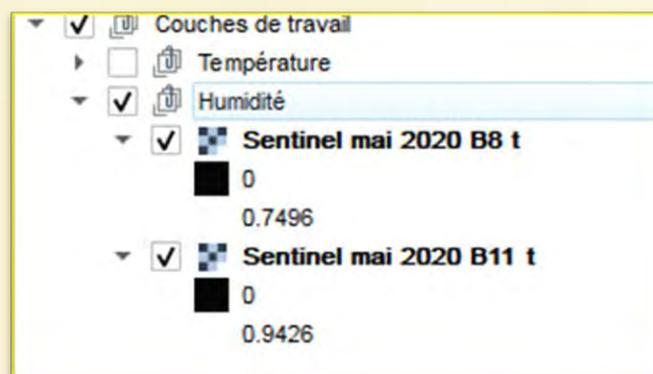


2.2 Humidité

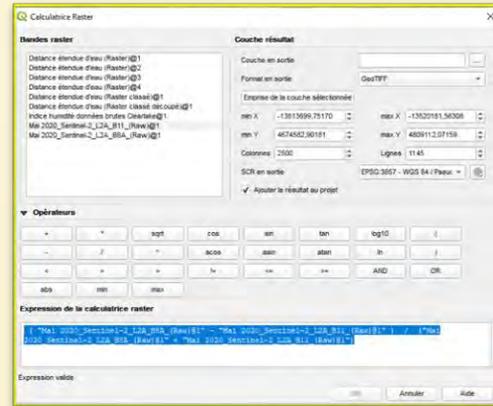
La mesure de l'humidité des sols peut se faire par le calcul d'un indice radiométrique. On dispose de mesures réalisées par le satellite SENTINEL au mois de mai 2020. Il est possible de calculer cet indice radiométrique grâce à la formule : $(B8A-B11)/(B8A+B11)$. Il est donc possible de récupérer les données correspondant à chacune des bandes spectrales et de calculer cet indice en utilisant la calculatrice RASTER. Le traitement effectué permet d'obtenir une image où chaque pixel possède une valeur comprise entre -1 et 1. Il est possible d'afficher cette image en attribuant une nuance de gris en fonction de la valeur du pixel

AE3 : Etablir la carte de probabilité en lien avec l'humidité

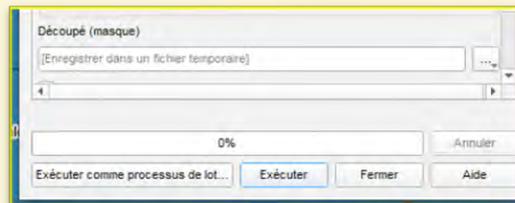
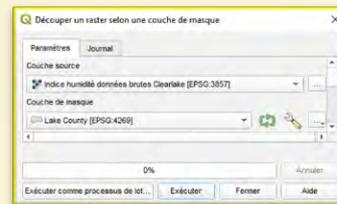
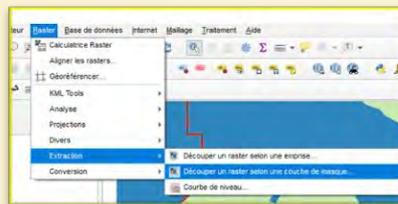
26. Rendre invisible les couches de températures en cliquant sur l'icône de visibilité dans la colonne de gauche
27. Afficher les couches Sentinel mai 2020 B8 t et Sentinel mai 2020 B11 t située dans le groupe humidité au sein du groupe Couches de travail



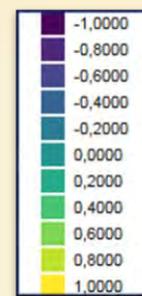
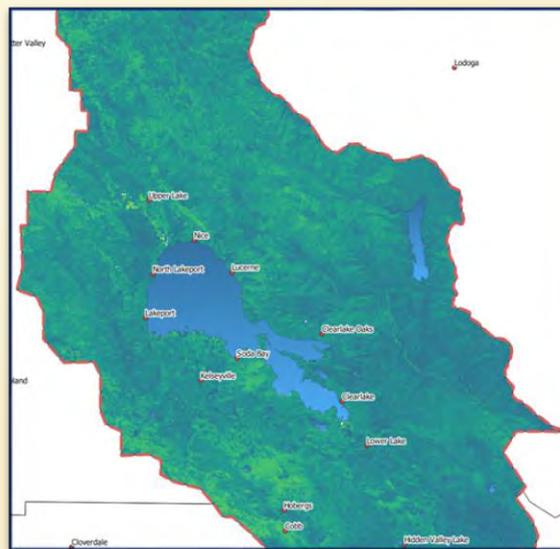
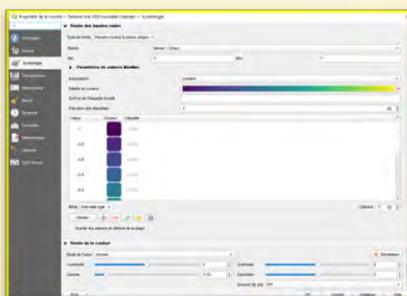
28. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER
29. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule de calcul de l'indice radiométrique d'humidité : $(\text{"Sentinel mai 2020 B8 t@1"} - \text{"Sentinel mai 2020 B11 t@1"}) / (\text{"Sentinel mai 2020 B8 t@1"} + \text{"Sentinel mai 2020 B11 t@1"})$
30. Nommer le fichier : Sentinel mai 2020 humidité



31. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE
32. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre couche Sentinel mai 2020 humidité comme couche source
33. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque
34. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom : Sentinel mai 2020 humidité Clearlake à votre fichier de destination
35. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré

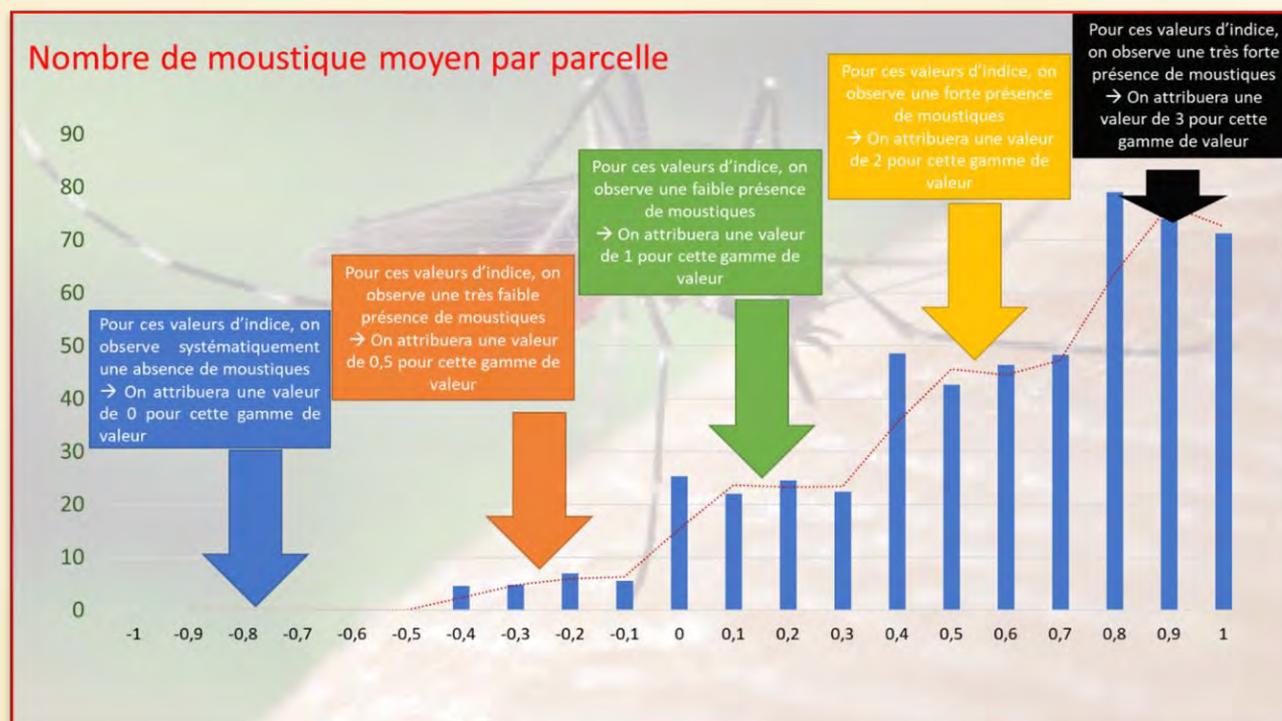
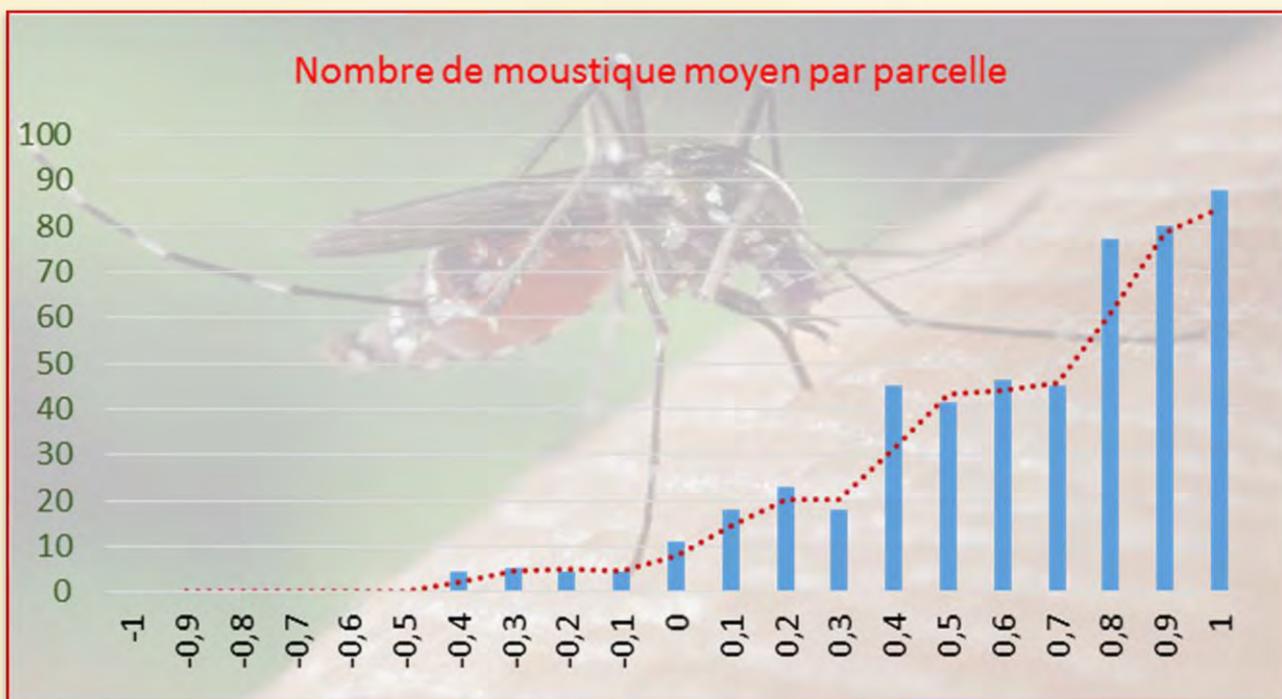


36. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
37. Cliquer sur le bouton STYLE puis CHARGER LE STYLE. Sélectionner dans le dossier de travail au sein du dossier humidité la palette humidité



Pour relier la mesure de l'indice de l'humidité avec la probabilité de présence des moustiques on utilise une approche statistique. On dispose d'un fichier Excel permettant de simuler une campagne de capture de moustiques effectuées sur différentes parcelles pour lesquelles on mesure simultanément le nombre de moustiques présent à un instant t et l'indice d'humidité. Il est possible de réaliser plusieurs simulations et de compiler les résultats afin d'en déduire une relation empirique entre l'indice d'humidité et le nombre de moustique. Pour chacune des zones, on dispose de parcelles où l'on mesure simultanément l'indice d'humidité et le nombre de moustique capturé

	Zone 1									
Indice d'humidité	-0,6	-0,7	0,6	-0,9	0,5	0,3	-0,8	0,8	0,8	0,8
Nombre de moustiques	0	0	54	0	34	16	0	85	80	65

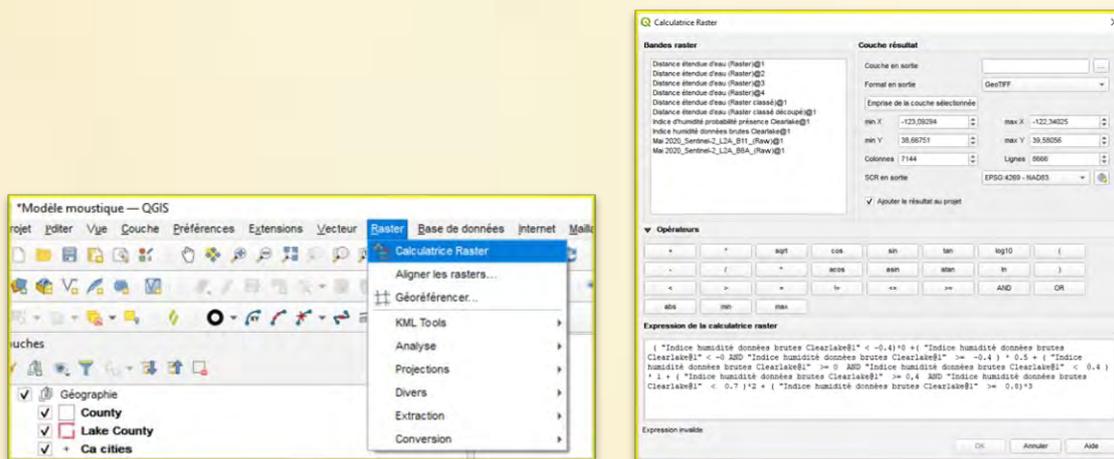


Dès lors il est possible d'utiliser la calculatrice RASTER afin d'attribuer à chaque pixel une valeur comprise entre 0 et 3 en fonction de la valeur de l'indice radiométrique de l'humidité. On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

