

**CONSTRUCTION DES BASES DE DONNÉES  
PHYSIOGRAPHIQUES D'HYDROTEL À  
L'AIDE DU LOGICIEL *PHYSITEL* DANS LE  
CADRE DE LA PHASE 2 DU *DISTRIBUTED  
MODEL INTERCOMPARISON PROJECT*  
(DMIP-2)**

*Rapport de recherche No R879*

*Août 2006*



**CONSTRUCTION DES BASES DE DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES  
D'HYDROTEL À L'AIDE DU LOGICIEL *PHYSITEL* DANS LE CADRE DE  
LA PHASE 2 DU *DISTRIBUTED MODEL INTERCOMPARISON PROJECT*  
(DMIP-2)**

Rapport de recherche

par

Géraldine Bernhard  
Alain N. Rousseau Ph.D. ing.  
Sylvain Jutras Ph.D. ing.f.

Institut national de la recherche scientifique, INRS-ETE  
490, rue de la Couronne, Québec (Québec), G1K 9A9

Rapport de recherche N° R879

ISBN : 2-89146-361-7

Août 2006



# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1 DMIP : LE PROJET DE COMPARAISON DE MODÈLES DISTRIBUÉS. ....	1
1.1.1 <i>Conclusions tirées de la phase 1</i> .....	1
1.1.2 OBJECTIFS DE LA PHASE 2 .....	2
<b>2 CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS TESTS</b> .....	<b>3</b>
2.1 LES BASSINS DE LA RÉGION DE L'OKLAHOMA .....	3
2.2 LES BASSINS DE LA RÉGION DU SIERRA-NEVADA .....	8
<b>3. CONSTRUCTION DES BASES DE DONNÉES</b> .....	<b>9</b>
3.1 MÉTHODE DE CONSTRUCTION .....	9
3.1.1 <i>Modèle numérique d'altitudes</i> .....	9
3.1.2 <i>Réseau vectoriel imposé</i> .....	9
3.1.3 <i>Détermination du bassin versant</i> .....	9
3.1.4 <i>Réseau hydrographique et Unités Hydrographiques Relativement Homogènes</i> .....	10
3.1.5 <i>Occupations du sol</i> .....	10
3.1.6 <i>Types de sol</i> .....	11
3.2 APPLICATION AUX DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS TESTS .....	13
3.2.1 <i>Bassins de la région de l'Oklahoma</i> .....	13
3.2.1.1 Bassin du cours d'eau "ILLINOIS" .....	13
3.2.1.2 Bassin du cours d'eau "ELK" .....	17
3.2.1.3 Bassin du cours d'eau "BARON FORK" .....	21
3.2.1.4 Bassin du cours d'eau "BLUE" .....	25
3.2.2 <i>Bassins de la région du Sierra-Nevada</i> .....	28
3.2.2.1 Bassin du cours d'eau "AMERICAN" .....	28
3.2.2.2 Bassin du cours d'eau "CARSON" .....	31
<b>4. RECAPITULATIF ET REMARQUES</b> .....	<b>35</b>
<b>5. CONCLUSION</b> .....	<b>39</b>
<b>ANNEXE 1 : INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES BASSINS DE L'OKLAHOMA</b> .....	<b>43</b>
<b>ANNEXE 2 : INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES BASSINS DU SIERRA-NEVADA</b> .....	<b>45</b>
<b>ANNEXE 3 APPLICATION AUX DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS TESTS (RÉSOLUTIONS 465 M ET 75 M)</b> .....	<b>53</b>

