I – Invalidation temporaire du démélangeage Simplex sur le département de l'Isère

Dans le rapport annuel de 2013, nous avions évoqué certaines limites du démélangeage avec la méthode du simplex. Après de nombreuses expérimentations, voici certains résultats.

1. Forçage des pourcentages d'OS des pixels.

Pour les pixels mixtes (possédant des occupations du sol (OS) différentes), l'algorithme Simplex, avec un certain jeu de paramètres, a tendance à forcer les pourcentages des différentes OS au sein du pixel mixte. Rappelons que les échantillons de validation sont des pixels mixtes à 50/50 (plus ou moins 5%), ne possédant donc que deux OS. Afin d'illustrer ce « forçage », observons la figure 1 (pourcentages des OS1 et OS2 déterminés par le Simplex pour les pixels mixtes 50/50) : on remarque que le nuage de points se concentre autour des valeurs de 65 % pour l'OS1 et 35 % pour l'OS2 (on remarque également les nuages de points des pixels mixtes considérés comme purs, avec les pourcentages à 100 et 0).

Figure 1

Ce résultat ne correspond pas à la réalité des échantillons de validation. Après un très grand nombre de tests (rappelons que le démélangeage sur un département prend entre 40 minutes et 3 heures selon les paramètres) aucun jeux de paramètres de l'algorithme ne permet d'obtenir une répartition à 50/50 des pixels mixtes de validation. Les données et statistiques qui permettent d'évaluer la qualité du démélangeage qui ont été utilisés sont :

* nombre de pixels purs (validation)
* nombre de pixels mixtes à 2 OS (validation)
* nombre de pixels purs déterminés purs par le simplex
* nombre de pixels purs détérminés mixtes
* nombre de pixels mixtes à 2 OS déterminés purs par le simplex (forçage vers les purs)
* nombre de pixels mixtes à 2 OS déterminés mixtes à 2 OS par le simplex
* nombre de pixels mixtes à 2 OS déterminés mixtes à 3 OS par le simplex
* divers pourcentages calculés à partir des valeurs précédentes
* matrices de confusion pour l'OS majoritaire (en considérant pixels purs et mixtes)
* matrices de confusion pour le nombre d'OS dans le pixel
* nuages de points des pourcentages d'OS des pixels mixtes
* diagrammes en boite des pourcentage d'OS, pour les pixels mixtes et les pixels purs.

Après de nombreux essais sur l'Isère, en utilisant différentes variables biophysiques (LAI, FAPAR, FCOVER), différentes années, les résultats (pourcentages des OS) sont soient forcés, soit répartis d'une manière qui semble aléatoire. Sans une connaissance préalable de la nature du pixel (pur ou mixte, et quel degré de mixité) dans un territoire hétérogène comme l'Isère, le démélangeage par simplex fonctionne difficilement.

Dans le meilleur des cas (paramètre *sparselevel* égal à 3), en utilisant le démélangeage simplex, on a en Isère une reconnaissance des OS des pixels mixtes de 25 % (dans 25 % des pixels mixtes de validation, le simplex dit qu'ils sont mixtes et détermine les 2 bonnes OS) mais on constate dans ce cas un forçage très fort des pourcentages d'occupation des occupation du sol (qui sont autour de 50 % + ou – 5 % pour les pixels mixtes de validation) voir figure 2. Les pourcentages sont forcés à 33 et 67 % (ce qui rappelle évidemment 1/3 et 2/3).

En utilisant un démélangeage linéaire « simple » (9 heures de traitement, soit de 5 à 6 fois plus long qu'avec le Simplex), le meilleur score de démélangeage pour l'Isère est de 34 % de reconnaissance des 2 OS, avec une répartition des pourcentages cette fois-ci plus aléatoire, ce qui laisse envisager une plus grande proximité avec la réalité. Voir figure 3.