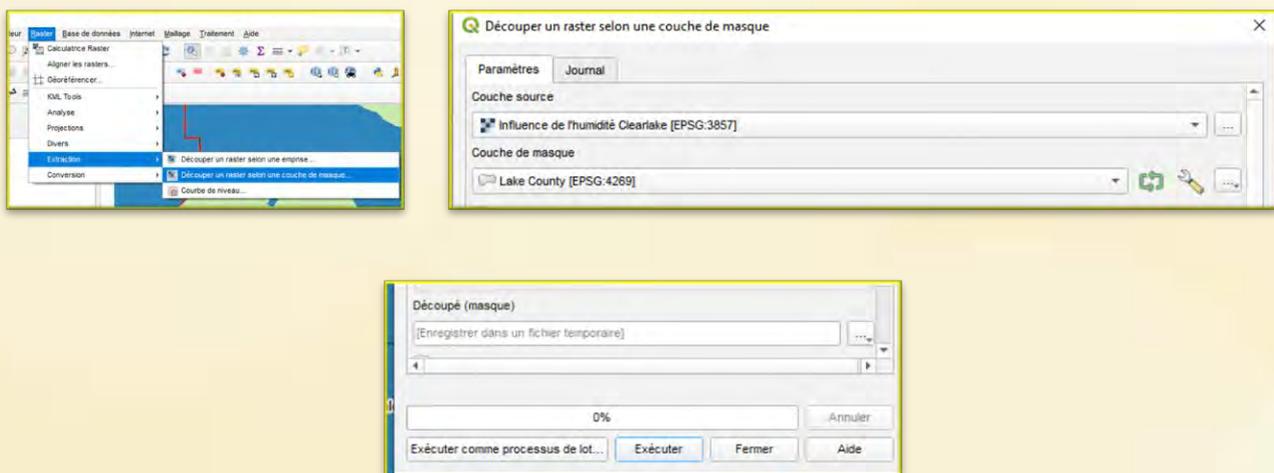
Indice d'humidité	[-1 ; -0,5]	[-0,4 ; -0,1]	[0 ; 0,3]	[0,4 ; 0,7]	[0,8 ; 1]
Valeur attribuée au pixel	0	0,5	1	2	3

38. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER
39. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule de correspondance :

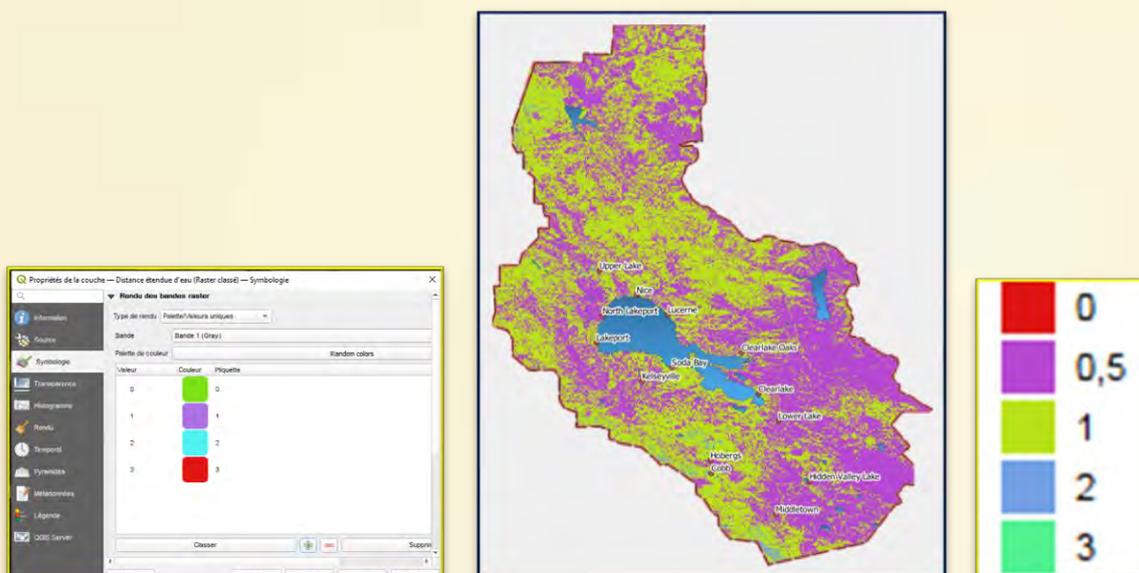
$$("Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" < -0.4) * 0 + ("Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" < -0\ AND\ "Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" >= -0.4) * 0.5 + ("Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" >= 0\ AND\ "Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" < 0.4) * 1 + ("Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" >= 0.4\ AND\ "Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" < 0.7) * 2 + ("Sentinel\ mai\ 2020\ humidit \ Clearlake\ @1" >= 0.8) * 3$$
40. Nommer le fichier : Influence de l'humidité



41. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE
42. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre couche Influence de l'humidité comme couche source
43. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque
44. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom : Influence de l'humidité Clearlake   votre fichier de destination
45. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré



46. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
47. Dans TYPE DE RENDU sélectionner Palette/valeurs uniques
48. Cliquer sur CLASSER puis sur OK

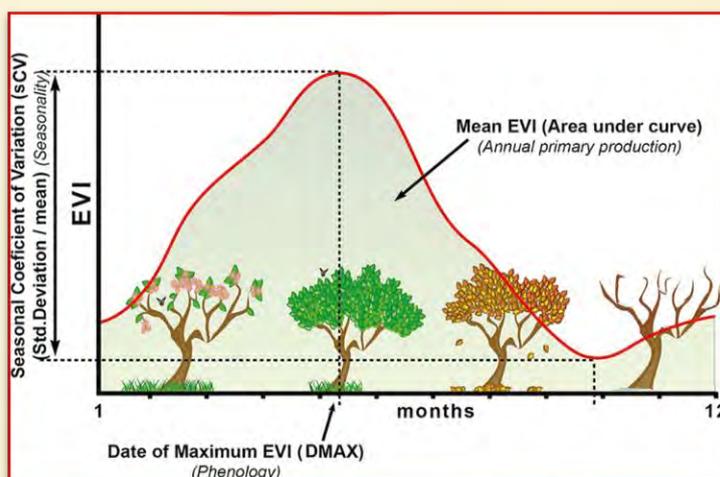


2.3 Végétation

La mesure de l'état de la végétation peut s'effectuer par l'utilisation d'un indice radiométrique appelé EVI (Enhanced Vegetation Index). On dispose de mesures réalisées par le satellite SENTINEL au mois de mai 2020. Il est possible de calculer cet indice radiométrique grâce à la formule : $2.5 * (B08 - B04) / ((B08 + 6.0) * B04 - 7.5 * B02) + 1.0$

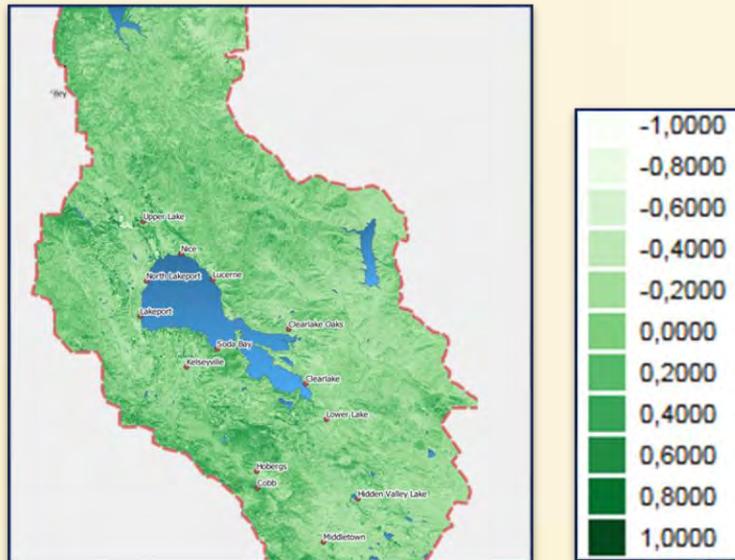
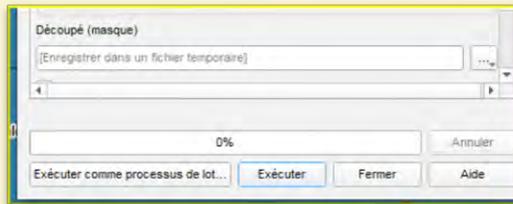
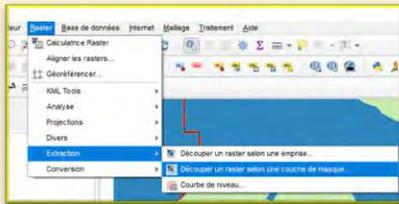
Il est donc possible de récupérer les données correspondant à chacune des bandes spectrales et de calculer cet indice en utilisant la calculatrice RASTER

Le traitement effectué permet d'obtenir une image où chaque pixel possède une valeur comprise entre -1 et 1. Il est possible d'afficher cette image en attribuant une nuance de gris en fonction de la valeur du pixel

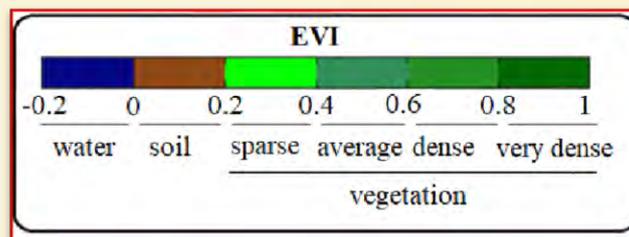


AE4 : Etablir la carte de probabilité en lien avec la végétation

49. Rendre invisible les couches de températures et d'humidité en cliquant sur l'icône de visibilité dans la colonne de gauche
50. Afficher les couches Sentinel mai 2020 B8 t, Sentinel mai 2020 B4 t et Sentinel mai 2020 B4 t située dans le groupe humidité au sein du groupe Couches de travail



Des études sur le terrain permettent de relier l'indice EVI avec le niveau du couvert végétal. Plus le couvert végétal est dense et plus il est susceptible de protéger efficacement le moustique



Dès lors il est possible d'utiliser la calculatrice RASTER afin d'attribuer à chaque pixel une valeur comprise entre 0 et 3 en fonction de la valeur de l'indice radiométrique de l'humidité. On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

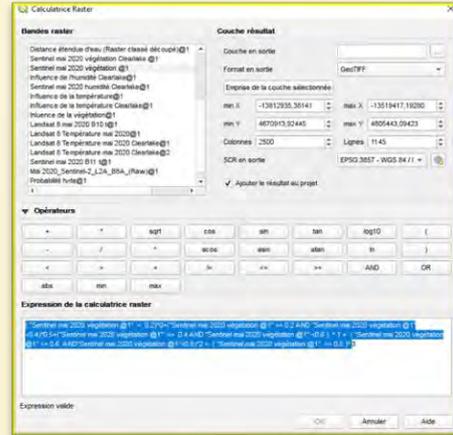
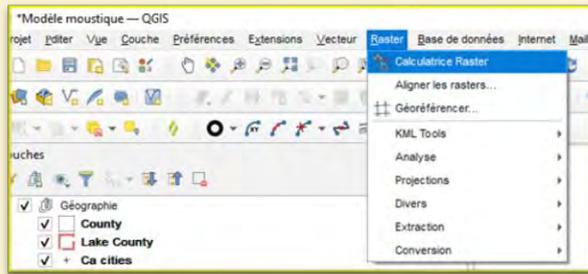
Indice EVI	[-1 ; 0,2[	[0,2 ; 0,4[	[0,4 ; 0,6[	[0,6 ; 0,8[	[0,8 ; 1]
Valeur attribuée au pixel	0	0,5	1	2	3

59. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER

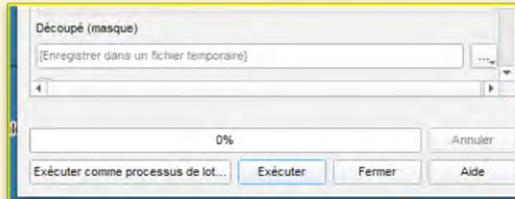
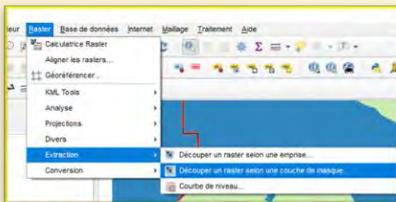
60. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule de correspondance :

$(\text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} < 0.2) * 0 + (\text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} \geq 0.2 \text{ AND } \text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} < 0.4) * 0.5 + (\text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} \geq 0.4 \text{ AND } \text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} < 0.6) * 1 + (\text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} \geq 0.6 \text{ AND } \text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} < 0.8) * 2 + (\text{"Sentinel mai 2020 végétation @1"} \geq 0.8) * 3$