---



---

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Schéma de localisation des bassins de la région de l'Oklahoma .....	3
Figure 2 : Schémas des bassins de la région de l'Oklahoma.....	6
Figure 3 : Localisation des stations hydrométriques sur les bassins de la région d'Oklahoma.....	6
Figure 4 : Schéma de localisation des bassins de la région du Sierra Nevada .....	8
Figure 5 : Les différentes catégories d'occupations du sol .....	11
Figure 6 : Association entre la texture du sol et la matrice des types de sol de PHYSITEL.....	12
Figure 7 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS .....	13
Figure 8 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS.....	14
Figure 9 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS d'après leur superficie (seuil de 4 500).....	15
Figure 10 : Découpage du bassin ILLINOIS en 123 UHRH (seuil 4 500).....	15
Figure 11 : Occupations du sol sur le bassin ILLINOIS .....	16
Figure 12 : Types de sol sur le bassin ILLINOIS.....	16
Figure 13 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK .....	17
Figure 14 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK .....	18
Figure 15 : Répartition des UHRH du bassin ELK d'après leur superficie (seuil 5 300) .....	19
Figure 16 : Découpage du bassin ELK en 109 UHRH (seuil 5 300).....	19
Figure 17 : Occupations du sol pour le bassin ELK.....	20
Figure 18 : Types de sol pour le bassin ELK .....	20
Figure 19 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BARON FORK .....	21
Figure 20 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK .....	22
Figure 21 : Répartition des UHRH du bassin BARON FORK d'après leur superficie (seuil 5 000).....	23
Figure 22 : Découpage du bassin BARON FORK en 41 UHRH (seuil 5 000).....	23
Figure 23 : Occupations du sol pour le bassin versant BARON FORK.....	24
Figure 24 : Types de sol pour le bassin versant BARON FORK .....	24
Figure 25 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BLUE.....	25
Figure 26 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BLUE .....	26
Figure 27 : Répartition des UHRH du bassin BLUE d'après leur superficie (seuil 4 300).....	27
Figure 28 : Découpage du bassin BLUE en 61 UHRH (seuil 4 300).....	27
Figure 29 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau AMERICAN.....	28
Figure 30 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin AMERICAN .....	29
Figure 31 : Répartition des UHRH du bassin AMERICAN d'après leur superficie (seuil 13 000).....	30
Figure 32 : Découpage du bassin AMERICAN en 43 UHRH (seuil 13 000).....	30
Figure 33 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau CARSON.....	31
Figure 34 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin CARSON.....	32
Figure 35 : Répartition des UHRH du bassin CARSON d'après leur superficie (seuil 10 500).....	33
Figure 36 : Découpage du bassin CARSON en 41 UHRH (seuil 10 500).....	33
Figure 37 : Nombre d'UHRH en fonction de la superficie de bassin.....	36

---



## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Superficies des différents bassins de la région de l'Oklahoma .....	6
Tableau 2 : Tableau des différentes stations hydrométriques de la région d'Oklahoma .....	6
Tableau 3 : Caractéristiques des stations hydrométriques de la région du Sierra-Nevada .....	8
Tableau 4 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS .....	14
Tableau 5 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK.....	18
Tableau 6 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BARON FORK.....	22
Tableau 7 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BLUE.....	26
Tableau 8 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant AMERICAN .....	29
Tableau 9 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant CARSON .....	32
Tableau 10 : Statistiques finales pour tous les bassins versants .....	37
Tableau 11 : État d'avancement de la construction des bases de données de tous les bassins versants de DMIP .....	39

---



## LISTE DES FICHIERS INFORMATIQUES

---

<b>MNA</b>			
<p style="text-align: center;"><b>MNA_465m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Illinois</li> <li>• Elk</li> <li>• Baron Fork</li> <li>• Blue</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MNA_75m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Illinois</li> <li>• Elk</li> <li>• Baron Fork</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MNA_50m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blue</li> <li>• Illinois</li> <li>• Baron Fork</li> <li>• Elk</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>MNA_30m</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• American</li> <li>• Carson</li> <li>• Illinois</li> <li>• Blue</li> </ul>
<b>CONTOURS DE BASSINS</b>			
Oklahoma		Sierra Nevada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baron Fork</li> <li>• Blue</li> <li>• Elk</li> <li>• Flint Creek</li> <li>• Illinois (Watts et Tahlquah)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• American</li> <li>• Carson</li> </ul>	
<b>OCCUPATIONS SOL</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Région de l'Oklahoma</li> </ul>			
<b>TYPES SOL (STATSGO)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Région de l'Oklahoma</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Région du Sierra Nevada</li> </ul>	
<b>VECTEUR VIDE</b>			
<b>PHYSITEL</b>			
<p style="text-align: center;"><b>465 M</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Illinois</li> <li>• Elk</li> <li>• Baron Fork</li> <li>• Blue</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>75 M</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Illinois</li> <li>• Elk</li> <li>• Baron Fork</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>50 M</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blue</li> <li>• Illinois</li> <li>• Baron Fork</li> <li>• Elk</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>30 M</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• American</li> <li>• Carson</li> </ul>