Pour ce qui est du département 22 (la zone géographique de nos premiers essais, qui a un paysage moins mélangé que l'Isère), on va jusqu'à 82 % de reconnaissance de pixels purs. Mais ce résultat est à nuancer, car la majorité de ces pixels purs sont dans la classe d'OS « autres ». En ce qui concerne la problématique qui nous intéresse vraiment, à savoir la distinction entre « prairies » et « cultures », les possibilités sont là aussi pour l'instant limitées, car ces OS sont « perdues » au milieu de l'OS « autres ». (voir la suite au point 3).

La question qui se pose maintenant est la suivante : comment évaluer la qualité du démélangeage devant ces résultats ? Préfère-t-on avoir un pixel mixte reconnu comme mixte avec les bonnes OS et des pourcentages d'occupation faux ou un pixel mixte reconnu comme mixte avec une seule OS reconnue mais un bon pourcentage ? Ces reflexions sont en cours, et auront sans doute plus de sens avec l'implémentation de la méthode de démélangeage décrite ci-dessous.

Pour améliorer ce démélangeage, il faut rendre possible la distinction entre pixels purs et pixels mixtes.

1. Distinction pixels purs / pixels mixtes grâce à la segmentation IGN.

Concernant la distinction des pixels purs et des pixels mixtes (ce que, dans les lignes, le simplex doit pouvoir faire), on remarque que le Simplex force également les résultats. Comme il a été dit dans le rapport de 2013, avec un certain jeu de paramètres, tous les pixels sont considérés comme purs, avec un autre, ils sont tous (ou presque) considérés comme mixtes. Il est peu utile de utile de donner des chiffres ici, car tous les cas de distribution de pixels purs / pixels mixtes ont été constatés. La solution évoquée était d'utiliser la segmentation IGN pour déterminer si un pixel était pur ou mixte.

Pour se faire, la segmentation IGN, sous sa forme originale (shapefile) a été converti en raster de résolution 5m, calé sur la grille des images MODIS. Donc, dans un pixel MODIS, on trouve, après cette conversion, 2500 pixels de segmentation (on rappelle qu'un pixel MODIS mesure 250m par 250m). Chaque segment de la segmentation IGN possède une valeur. Cette valeur est un artefact des algorithmes de segmentation utilisés, et deux segments qui se touchent ne peuvent pas avoir la même valeur. C'est grâce à cette valeur que les calculs de proportions au sein d'un pixel MODIS ont été effectués. Ainsi, un pixel MODIS contenant 90 % ou plus de pixels de segmentation ayant la même valeur est considéré comme pur, sinon comme mixtes.

En prenant le niveau de segmentation le plus grossier sur le département Isère, avec un seuil de détermination de pureté du pixel de 90 % (90 % du pixel, en surface, contient la même OS) les pixels purs en prairies et cultures sont très peu nombreux. La plupart des pixels que la segmentation IGN reconnaît purs sont des pixels de forêt, qui ne rentrent donc pas dans le cahier des charges du démélangeage. Avec un seuil de pureté à 90 %, les pixels purs *déterminés par la segmentation* ne représentent que 5 % des pixels prairies ou cultures en Isère.

L'Isère se caractérise par une grande hétérogénéité de paysage sur des échelles plutôt petites ; ainsi, les pixels MODIS ayant une OS différente de « bâti », « forêt » et « eau » sont en grande majorité mixtes.

La méthode de démélangeage présentée dans le chapitre suivant pourrait être utilisée pour différencier les pixels, et éventuellement intégrer un degré de mixité.

1. Rappel sur les pixels purs et classifications usuelles

L'intérêt du démélangeage est principalement de déterminer la nature des pixels mixtes. Pour ce qui est des pixels purs, en supposant qu'on les connait, on peut appliquer les classifications usuelles. En ne considérant que les échantillons nettoyés (suppression des outlayers et équilibrage des effectifs de pixels purs), on arrive sur le département 22 à 92 % des pixels purs bien classés, parmi les pixels des échantillons nettoyés (c'est à dire avec rééquilibrage des effectifs et suppression des oulayers). Ce résultat est à nuancer ici aussi, car le nettoyage des échantillons permet certes d'avoir de bons résultats par la suite et de faciliter les classifications, mais retire une grande part de données MODIS, et donc une part de vérité. Pour avoir une meilleure vision des capacités du simplex et du démélangeage en générale, il faut agrandir l'échantillon d'entraînement et de validation, ce qui donnera plus de bruit dans les données, mais permettra de développer une méthode certes plus complexe mais plus proche de la réalité (voir dernier chapitre sur l'échantillonage).