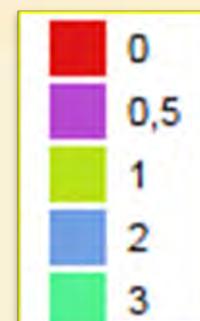
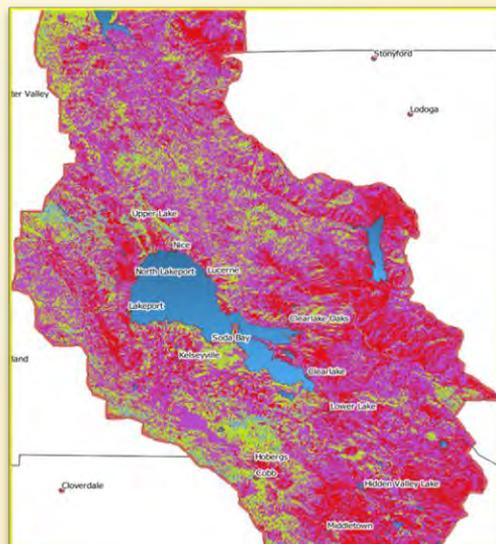
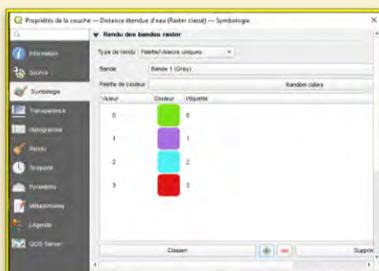
61. Nommer le fichier : Influence de la végétation



62. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE
63. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre Influence de la végétation comme couche source
64. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque
65. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom : Influence de la végétation Clearlake à votre fichier de destination
66. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré



67. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
68. Dans TYPE DE RENDU sélectionner Palette/valeurs uniques
69. Cliquer sur CLASSER
70. Cliquer sur OK

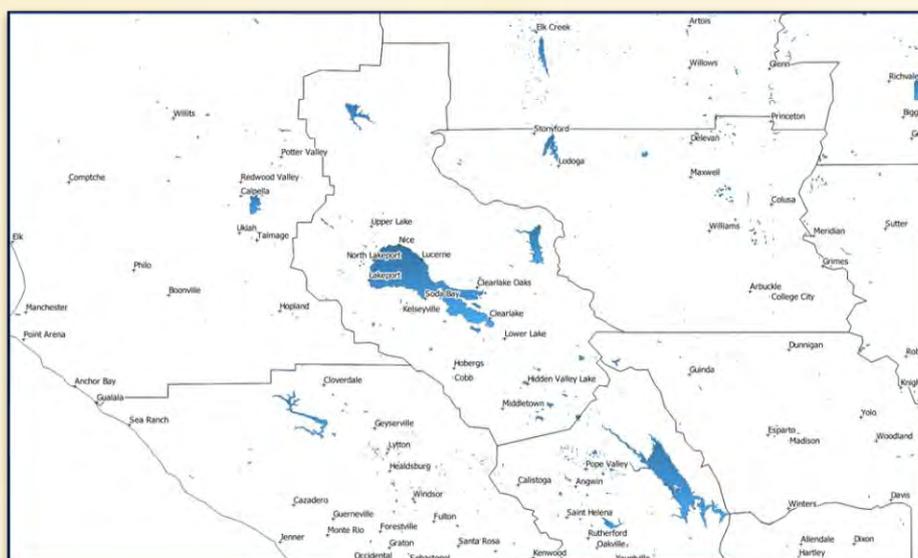
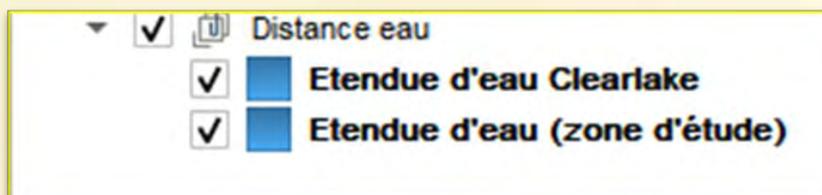


2.4 Distance à une étendue d'eau

La présence d'une étendue d'eau est indispensable car la phase larvaire des moustiques est aquatique. On dispose de données présentant les différences d'étendues d'eau présentes en Californie. Elles se présentent sous formes de données vectorielles téléchargées sur le site de données pour SIG de la Californie <https://gis.data.ca.gov/datasets/CDFW::california-lakes/explore> que l'on peut afficher dans le système d'information Géographique.

AE5 : Etablir la carte de probabilité en lien avec distance à un point d'eau

71. Rendre invisible les couches de températures, d'humidité et de végétation en cliquant sur l'icône de visibilité dans la colonne de gauche
72. Afficher la couche Etendue d'eau (zone d'étude) et Etendue d'eau Clearlake

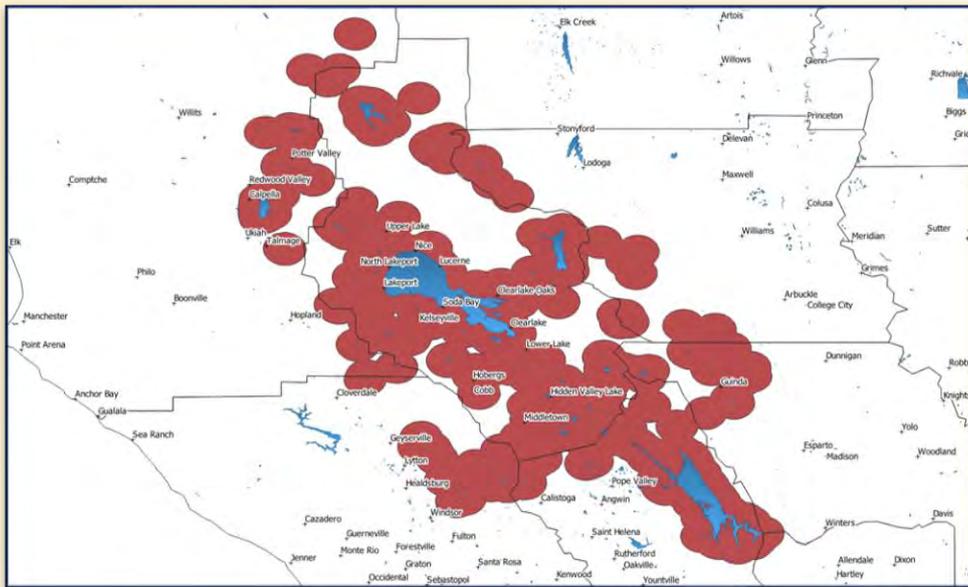
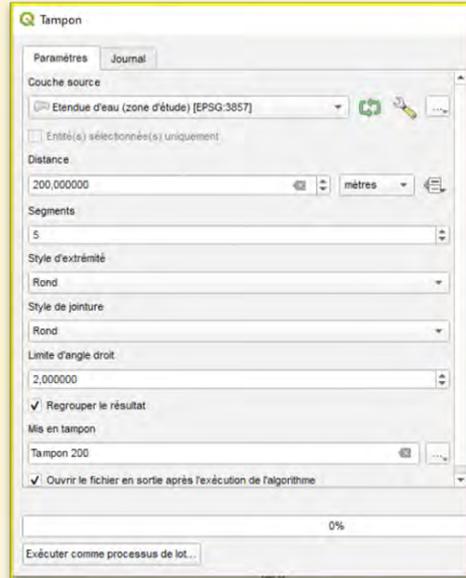
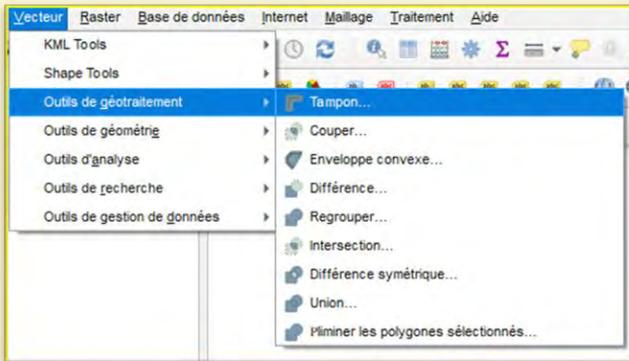


On peut établir un gradient de présence du moustique en fonction de la distance à une étendue d'eau, on peut par exemple établir la règle suivante :

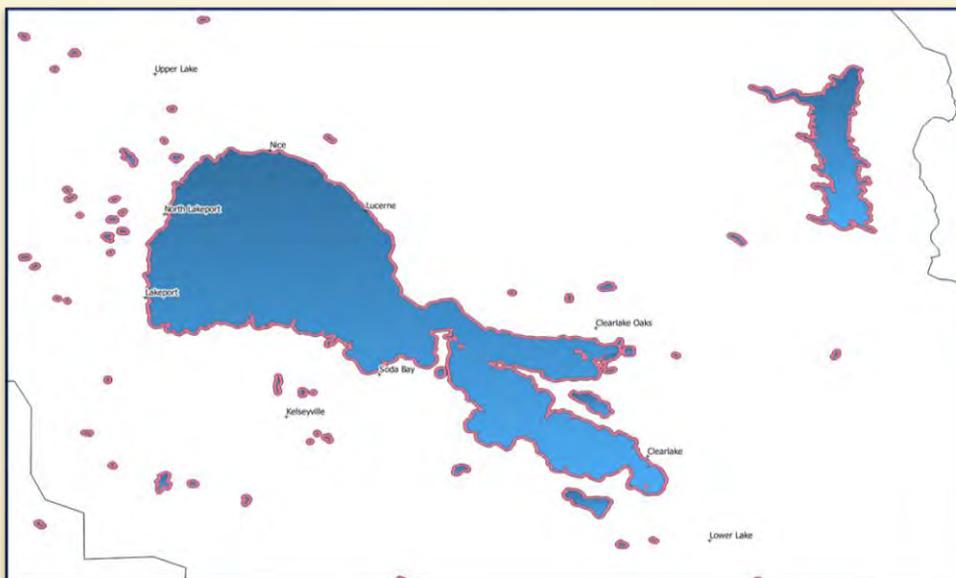
- Distance inférieure à 200 mètres : Très favorable à la présence du moustique
- Distance inférieure à 1000 mètres : Favorable à la présence du moustique
- Distance inférieure à 5000 mètres : Peu favorable à la présence du moustique
- Distance supérieure à 5000 mètres : Impossibilité de la présence de moustique

On va utiliser une fonctionnalité du logiciel appelée TAMPON qui permet de générer un fichier vectoriel représentant un ensemble situé à une distance sélectionnée d'objets choisis (ici les étendues d'eau)

73. Aller dans VECTEUR puis OUTIL DE GEOTRAITEMENT puis TAMPON
74. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner comme couche source (celle qui contient les objets servant de référence au calcul de la distance (ici les étendues d'eau) Etendue d'eau (zone d'étude)
75. Spécifier la distance : 200, 1000 ou 5000 mètres
76. Sélectionner le mode REGROUPER LE RESULTAT (si ce mode n'est pas sélectionné chaque point d'eau génère un objet différent)
77. Dans MIS EN TAMPON, cliquer sur parcourir et donner un nom à votre fichier de destination : Tampon 200 ou Tampon 1000 ou Tampon 5000
78. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré



Réalisation d'un tampon de 5000 mètres autour des surfaces d'eau.
 On a préalablement restreint à une zone d'étude contenant le comté de Clearlake et ses proches environs les points d'eau de référence afin d'accélérer les traitements



Réalisation d'un tampon de 200 mètres autour des surfaces d'eau.