Néanmoins, ces classifications donnent une bonne idée de l'occupation du sol de manière générale, et interviennent dans la fusion de données effectuée en fin de traitements.

Conclusions sur le Simplex:

* A l'avenir, les paramètres d'entrainement du démélangeage par Simplex devront être révisés, car il semble qu'ils influencent trop le déroulement du démélangeage, et donc laissent peu de place à la réalité terrain, ou à l'inverse, qu'ils provoquent une répartition trop aléatoire au départ, et empêchent les données similaires de se rapprocher. Ceci est à modifier avec les concepteurs de l'algorithme, et il y aura encore beaucoup d'essais à effectuer.
* Le simplex fonctionne mieux sur certains territoires, avec des échantillons mieux répartis en nombre (éviter les classes dominantes) et des parcelles plus grandes.
* Le travail effectué sur les distances servira à mieux différencier les OS.
* Les travaux sur le Simplex demandent du temps. Il ne s'agit plus seulement de télédétection, mais bien de recherche fondamentale. De plus, le démélangeage est une problématique très complexe.
* Le véritable apport de MODIS, rappelons-le, est la possiblité d'obtenir l'âge des prairies ainsi que des métriques temporelles de productivité. A l'échelle des pixels purs, ceci est d'ores et déjà possible. Pour avoir ces informations sur les pixels mélangés, il peut être envisagé d'utiliser une image à plus haute résolution, déjà classée à une certaine date. Cette possiblité est actuellement à l'étude.

II - Suite des travaux

1. « Démélangeage par erreur »

* 1. Principe

Cette méthode de démélangeage, inspirée de cet article (Iskander Benhadj, Benoit Duchemin, Philippe Maisongrande, Vincent Simonneaux, S. Khabba, et al.. Automatic unmixing of MODIS multitemporal data for inter-annual monitoring of land use at a regional scale (Tensift, Morocco). International Journal of Remote Sensing,Taylor& Francis: STM, Behavioural Science and Public Health Titles, 2011, 33 (5), pp.1325-1348.<ird-00693533>), effectue une multitude de tests sur une série de n profils temporels. Avec cet algorithme, on cherche à savoir quels profils temporels permettent de décrire au mieux les autres. Plus exactement, il s'agit de déterminer, grâce à des calculs d'erreur, quel k-tuple de profils temporels permet au mieux de décrire linéairement (somme pondérée des profils temporels) les n-k profils temporels restant.

Cette une méthode qui autorise beaucoup plus de nuances dans les résultats, et cette nuance est appréciable car plus cohérente avec la réalité terrain.

Chaque résultat de cette méthode est accompagné d'un erreur, ce qui lui procure une information très intéressante, facilement convertible en pourcentage.

* 1. Calculs

Dans un premier temps, on considère les N barycentres des clusters venant d'une classification non-supervisée d'une série temporelles MODIS. Ces barycentres sont donc des vecteurs possédant autant de valeurs qu'il y a de dates.

Ensuite, on génère tous les k-tuples possible de barycentres. Il y en a (k parmi N). Chacun de ces tuples est utilisé pour décrire les N-k profils restant. Cette description est une somme pondérée par des coefficients (toutes les combinaisons des coefficients sont également testées), mais on pourra envisager d'autres types de combinaison à l'avenir. Ces coefficients sont déterminés par minimisation d'une RMSE. Pour chaque k-tuple descripteur, on calcul un terme d'erreur qui évalue la capacité du k-tuple à décrire au mieux les N-k profils restants. Pour le détail des formules, se référer à l'article cité. Une fois toute les possibilités testées, et toutes les erreurs calculées, on obtient le k-tuple de profils temporels qui permet de décrire au mieux les N-k profils restants.

Afin de relier cette méthode à notre problèmatique de démélangeage, considérons les faits suivants :

* + les k barycentres descripteur du k-tuple optimal correspondent aux profils temporels des pixels purs, autrement dit des principales OS présentes sur le térritoire.
  + pour chaque pixel de l'image MODIS (chaque pixel a en réalité T données, avec T égal au nombre d'images MODIS prises à l'année), on détermine les coefficients de pondération permettant de décrire au mieux (linéairement ou pas) la série temporelle du pixel grâce aux k séries temporelles du tuple descripteur. Le résultat obtenu pour chaque pixel est donc un k-tuple de pourcentages correspondants aux parts de chaque OS dans le pixel.
  + Ainsi, chaque pixel de l'image sera démélangé.

* 1. Perspectives et implémentation.

Dans l'article d'où provient cette méthode, l'algorythme est lancé sans entraînement au préalable. Ceci suppose que l'image MODIS analysée possède des pixels purs, et qui plus est un échantillon plutôt conséquant pour qu'il constitue un clusters après la classification de départ. Ceci sera appliqué telle quel dans nos recherches. Néanmoins, cette méthode, longue à mettre en œuvre mais finalement assez simple, permet d'envisager beaucoup de possiblités.

* + Dans un premier temps, il faut évaluer la pertinence du k-tuple optimal trouvé. En effet, rien ne permet d'affirmer à priori que c'est une combinaison d'OS de pixels purs qui permettra de décrire au mieux les pixels mixtes. Un résultat différent serait d'un grand intérêt, car il permettrait de mieux comprendre le mélange effectué par le capteur MODIS. Une analyse des profils temporels des barycentres descripteurs (si ceux-ci se révèlent différents des profils des pixels purs) par un spécialiste sera à effectuer. Il s'agit en quelques sortes de prendre le problème à l'envers : chercher de manière empirique le fonctionnement du mélange (une base de profils temporels) plutôt que de l'imposer au départ du démélangeage.
  + Déterminer la valeur de k pourra se faire par itération, en fonction des résultats obtenus. La meilleure solution (intermédiaire) ne se limite peut-être pas aux 3 OS demandées dans le cahier des charges.
  + Cette méthode de démélangeage intervient après une première classification. Ainsi, les travaux des autres chercheurs pourront être valorisés en amont, et participer grandement à la qualité des résultats finaux.
  + L'utilisation des erreurs (RMSE et autres) permet de nuancer le résultat obtenu. Cette plus grande souplesse est plus adaptée à la complexité d'une problématique géographique. De plus, cette nuance . De plus, il ne peut pas y avoir de forçage comme évoqué précédemment, les résultats, même si on peut pas prétendre les expliquer aujourd'hui, corresponderont de toute évidence à une réalité.
  + Dans une autre optique, il est possible d'imposer des profils temporels spéciaux dans le tuple de descripteurs. Ceci permettrait de confronter les profils temporels générés à partir de la chaîne de traitements conçue par le laboratoire COSTEL (provenant donc de la BD Topo et du RPG) avec une réalité terrain lue empiriquement sur les images MODIS.

L'implémentation de la méthode en cours, et on peut espérer avoir un premier retour courant décembre. Le croisement entre cette méthode et le démélangeage par Simplex prendra plus de temps.

1. Analyse de proximité

Dans l'optique de géolocaliser le résultat du démélangeage (à supposer que celui ait fonctionné), des pistes sur l'analyse de proximité ont été explorées. Il s'agit de déterminer, à l'aide des pixels entourant un pixel mixte, la position géographique des différentes zones au sein de ce pixel. Cette une question très complexe, et il est difficile de concevoir un arbre de décision permettant de couvrir tous les cas. Néanmoins, d'un point de vue purement statistique (sans parler de géolocalisation donc), l'analyse des pixels entourant un pixel mixte peut grandement aider à déterminer sa nature. Si la méthode décrite précédemment donne de bons résultats, observer chaque pixel avec son entourage permettra de prendre une décision plus éclairée sur sa nature, tout partisulièrement dans des cas simples, comme par exemple un pixel mixte entouré de pixels purs.