On obtient une série de fichier matérialisant la distance avec les étendues d'eau

On utilisera d'abord l'outil différence afin de générer des fichiers correspondant désormais à des zones précises :

Zone située à moins de 200 mètres d'une étendue d'eau mais qui n'est pas l'étendue d'eau

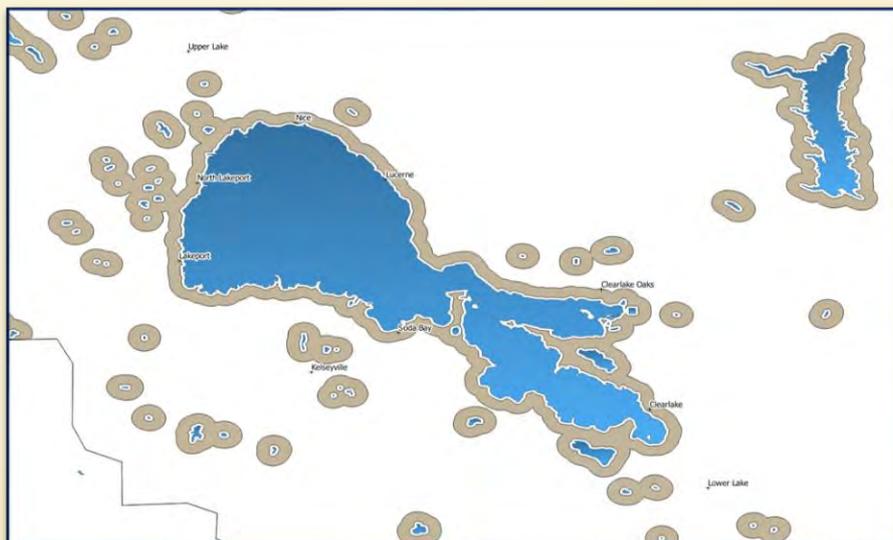
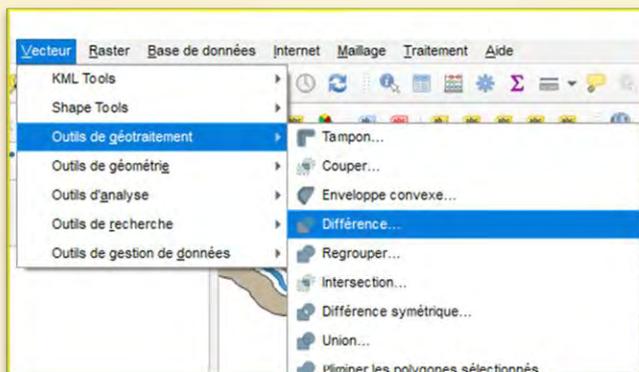
Zone située entre 200 et 1000 mètres de distance de l'étendue d'eau

Zone située entre 100 et 5000 mètres de distance de l'étendue d'eau

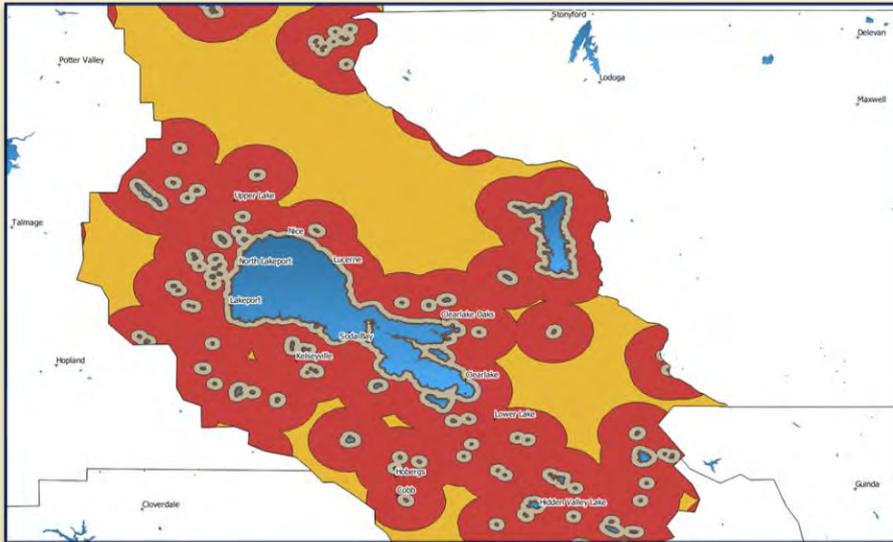
Zone située au-delà de 5000 mètres de distance de l'étendue d'eau

Il est ensuite possible de fusionner ces différents fichiers en un unique fichier vectoriel contenant ces 4 entités

79. Aller dans VECTEUR puis OUTIL DE GEOTRAITEMENT puis DIFFERENCE
80. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner comme couche source la couches Tampon 200 ou Tampon 1000 ou Tampon 5000 correspondant à la borne supérieure de la zone que vous voulez créer
81. Sélectionner comme couche de superposition, la couche Tampon correspondant à la borne inférieure de la zone que vous voulez créer
 - Attention ! Pour générer la zone située à 200 mètres mais qui n'est pas de l'eau, on choisira comme couche de superposition la couche Etendue d'eau Clearlake
 - Attention ! Pour générer la zone située au-delà de 500 mètres on choisira comme couche de superposition la couche Clearlake county
82. Dans DIFFERENCE cliquer sur parcourir et donner un nom à votre fichier de destination :
 - Distance inférieure à 200 mètres
 - Distance supérieure à 5000 mètres
 - Distance inférieure à 1000 mètres et supérieure à 200 mètres
 - Distance inférieure à 5000 mètres et supérieure à 1000 mètres
83. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré

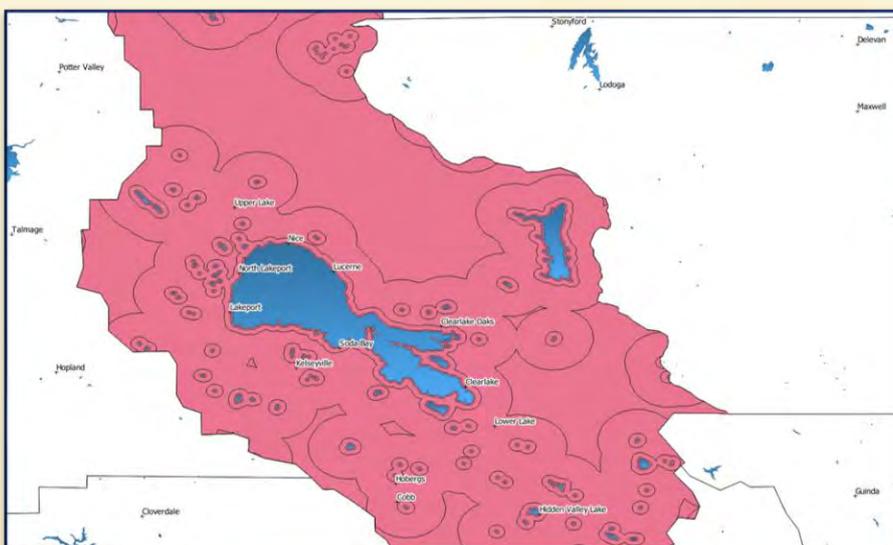
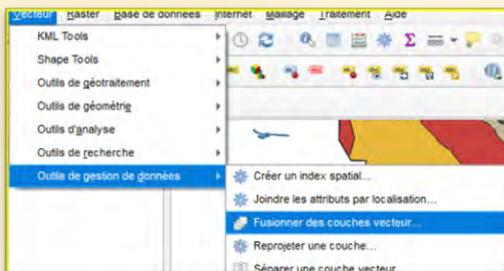


L'utilisation de l'outil différence permet d'obtenir un fichier vectoriel délimitant ici une zone située à une distance comprise entre 200 et 1000 mètres



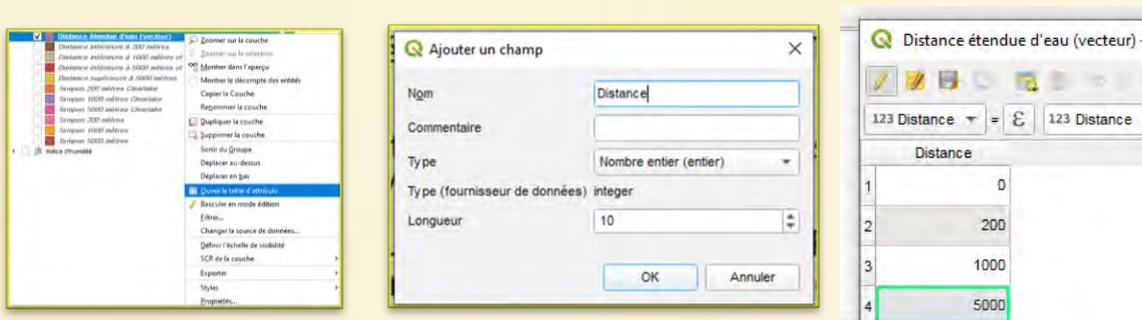
Les différentes zones ont été générés, elles sont stockées au sein de fichiers différents

84. Aller dans VECTEUR puis GESTION DE DONNEES puis FUSIONNER DES COUCHES VECTEUR
85. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner comme couche d'entrée les 4 fichiers correspondant aux zones délimitées
86. Dans FUSIONNE cliquer sur parcourir et donner un nom à votre fichier de destination : Distance étendue d'eau (vecteur)
87. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré

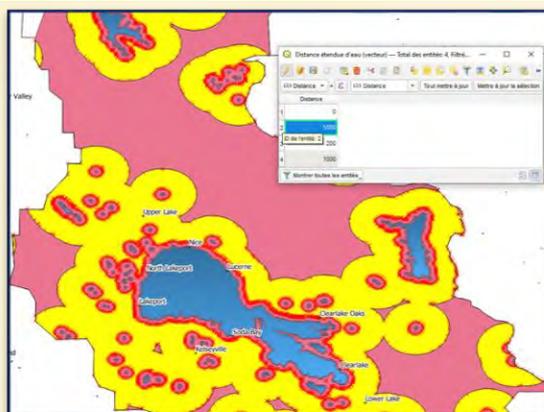


Les fichiers vectoriels ont été fusionné en un seul qui contient désormais toutes les zones mais celle-ci ne sont pas différenciées

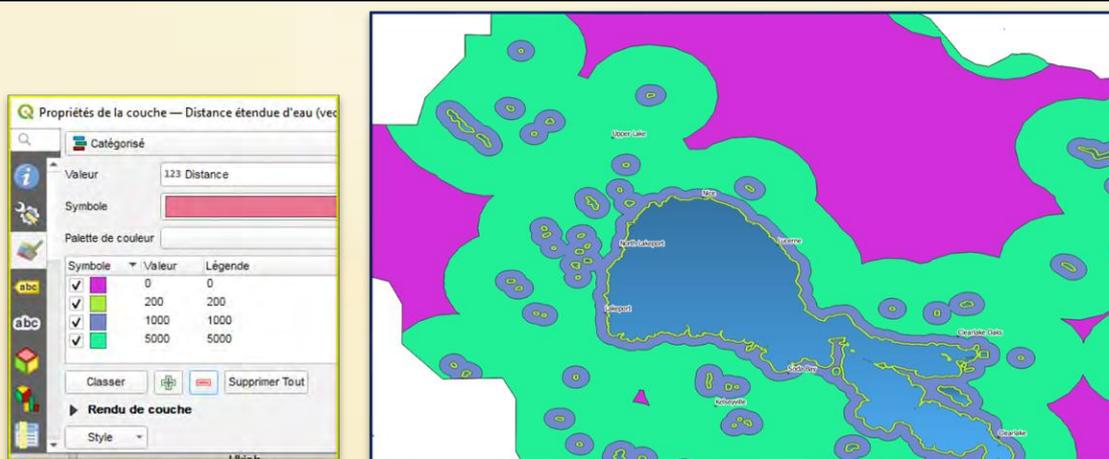
88. Faire un clic droit sur le nom de cette nouvelle couche et sélectionner OUVRIER LA TABLE DES ATTRIBUTS
89. Dans la fenêtre qui s'ouvre, Cliquer sur l'icône ACTIVER LE MODE EDITION
90. Cliquer ensuite sur l'icône SUPPRIMER LE CHAMPS, dans la fenêtre qui s'ouvre éliminer tous les champs préexistants en les sélectionnant en cliquant sur OK
91. Cliquer ensuite sur l'icône AJOUTER UN CHAMPS
92. Dans la fenêtre qui s'ouvre nommer le champ DISTANCE, conserver les paramètres par défaut et cliquer sur OK



93. Compléter les valeurs de champs pour les 4 objets du fichier. Pour ce faire cliquer dans le tableau sur la ligne correspondant à l'objet, celui-ci apparaît désormais en surbrillance.
94. Rentrer une valeur de référence (la borne supérieure de la zone par exemple)
95. Cliquer sur l'icône ACTIVER LE MODE EDITION et accepter les modifications puis fermer cette fenêtre

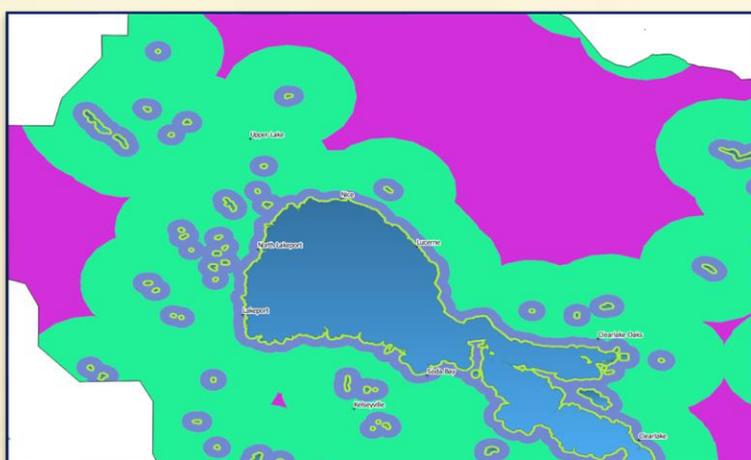
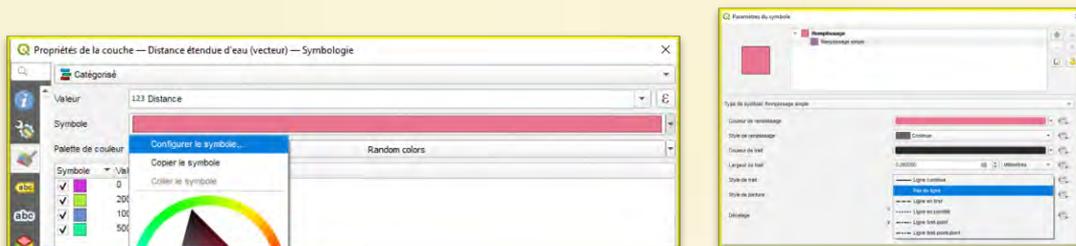


96. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu CONTRÔLE LA SYMBOLOGIE DE L'ENTITE
97. Remplacer SYMBOLE UNIQUE par CATEGORISE puis dans valeur choisir le champ DISTANCE
98. Cliquer ensuite sur CLASSER, les 4 zones se voient attribuées une couleur différente. Cliquer sur OK



Chaque zone est désormais clairement délimitée par une couleur et une ligne de démarcation

99. Cliquer sur la flèche située à l'extrémité de la fenêtre SYMBOLE et sélectionner CONFIGURER LE SYMBOLE
100. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner REMPLISSAGE SIMPLE dans la fenêtre du haut, puis PAS DE LIGNE dans la fenêtre STYLE DE TRAIT
101. Cliquer sur OK

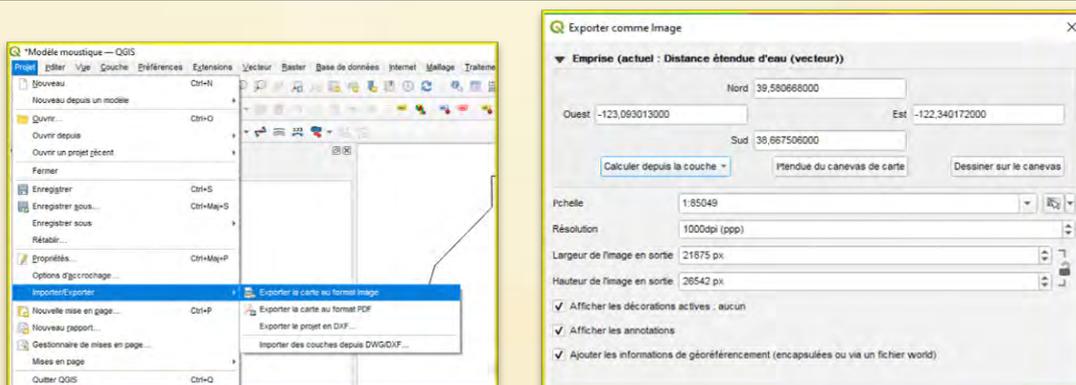


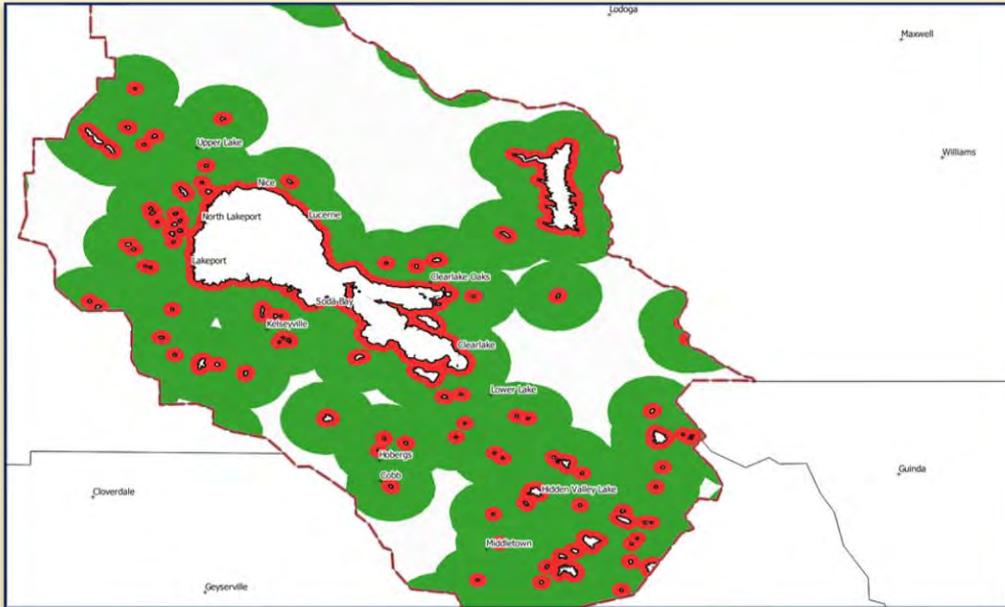
Chaque zone est désormais clairement délimitée par une couleur mais sans ligne de démarcation

Le fichier obtenu est un fichier vectoriel, or pour obtenir notre modèle nous devons disposer un fichier de type RASTER afin de permettre la corrélation avec les autres paramètres
 Cette transformation effectuée on utilisera la CALCULATRICE RASTER afin de réaffecter à chaque pixel une probabilité de présence d'un moustique

Distance au point d'eau	>5000m	[2000m ; 5000m]	[200m ; 2000m]	>200m
Valeur attribuée au pixel	0	1	2	3

102. Aller dans PROJET puis IMPORTER/EXPORTER puis EXPORTER AU FORMAT IMAGE
103. Dans la fenêtre qui s'ouvre :
 - Sélectionner dans CALCULER DEPUIS LA COUCHE votre couche
 - Résolution 1000dpi
104. Enregistrer et donner un nom à votre couche RASTER : Distance étendue d'eau (RASTER)





Le fichier RASTER est généré mais l'information propre à chaque zone est perdue

Le fichier est désormais un fichier RASTER mais il faut réassocier chaque couleur de cette image aux différentes catégories

On relèvera ainsi la valeur du pixel pour la bande rouge de l'image. Puis on assignera à cette valeur du pixel une probabilité de présence du moustique en utilisant la CALCULATRICE RASTER. On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

Distance au point d'eau	>5000m	[2000m ; 5000m]	[200m ; 2000m]	>200m
Valeur des pixels pour la bande rouge	250	241 et 250	51 et 241	0
Valeur attribuée au pixel	0	1	2	3

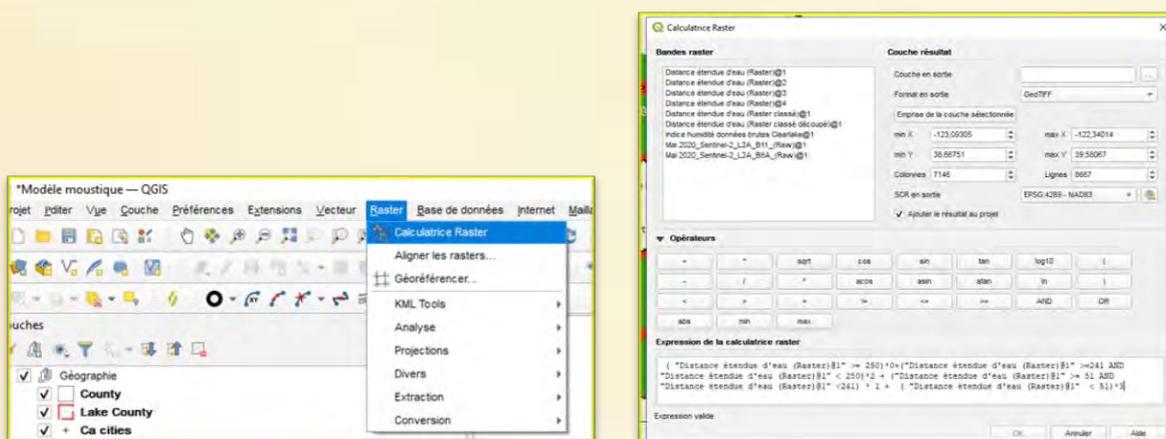
105. Sélectionner dans la colonne de gauche votre couche raster en cliquant dessus
106. Dans la barre d'outils de Qgis sélectionner l'icône IDENTIFIER LES ENTITES
107. Cliquer sur un pixel de chacune des zones et relever la valeur pour la bande 1 pour chacune des zones

108. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER

109. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule de conversion :

« ("Distance étendue d'eau (Raster)@1" >= valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à une étendue d'eau ou à la zone au-delà de 5000 mètres) * 0 + ("Distance étendue d'eau (Raster)@1" >= valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à la zone comprise entre 5000 et 1000 mètres de distance AND Couche Raster@1 < valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à une étendue d'eau ou à la zone au-delà de 5000 mètres) * 1 + ("Distance étendue d'eau (Raster)@1" >= valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à la zone comprise entre 1000 et 200 mètres de distance AND Couche Raster@1 < valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à la zone comprise entre 5000 et 1000 mètres de distance) * 2 + ("Distance étendue d'eau (Raster)@1" < valeur du pixel pour la bande 1 correspondant à la zone à moins de 200 mètres de distance) * 3

110. Nommer le fichier : Influence de la distance à un point d'eau



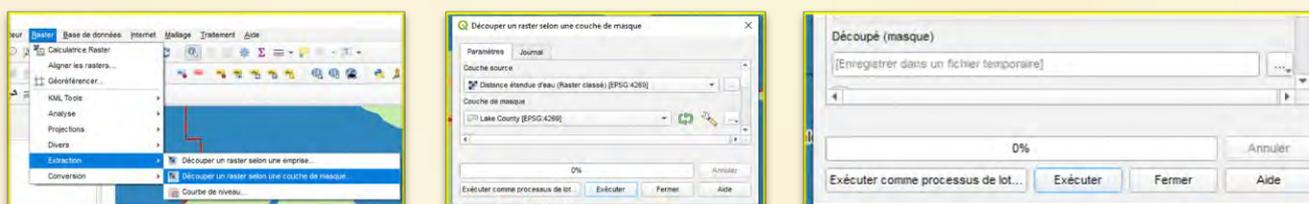
111. Aller dans RASTER puis EXTRACTION puis DECOUPER UN RASTER SELON UNE COUCHE DE MASQUE

112. Dans la fenêtre qui s'ouvre sélectionner votre couche RASTER comme couche source

113. Sélectionner la couche vectorielle du comté comme couche de masque

114. Dans DECOUPE cliquer sur parcourir et donner un nom à votre fichier de destination : Influence de la distance à un point d'eau Clearlake

115. Cliquer sur EXECUTER, le fichier est généré

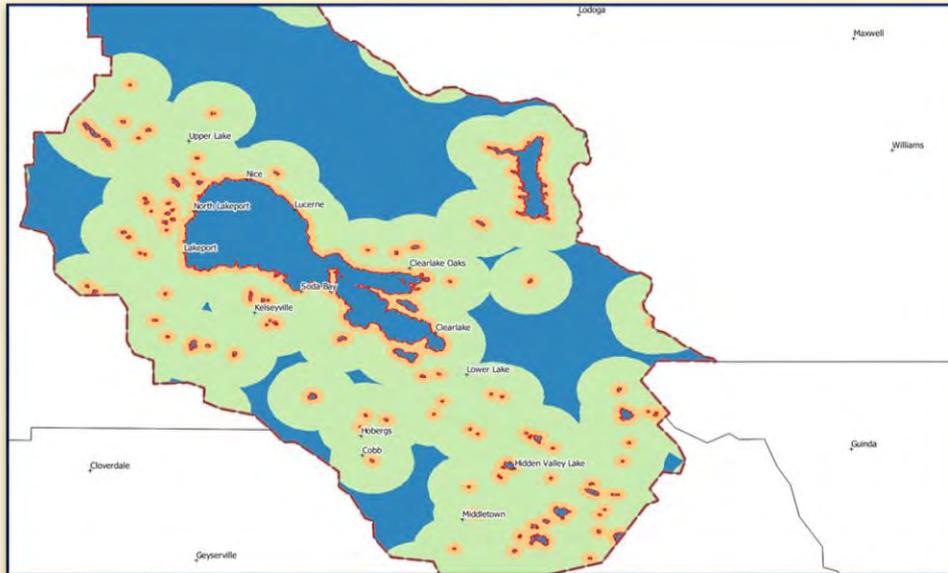
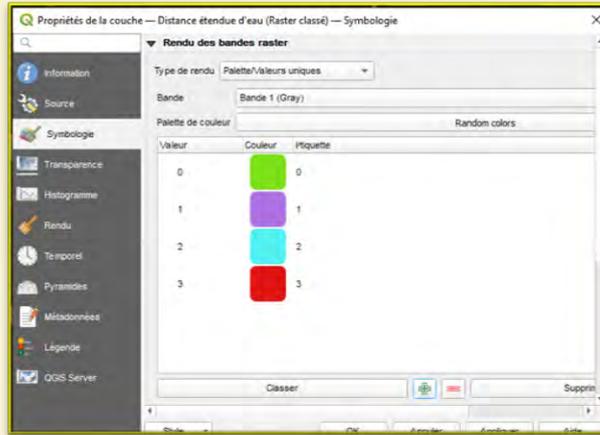


116. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE

117. Dans TYPE DE RENDU sélectionner Palette/valeurs uniques

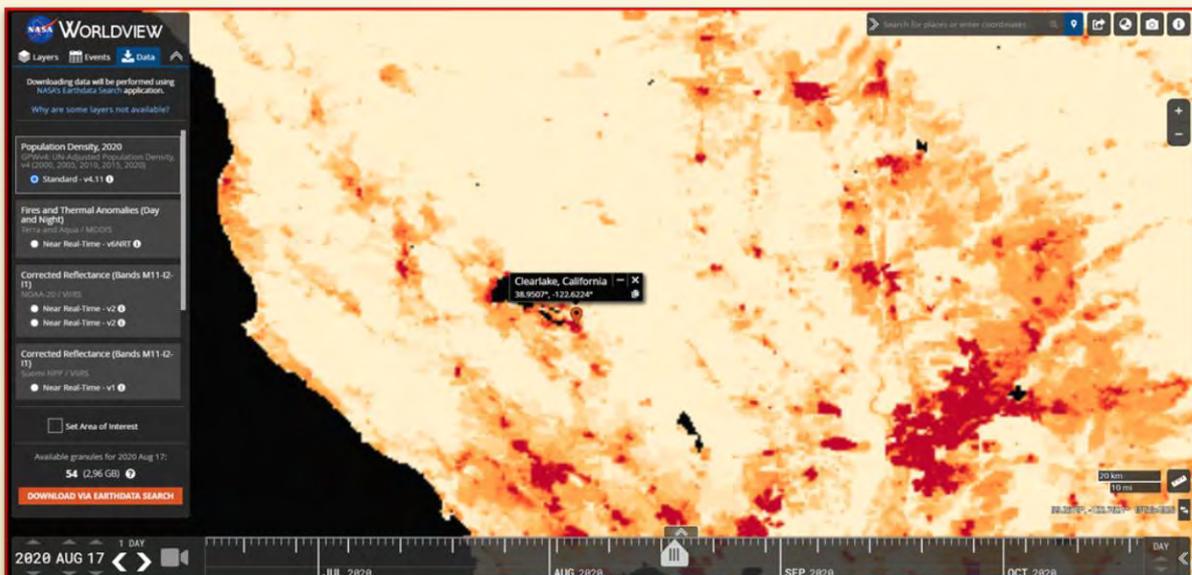
118. Cliquer sur CLASSER

119. Cliquer sur OK



2.5 Influence de la densité de la population

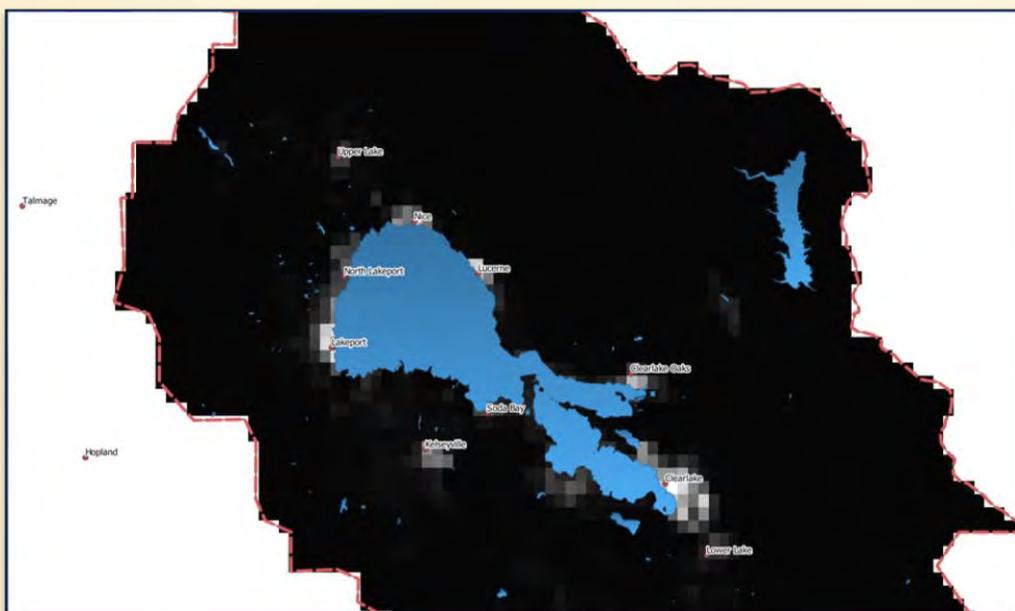
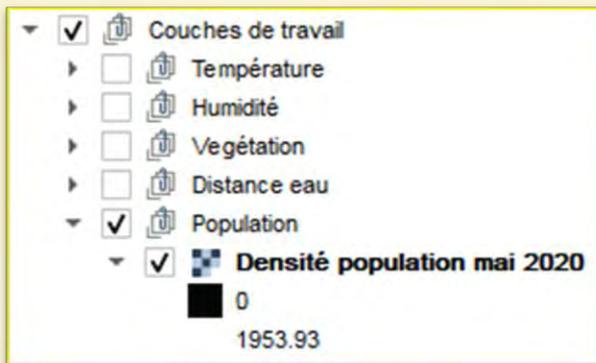
Le dernier facteur à considérer n'est pas lié au moustique mais à celui qui va être sa victime. On procédera de manière similaire à celle utilisée pour des facteurs de présence des moustiques. On commencera par considérer une image RASTER présentant la densité de la population. Il est possible de télécharger ce type de carte sur différents viewer en ligne



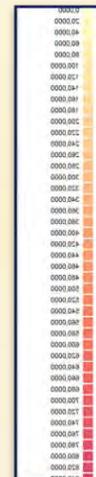
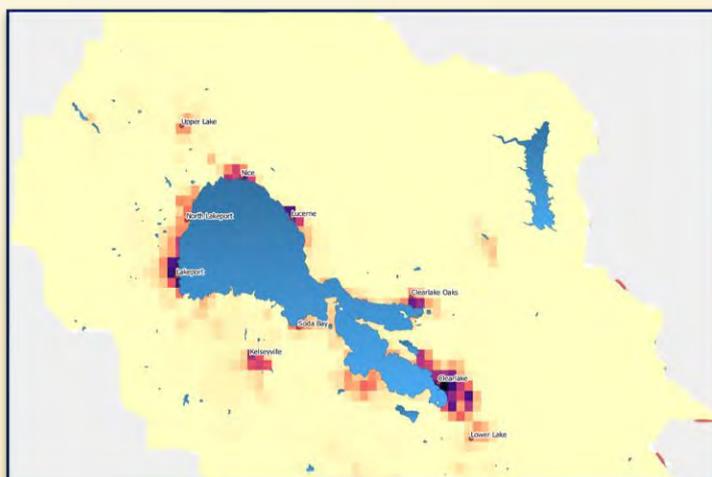
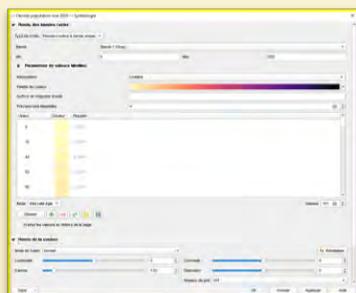
Nasa Worldview permet de récupérer des données sur la population

AE6 : Etablir la carte de probabilité en lien avec la densité de population

- 120. Rendre invisible les couches de températures, d'humidité, de végétation et de distance au point d'eau en cliquant sur l'icône de visibilité dans la colonne de gauche
- 121. Afficher la couche Densité population 2020 située dans le groupe population au sein du groupe Couches de travail



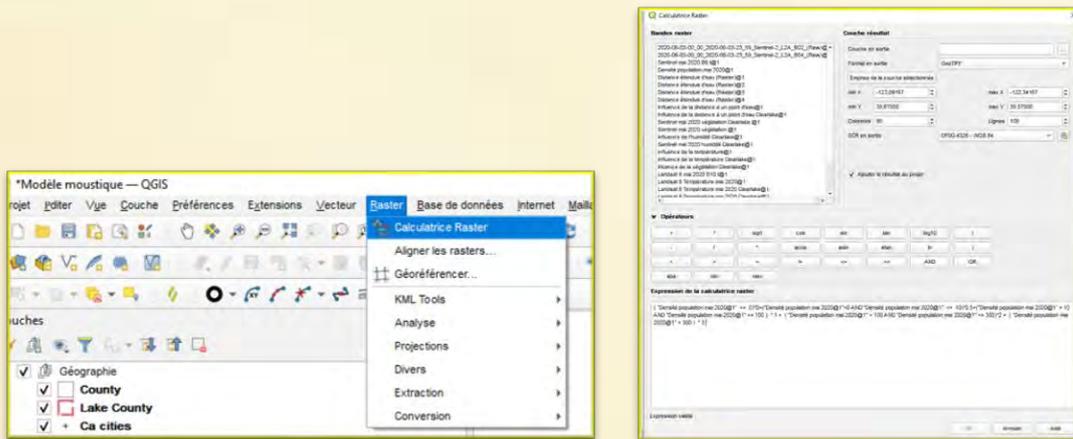
- 122. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
- 123. Cliquer sur le bouton STYLE puis CHARGER LE STYLE. Sélectionner dans le dossier de travail au sein du dossier Population la palette Densité population



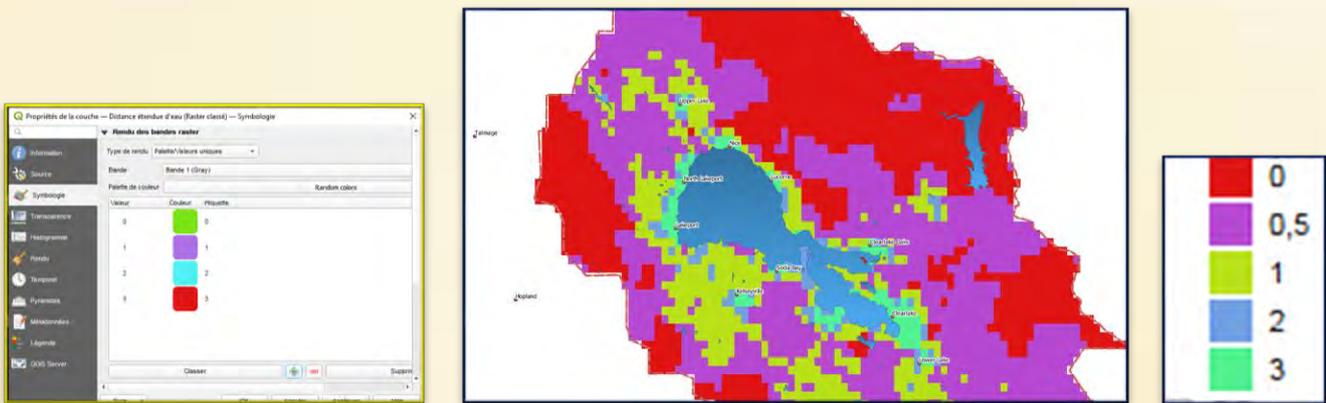
Dès lors il est possible d'utiliser la calculatrice RASTER afin d'attribuer à chaque pixel une valeur comprise entre 0 et 3 en fonction de la valeur de la densité de population
 On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

Densité	0	]0; 10]	]10-100]	]100 ; 300]	>300
Valeur attribuée au pixel	0	0,5	1	2	3

124. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER. Entrer la formule :
 ("Densité population mai 2020@1" <= 0)*0 + ("Densité population mai 2020@1" > 0 AND "Densité population mai 2020@1" <= 10)*0.5 ("Densité population mai 2020@1" > 10 AND "Densité population mai 2020@1" <= 100) * 1 + ("Densité population mai 2020@1" > 100 AND "Densité population mai 2020@1" <= 300)*2 + ("Densité population mai 2020@1" > 300) * 3
 125. Nommer le fichier : Influence Clearlake de la densité



- 126. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner le menu SYMBOLOGIE
- 127. Dans TYPE DE RENDU sélectionner Palette/valeurs uniques
- 128. Cliquer sur CLASSER
- 129. Cliquer sur OK



3. Réalisation du modèle

Afin d'établir une échelle de probabilité de cas de West Nile, on va réaliser le produit de tous les facteurs agissant sur la présence du moustique et sur la densité de population pour chacun des pixels
 On choisit un produit et non une somme car ainsi la valeur 0 pour un facteur entrainera nécessairement une valeur 0 pour le modèle final. On obtient la formule suivante :
 Température X Végétation X Humidité X Distance point d'eau X Densité de population

Ce calcul s'effectuera à l'aide de la calculatrice RASTER. On appliquera ensuite une représentation par couleur de chacune des catégories