1. Entrainement sur un territoire plus vaste

Devant les difficultés d'échantillonage constatées, telle que la domination en effectif d'une classe par rapport à une autre, et l'incohérence que cela engendre dans l'entraînement des méthodes de démélangeage, il est envisagé d'agrandir les zones d'échantillonage et de dépasser l'échelle du département. Des travaux sur ce sujet sont actuellement en cours. Ceci permettrait d'avoir plus de pixels purs en entraînement pour les échantillons non nettoyés, et donc également dans les échantillons nettoyés.

1. Discussion sur l'échantillonage et reprojection des données

L'échantillonage effectué au début des traitements, initialement conçu pour améliorer les données d'entrainement et de validation des données en supprimant les outlayers semble simplifier le problème trop drastiquement. On ne peut pas être sûr qu'un profil qui semble outlayer sur un graphique en soit réellement un.

Une analyse en composantes principales des échantillons non nettoyés de MODIS nous pousse à affirmer que le problème de démélangeage ne peut être résolu dans une espace linéaire (les données, considérées telles que nous le faisons, ne sont pas ou sont très peu corrélées entre elles). Nous allons explorer la possiblité de passer dans un espace de Fourier. Tout ceci nous pousse à croire qu'il faut aborder ce problème très complexe d'une manière différente.

MISE A JOUR :

Premiers résultats du démélangeage non-supervisé (« par erreur ») :

Temps de traitement pour un département

classification k-means : 20 min/image max

détermination du 3-tuple optimal : 1 minute 15 secondes environ

démélangeage des pixels d'une image MODIS : 2 minutes 40 environ

Total : environ 24 minutes par année d'images MODIS et par département

Attention, pour un tuple optimal de 4 clusters, on passe à un peu plus de 7 heures de traitement.

Premiers résultats :

Département : Isère (38)

Année : 2010

Classification : k-means avec 20 clusters

Nombre de clusters pour le tuple optimal : 3

Valeurs biophysiques testées : FAPAR, LAI, FCOVER

Validation : photointerprétation

* + Image complète

Le démélangeage a d'abord été entrainé sur tout le département. Les meilleurs résultats ont été constatés avec l'indice FAPAR. C'est celui que nous utiliserons dans ce chapitre. Sur la figure suivante (figure 4), on voit les 3 profils temporels déterminés par l'algorithme (coloré selon l'affichage RVB de l'image). Précisons que ces profils vont de septembre 2009 à décembre 2010.

figure 4

Profils temporels des clusters optimaux de l'image complète

Parlons dans un premier temps des profils des 3 clusters retenus, et des pixels purs correspondant.

En rouge, le profil temporel indique clairement un profil naturel saisonnier avec une forte croissance au printemps et un plateau qui indique la présence de plante en été et la disparition de celles-ci à l'approche de l'hiver. A ce niveau de l'analyse, on ne peut pas tirer de conclusion sur l'OS correspondante ; il pourrait en effet s'agir de prairies mais aussi de forêt de feuillus.

En vert, on obtient un profil très bas. Il s'agit clairement de sol nu. Sur l'image MODIS (figure 5), on reconnaît Grenoble, ainsi que les sommets montagneux dépourvu de végétation.

Le profil temporel coloré en bleu pose quelques problèmes. A première vu, il s'agit d'un profil naturel relativement constant au cours de l'année, avec une légère hausse aux alentours de septembre. Il pourrait s'agir de forêts de conifères. En effet, à l'est de Grenoble, les pixels bleux correpondent à ces forêts. Mais à l'ouest de Grenoble, donc sur un paysage moins haut, le pixels bleus et les pixels rouges s'inversent à certains moment, tantôt sur des forêts, tantôt sur des prairies. Mais il s'agit ici de forêts de feuillus, donc ayant un profil temporel semblable à celui des prairies ou cultures ! On comprend aisément la confusion du démélangeage.

Figure 5

Isère (image complète) démélangée

Parlons maintenant des pixels mélangés. On remarque tout d'abord que entre les zones de pixels purs de deux OS différentes (par exemple, quand on passe d'un sol nu de sommets à un forêts de conifères), on a des dégradés de couleurs, qui témoignent de la transition entre ces deux milieux. Sur la figure 6, on remarque cette transition.

Figure 6

Degradé de couleur entre montagne (sol nu) et forêt de conifères

Voici un autre exemple (voir figures 7 et 8). Autour de l'autoroute E712, allant de Grenoble à Chambéry, à l'est du parc de Chartreuse, il y des cultures, principalement situées sur les bords de la rivière Isère. Sur l'image du démélangeage, les pixels correspondant à ces cultures sont de couleur kaki, soit un mélange de rouge et de vert. Donc, d'après les profils temorels, il s'agit d'un mélange de sol nu et de l'OS du profil rouge, profil témoignant d'une grande activité chlorophyllienne ; ceci correspond bien à la gestion d'un sol pour une culture : tantôt sol nu, tantôt sol avec de la végétation. Ce mélange se retrouve également sur les rives de l'Isère au nord-ouest de Grenoble. Ces deux exemples permettent de penser que le démélangeage fonctionne plutôt bien. Ce premier démélangeage est de bon augure pour la suite des travaux. Afin de supprimer ce problème lié à la forêt de feuillus et aux confusion qu'elle entraîne, nous avons entraîné le démélangeage un peu différemment.

Figure 7

Gros plans des cultures entourant l'Isère au NE de Grenoble

figure 8

Gros plans des cultures entourant l'Isère au NO de Grenoble

* + Image sans forêt ni bâti

Nous avons utilisé la BD Forêt de l'IGN et la couche bâti pour créer un masque (les pixels masqués sont ceux possédant au minimum 90 % de forêt ou de bâti), et n'analyser que les pixels succeptibles d'être des prairies, des cultures, du sol nu, ou un mélange de toutes ces OS. Une classification non-supervisée identique à celle utilisée précédemment à été appliquée sur le département de l'Isère privé de son bâti et de ses forêts. À supposé qu'il reste quelques pixels de forêts ou de bâti à cause des différences d'échelles entre les données, on peut supposer qu'ils ne sont pas en assez grand nombre pour perturber le démélangeage comme dans le cas du département en entier. Voici les profils optimaux obtenus.

Figure 9

Profils temporels des clusters optimaux pour l'image masquée (sans bâti et forêt)

Le profil bleu correspond évidemment au sol nu. Vu que nous ignorons le bâti dans cette étape, on peut espérer retrouver le bleu sur les sommets à l'est de Grenoble.

Le profil vert monte très haut en juillet/août, il s'agit bien du profil temporel d'une OS contenant de la végétation. Vu la faible valeur du profil en hiver et la croissance constante au printemps, on peut supposer qu'il s'agit d'un sol d'abord nu puis couvert, comme celui d'une culture.

En rouge, on a un profil qui reste haut toute l'année, donc couvert toute l'année. Une légére augmentation dés la fin de l'hiver jusqu'à la fin de l'été montre qu'il y a croissance, puis de nouveau une perte de végétation en hiver, qui reste néanmoins plus haute que le profil vert. Il peus'agir là des prairies. Procédons à présent au démélangeage et observons les résultats.

Voici l'image démélangée.

Figure 10

Département Isère sans les forêts et le bâti, démélangé

On remarque au premier regard une plus grande variété de mélangeage (plus de couleurs). Les zones noirs correspondant aux pixels masqués. En vert sur l'image, on retrouve les zones qui correpondaient à un mélange de sol nu et de végétation dans le démélangeage précédent (sur l'image entière), autour de la rivière Isère ainsi qu'au nord du département. Au milieu des montagnes, au SE de Grenoble, on distingue les cultures entourant la ville Le Bourg-d'Oisans, sous l'Alpes d'Huez.