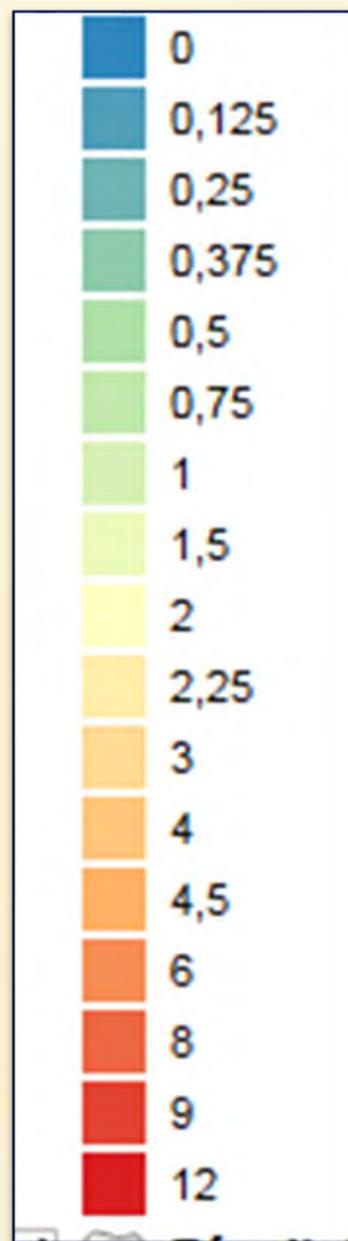
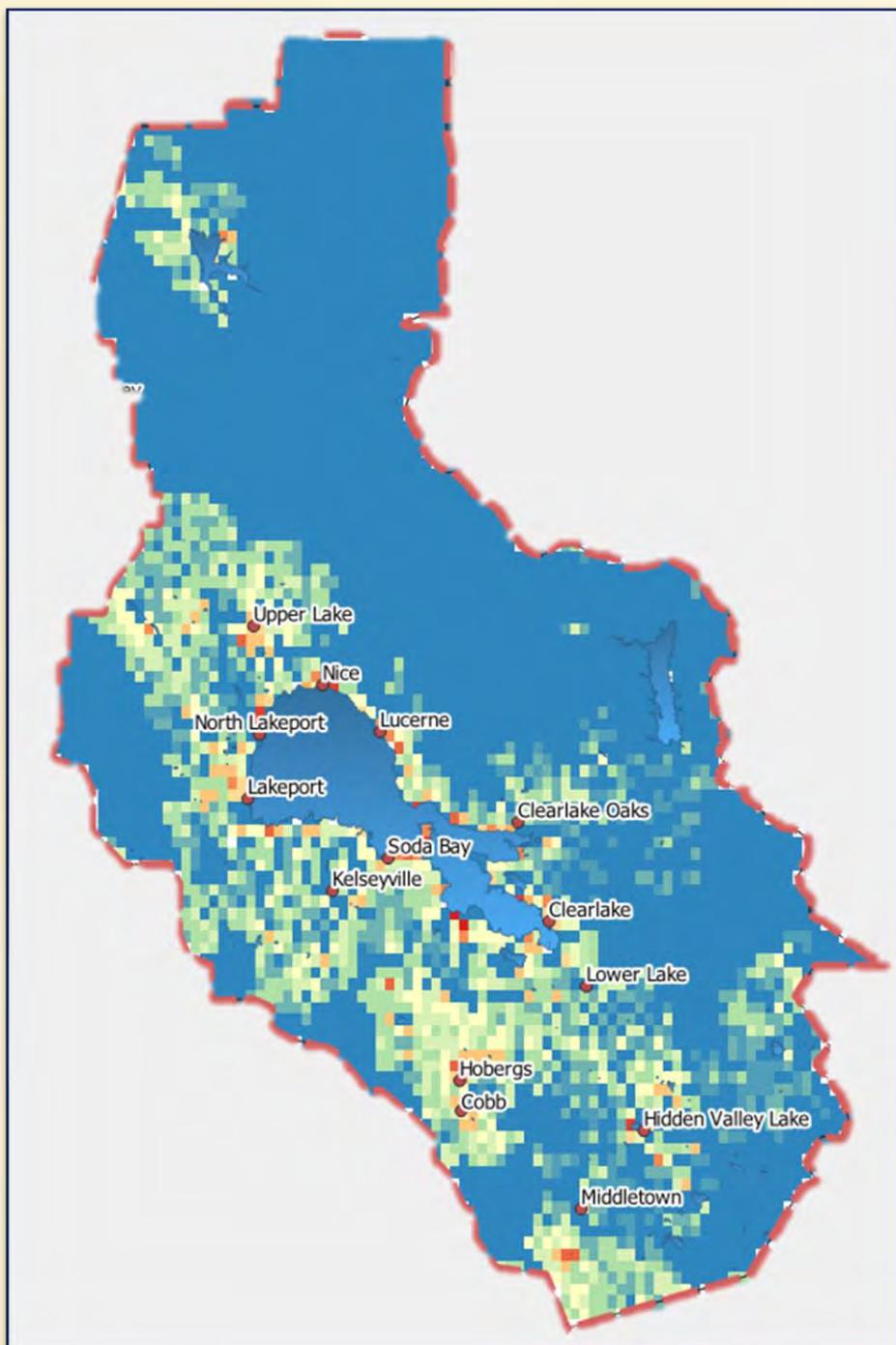
AE7 : Réaliser le modèle

130. Aller dans RASTER puis CALCULATRICE RASTER

131. Dans la fenêtre qui s'ouvre entrer la formule du modèle :

"Influence de la distance à un point d'eau Clearlake@1" * "Influence de l'humidité Clearlake@1" * "Influence de la température Clearlake@1" * "Influence de la végétation Clearlake@1" * "Influence de la densité Clearlake@1"

132. Nommer le fichier : Modèle



Compléments scientifiques

Arbovirus et Californie

Les arbovirus sont un type de virus ayant pour vecteur les arthropodes hématophages : moustiques, tiques et phlébotomes.

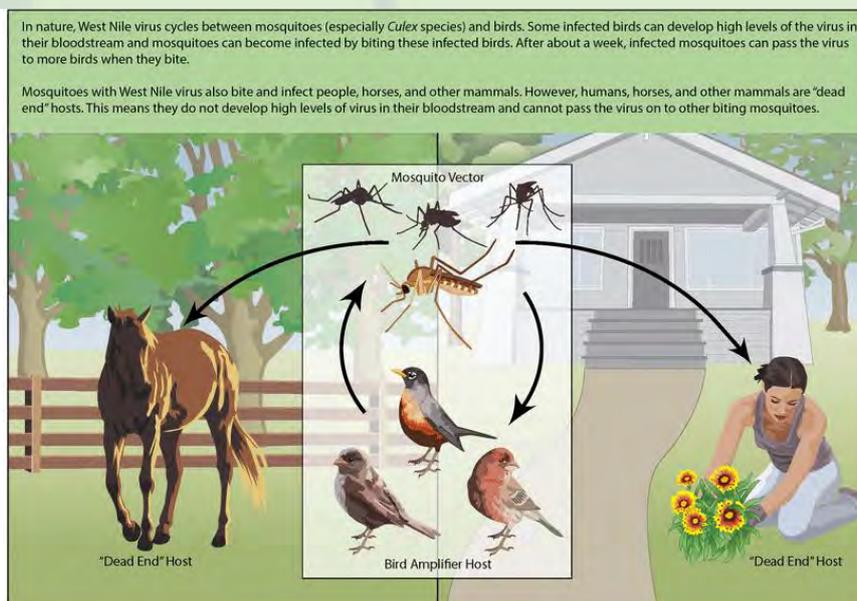
Ce nom provient de la contraction de l'expression anglaise arthropod-borne viruses. Ce terme ne fait pas partie de la classification taxinomique des virus.

En Californie, on observe la présence de nombreuses espèces de moustiques pouvant constituer des réservoirs pour des virus (dengue, Fièvre du Nil Occidental, Chikungunya, Zika)

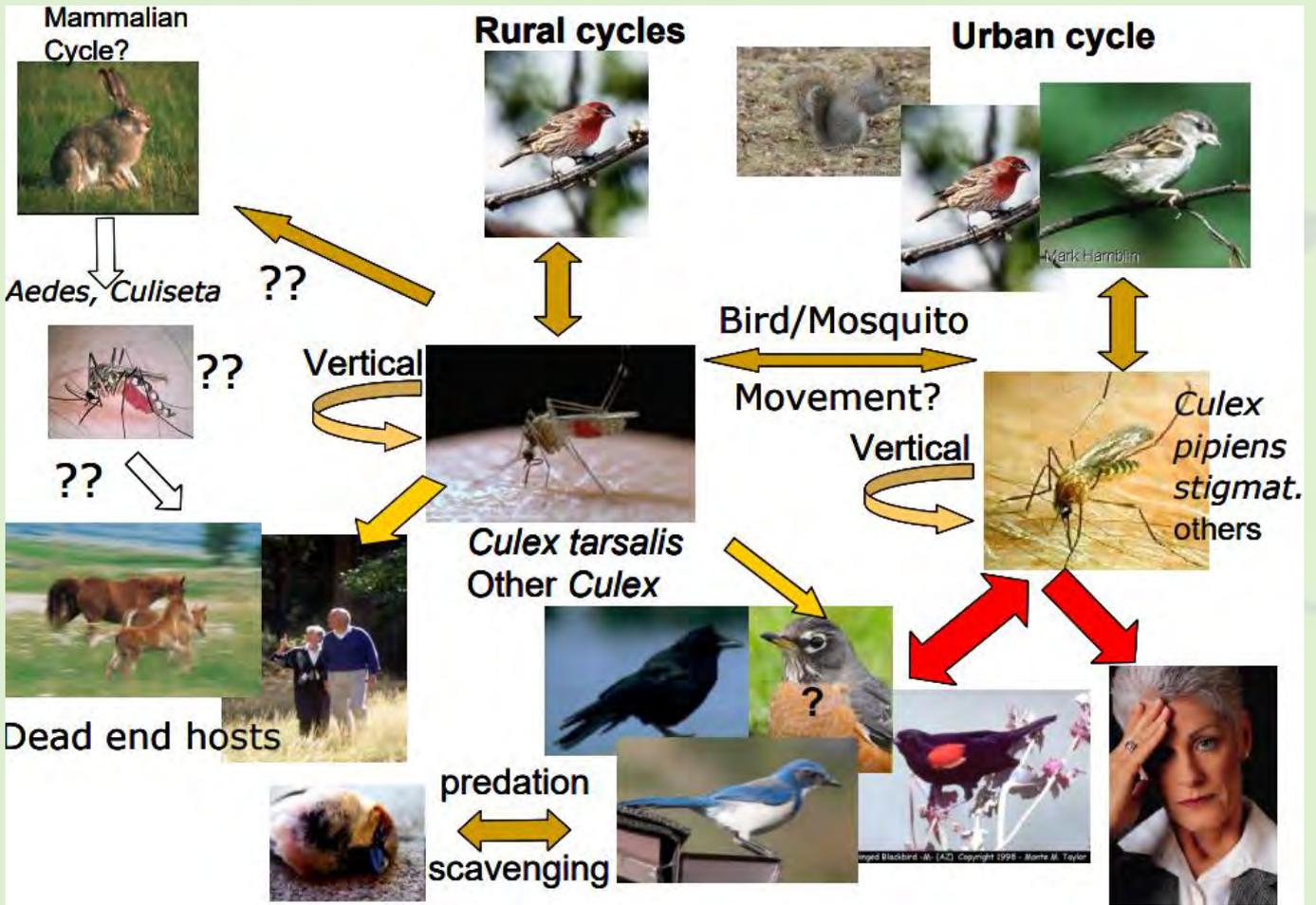
Guide to Important Mosquitoes in California						
Species	Common Name	Breeding Sources	Diseases	Bites	Description	Image
<i>Culex tarsalis</i>	western encephalitis mosquito	Ponds, vegetated pools, and agricultural areas	West Nile virus (mostly affects birds, humans, and horses), St. Louis encephalitis virus (humans), and Western equine encephalitis virus (humans and horses)	Dawn, dusk, and after dark	Light brown, with a light-colored band around its proboscis	 <small>Content Provider: CDC Photo Credit: James Gathany, 2009</small>
<i>Culex pipiens/Culex quinquefasciatus</i>	northern/southern house mosquito	Ponds, drains, underground, foul water, and artificial containers	West Nile virus (mostly affects birds, humans, and horses), St. Louis encephalitis virus (humans)	Dawn, dusk, and after dark	Brown, with dark-scaled unbanded legs and an unbanded proboscis	 <small>Content Provider: CDC/William Bragdon Photo Credit: James Gathany, 2009</small>
<i>Aedes aegypti</i>	yellow fever mosquito	Standing water in containers; even as small as a bottle cap; thrives in urban areas	Zika, dengue, chikungunya, and yellow fever viruses	Daytime, and near dawn and dusk	Dark brown, with two white stripes in the shape of a lyre on its back; white bands on legs	 <small>Photo Credit: Jodi P. Burns, 2011</small>
<i>Aedes albopictus</i>	Asian tiger mosquito	Standing water in containers; even as small as a bottle cap; thrives in urban areas	Zika, dengue, chikungunya, and yellow fever viruses	Daytime, and near dawn and dusk	Black, with one white "racing" stripe on its thorax; white bands on legs	 <small>Photo Credit: Kevin Staligro, 2013</small>
<i>Aedes sierrensis</i>	western tree-hole mosquito	Tree holes, tires, and other containers	Dog heartworm (parasite transmitted to dogs and occasionally cats)	Daytime and dusk	Dark brown, with white bands on legs	 <small>Photo Credit: B. Berg, www.bugzoo.com</small>
<i>Anopheles freeborni</i>	western malaria mosquito	Vegetated pools, algal mats, and agricultural areas	Malaria (about 30-40 species worldwide transmit malaria)	Dawn, dusk, and after dark	Light brown, with dashed black marks on wings; typically rests with abdomen pointed up	 <small>Content Provider: CDC Photo Credit: Yeatts, 2008</small>

Created by the California Department of Public Health Vector-Borne Disease Section, September 2016

Les différents moustiques observés en Californie constituent des vecteurs potentiels de nombreuses maladies infectieuses
[La fièvre du Nil occidental \(West Nile disease\)](#)

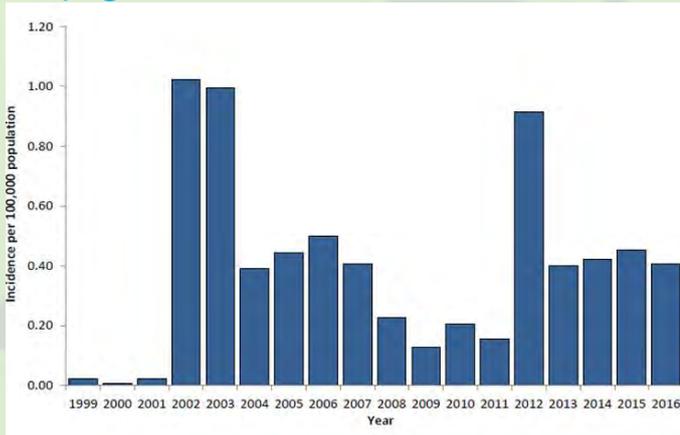


La maladie West Nile pouvant entraine des méningites est lié à un virus véhiculé par des moustiques du genre *Culex*. La maladie apparait sur le sol américain en 1999 sur la côte est. En moins de trois ans la Californie est touchée.