Figure 11

Culture autour de l'Isère, avec le démélangeage masqué

figure 11 bis

Village le Bourg-d'Oisans

Les zones rouges, supposées être des prairies d'après notre interprétation à de nombreuses reprises dans l'image. Les exemples les plus flagrant sont uu nord du parc de la Chartreuse, où on a effectivement des prairies, au milieu des forêts du massif du Vercors, et autour de l'Isère au NE de Grenoble, entre les cultures et les forêts.

Figure 12

Prairies du massif de la Chartreuse au nord de Grenoble

Les zones bleues, comme nous l'attendions, correspondent au sol nu des sommets. Il reste également quelques pixels au milieu de Grenoble, qui sont également classés en sol nu.

Figure 13

Sol nu des montagnes

Concernant les mélanges, on trouve dans l'image certaines zones kaki (qui sont des mélanges de vert et de rouge, donc, d'après notre interprétation des profils, de cultures et de prairies). On les trouve principalement entre des zones de cultures et de prairies, ce qui apportent une certaine logique à ce résultat. La distinction prairies/cultures étant difficile, ces zones devront sans doute faire l'objet d'une étude terrain approfondie. On trouve également des pixels kakis dans des zones de transition entre cultures et prairies.

Autour des zones montagneuses de sol nu, on trouve un liseret violet, qui est un mélange de rouge et de bleu. Ceci montre la réapparition de la végétation lorsqu'on diminue l'altitude, en intermittence avec le sol nu.

Figure 14

Transition entre sol nu et forêt de conifères (en violet)

Enfin, au NE est Grenoble, on remarque des zones de cultures (en vert) entourées de bleu et de violet. Il semblerait que ces traces de bleu soient des petites villes (sol nu donc) qui n'apparaissent pas dans le masque « bâti » construit pour l'occasion (voir figure 15)

Figure 15

Trace de bâti au milieu des cultures ?

Une erreur accompagne évidemment ces résultats. Dans l'ensemble, elle est inférieure à 10 %, et dépasse très rarement 20 %. On constate néanmoins des valeurs d'erreur aberantes autour des sommets montagneux. Les images MODIS contiennent également des valeurs aberrante dans ces zones. Ceci peut expliquer les erreurs constatées. Le démélangeage a néanmoins bien lieu. Il faudra revenir sur ces erreurs et chercher une explication plus précise.

Tous ces exemples nous poussent à dire que le démélangeage fonctionne bien. De plus, le fait de laisser l'algorythme « choisir » les profils temporels les plus discriminants offre un certaine souplesse et permet de penser qu'il sera également adapté aux autres départements (tests en cours sur la Loire). Le masque bâti/forêt améliore considérablement les résultats, mais le premier démélangeage n'est pas non plus optionnel, car il permet de mieux analyser les résultats du second.

La validation effectuée est de la photointerprétation. Des journées sur le terrain sont à prévoir. Une autre validation a été effectuée avec les données ponctuelles LUCAS. Malgré une grande correspondance générale, les différences d'échelles entre MODIS et les données LUCAS ne permet pas de fournir une validation complète du démélangeage. Le RPG pourrait également permettre une validation du démélangeage, mais étant donné les difficultés epprouvées avec le Simplex en utilisant les données du RPG, nous avons des doutes quant à son efficacité. Il est clair que la meilleure validation possible est à effectuer avec un expert de la région (CBN Alpin par exemple).

Cette méthode de démélangeage offre de bonnes perspectives de collaboration avec les phytosociologues, notamment grâce à la possibilité d'imposer des profils temporels types et de faire des recherches et des démélangeage ciblés.

Dans les jours prochains, nous effectuerons les démélangeages sur les autres années, afin de constituer une image d'évolution des OS et des mélanges.