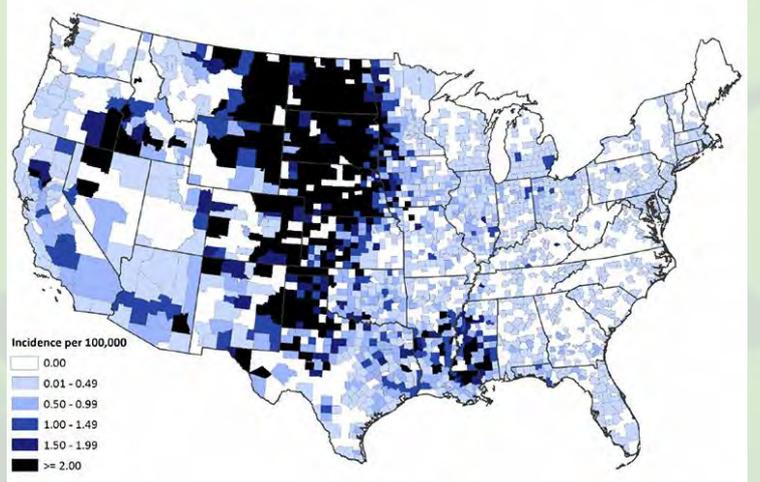


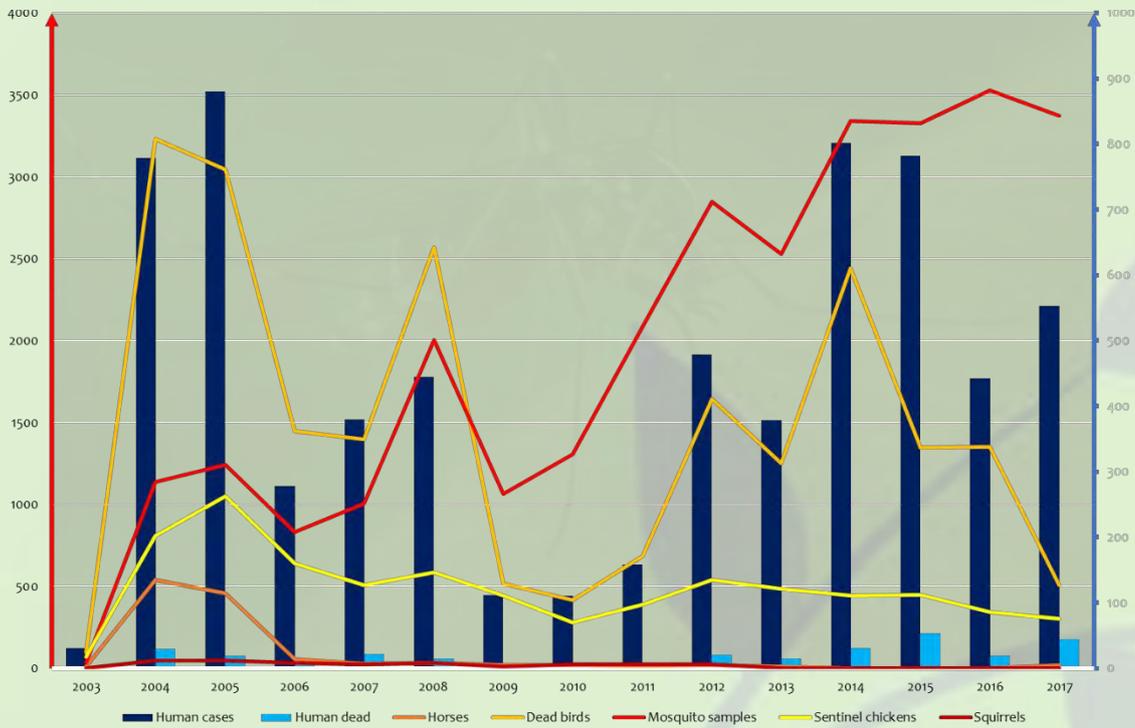
Modalités de la propagation du virus

Propagation de la maladie West Nile aux Etats Unis



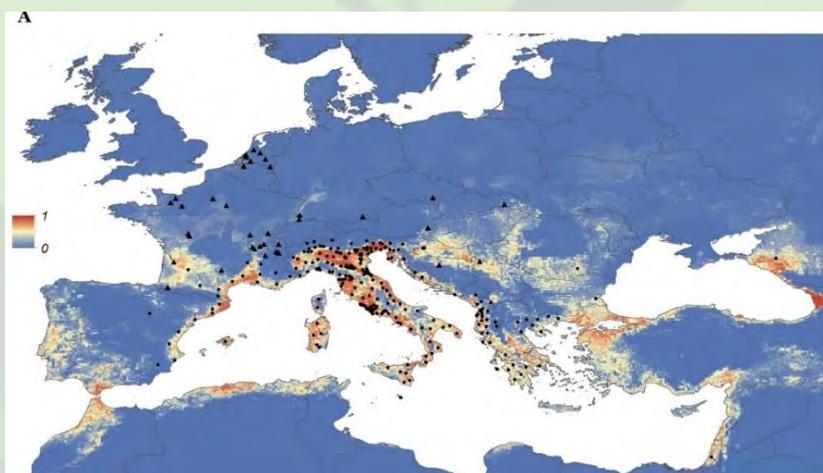
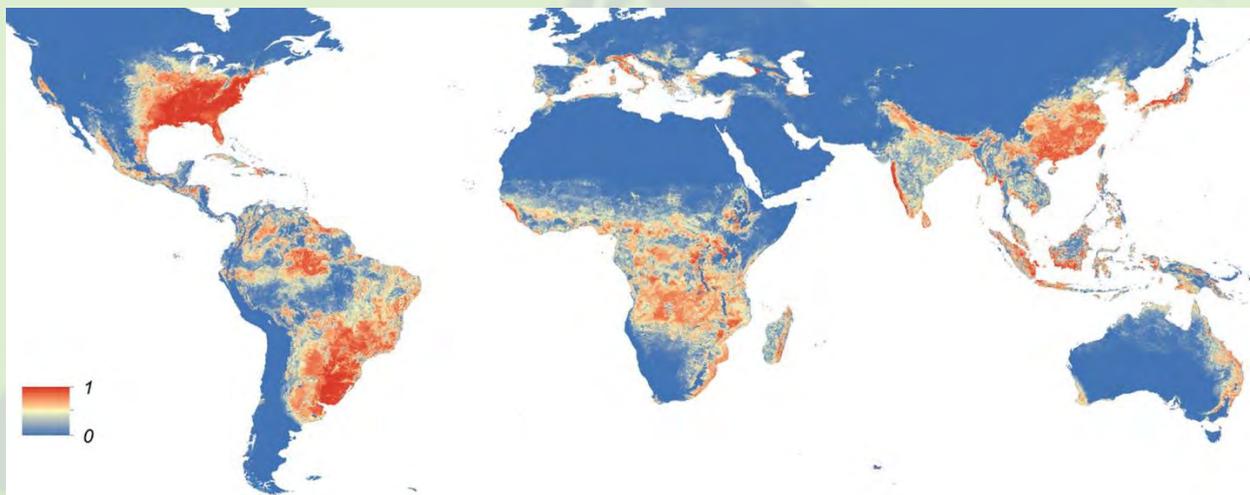
La maladie West Nile touche l'ensemble du territoire. On observe une hétérogénéité certaine des territoires touchés



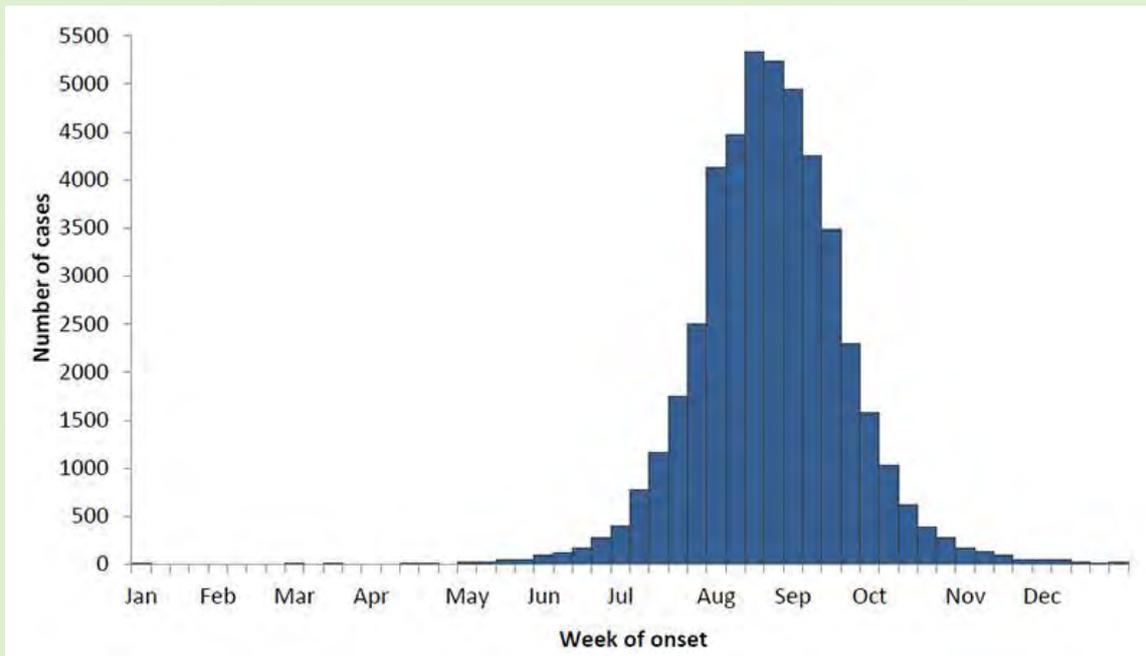


A l'échelle de l'état de Californie, la maladie est désormais installée. On observe une augmentation significative du nombre de moustiques porteurs

Modéliser la présence d'un vecteur d'une maladie infectieuse



Il est possible de réaliser des cartes prédictives sur la présence des vecteurs. Ici pour *Aedes albopictus* (moustique tigre). Ces cartes de probabilité présence peuvent être ensuite comparé avec les zones où effectivement des captures ont révélé la présence du vecteur

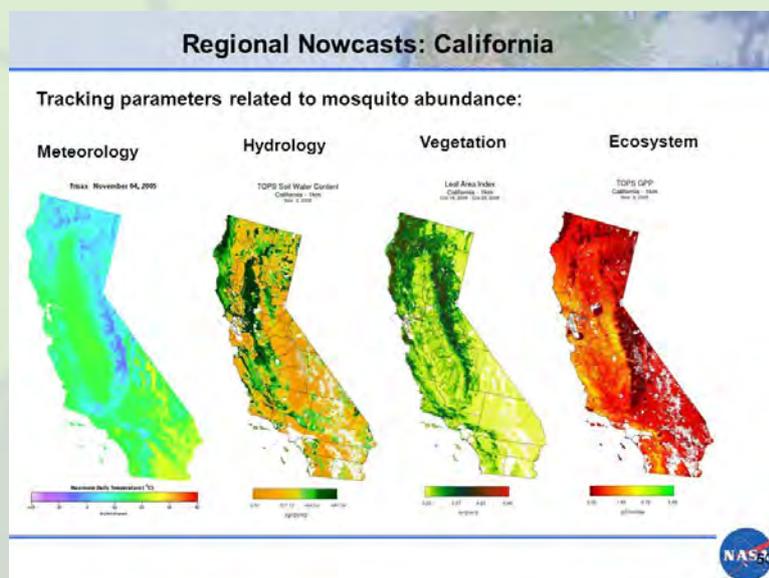


La distribution annuelle des individus contaminés révèle une nette saisonnalité. Ceci suggère une influence déterminante du climat. Celle-ci peut être confirmée expérimentalement.

Conditions expérimentales	Milieu à faible fluctuation		Milieu à forte fluctuation		Milieu sec	
Condition d'humidité	Le bassin est rempli lorsque 90 % de l'eau est évaporé		Le bassin est rempli lorsque 25 % de l'eau est évaporé		Le bassin est rempli lorsque toute de l'eau est évaporé	
Température	30°C	22°C	30°C	22°C	30°C	22°C
Résultats						
Nombre d'individus	+++	+	++++	+	+	+
Temps de développement des adultes	---	-	---	--	-	-
Lots d'œufs produits	+++	+	++++	+	+	+
Nombre de repas de sang	++++	++	+++++	++	+	+

Expérience d'Alto (Université de Floride) sur l'évolution des populations en fonction de la température et de l'humidité. Différentes populations d'effectif de moustiques sont élevées dans différentes conditions durant plusieurs semaines. On détermine à la fin de l'expérience la taille des populations.

	Mean contribution <i>Ae. aegypti</i> (%)
Temperature suitability	54.9
Maximum precipitation	13.6
Enhanced vegetation index (mean)	12.1
Minimum precipitation	9.1
Enhanced vegetation index (range)	8.3
Urbanicity	2



Il est possible de quantifier l'apport des différents paramètres au sein de ces modèles prédictifs.