# **1. INTRODUCTION**

---

Le service météorologique des États-Unis a lancé, en octobre 2005, la deuxième phase de son projet de comparaison de modèles hydrologiques distribués. Cette comparaison se base sur les résultats obtenus sur différents bassins tests. L'INRS participe à ce projet avec son modèle HYDROTEL. Pour réaliser les différentes simulations, avec le logiciel HYDROTEL, il faut disposer de bases de données de chacun des bassins tests. L'objet de ce rapport est de présenter le travail de construction de ces bases de données à l'aide du logiciel PHYSITEL version 1.2 (Build 387). Ce travail a été réalisé durant les mois de juin et juillet 2006.

Après une rapide présentation du projet de comparaison de modèles distribués (DMIP), nous nous intéresserons aux caractéristiques des différents bassins tests. Puis, nous verrons plus en détails la construction des bases de données avec le logiciel PHYSITEL.

## **1.1 DMIP : le projet de comparaison de modèles distribués.**

Le service météorologique national des États-Unis (*National Weather Service*, NWS) fait des recherches pour mettre au point un modèle permettant de faire des prévisions hydrologiques sur son pays, ceci en utilisant au mieux les données de son radar NEXRAD et toutes les autres données spatiales. En fait, une des questions clés, pour ce service, est de savoir s'il existe un modèle distribué pouvant donner des résultats comparables ou meilleurs à ceux obtenus par le modèle global qu'elle utilise. Afin d'être guidé dans ses recherches, ce service a lancé un projet de comparaison de modèles distribués, le DMIP (*Distributed Model Intercomparison Project*), ouvert à tous les scientifiques. Ce projet en est déjà à sa deuxième phase. Après une rapide conclusion sur les résultats tirés de la phase 1, nous nous intéresserons aux objectifs de la phase 2 de ce projet.

### **1.1.1 Conclusions tirées de la phase 1**

La phase 1 de ce projet s'est terminée en 2002. Son but était de comparer les différents résultats obtenus par les modèles distribués (résultats obtenus à partir des données de précipitations fournies par le radar NEXRAD) avec les résultats obtenus avec le modèle global utilisé par le service météorologique. Ces comparaisons ont été basées sur les résultats obtenus sur cinq bassins tests.

Cette première phase a permis, entre autre, de constater :

- qu'il existe des modèles distribués, calés, qui donnent de meilleurs résultats par rapport au modèle global (en simulation, c'est-à-dire sur des événements météorologiques passés) ;
- que la plupart du temps, les modèles distribués permettent de mieux prévoir les pointes d'écoulement.

Mais, à la fin de cette première phase, il a été constaté, qu'une phase supplémentaire était nécessaire, notamment pour :

- effectuer des simulations sur de plus longues périodes (cinq années de données supplémentaires) ;
- faire des simulations sur des régions hydrologiquement plus complexes, telles que les régions montagneuses de l'ouest des États-Unis ;
- faire d'avantage d'expériences en situation de "prévision", c'est-à-dire en imposant des données "prévisionnelles" de précipitations.

C'est pourquoi, la phase 2 du projet DMIP a été lancée en octobre 2005.

## 1.1.2 Objectifs de la phase 2

C'est avec son modèle distribué, HYDROTEL, que l'INRS participe à cette phase. Les objectifs de cette phase sont d'apporter des éléments de réponse à différentes questions, notamment:

- a. Un modèle hydrologique distribué permet-il d'obtenir des résultats plus précis qu'un modèle global ?  
Pour le service météorologique des États-Unis, il s'agit plus précisément de connaître les situations dans lesquelles, il faut préférer un modèle distribué à un modèle global.
- b. Quelle est la qualité des résultats obtenus par un modèle distribué, calé avec des données de précipitations observées, mais que l'on fait fonctionner avec des données de précipitations prévisionnelles ?  
Beaucoup d'études ont déjà été réalisées pour évaluer l'amélioration des résultats obtenus par les modèles distribués, mais ceci avec des données observées et non pas des données prévisionnelles.  
Quelle est la durée de prévision maximum à partir de laquelle, un modèle distribué ne fournira plus de meilleurs résultats par rapport à un modèle global ?  
En effet, on peut se poser cette question car les données prévisionnelles de précipitations sont fournies avec une moins bonne résolution et sont plus incertaines que les données observées. C'est pourquoi, on peut penser que les bénéfices d'un modèle distribué diminuent lorsque la durée de prévision augmente.
- c. Est-ce qu'un modèle distribué peut convenablement prédire des processus tel que le ruissellement ou encore l'humidité du sol, en des points situés à l'intérieur d'un bassin versant ?  
Pour le service météorologique des États-Unis, il s'agit plus précisément de savoir si, un modèle distribué peut fournir des estimations spatiales de l'humidité dans le sol, suffisamment significatives, pour permettre une bonne gestion de la ressource en eau.
- d. Quelles sont les caractéristiques physiques d'un bassin et/ou les variations de précipitations, justifiant l'utilisation d'un modèle hydrologique distribué, pour obtenir de meilleurs résultats au niveau de l'exutoire ?

- e. Quelle est la capacité d'un modèle distribué, mis en place pour donner des résultats au niveau d'un exutoire, à fournir des hydrogrammes pour la prévision des crues subites, au niveau de points situés à l'intérieur du bassin versant ?
- f. Quels sont les avantages et inconvénients à utiliser un modèle distribué, par rapport à un modèle global, dans les régions hydrologiquement complexes ?
- g. Existe-il une contrainte majeure limitant les performances des modèles distribués, dans les zones montagneuses ?
- h. Est-ce qu'une meilleure précision sur la répartition des précipitations, sous formes de pluie et de neige, améliorera les résultats obtenus par les modèles ?
- i. Existe-t-il, dans les régions montagneuses, une résolution (temporelle et spatiale) permettant de relater, de manière convenable, l'ensemble des processus liés aux précipitations sous forme de pluie et de neige ?

Pour apporter des éléments de réponse à ces différentes questions, le service national de météorologie des États-Unis propose dans son projet de comparaison, d'effectuer un certain nombre de calculs sur différents bassins versants.



## 2.CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS TESTS

### 2.1 Les bassins de la région de l'Oklahoma

Les bassins des cours d'eau suivants ont été étudiés : Illinois, Elk, Baron Fork et Blue. Ces bassins ont déjà été utilisés durant la première phase du projet DMIP. Ils vont permettre de tester les modèles sur des bassins de tailles différentes. De plus, il y a des stations hydrométriques sur certains de ces bassins (à l'intérieur). Le bassin du cours d'eau "Blue" permettra de faire des comparaisons supplémentaires entre modèle distribué et modèle global. Les différentes caractéristiques des bassins et stations hydrométriques apparaissent dans les figures et tableaux suivants. Pour plus d'informations concernant les caractéristiques des différents bassins versants de l'Oklahoma, veuillez vous référer à l'annexe 1 de ce rapport.

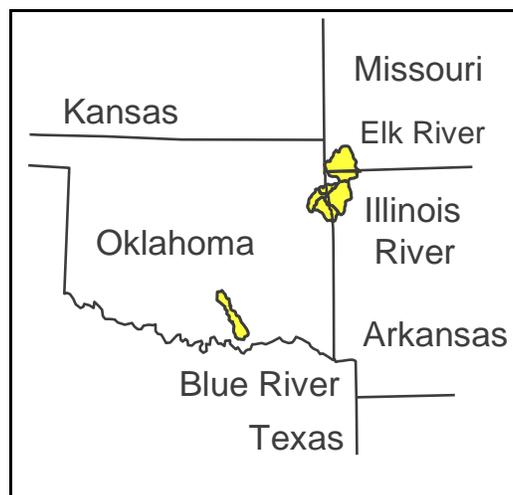


Figure 1 : Schéma de localisation des bassins de la région de l'Oklahoma

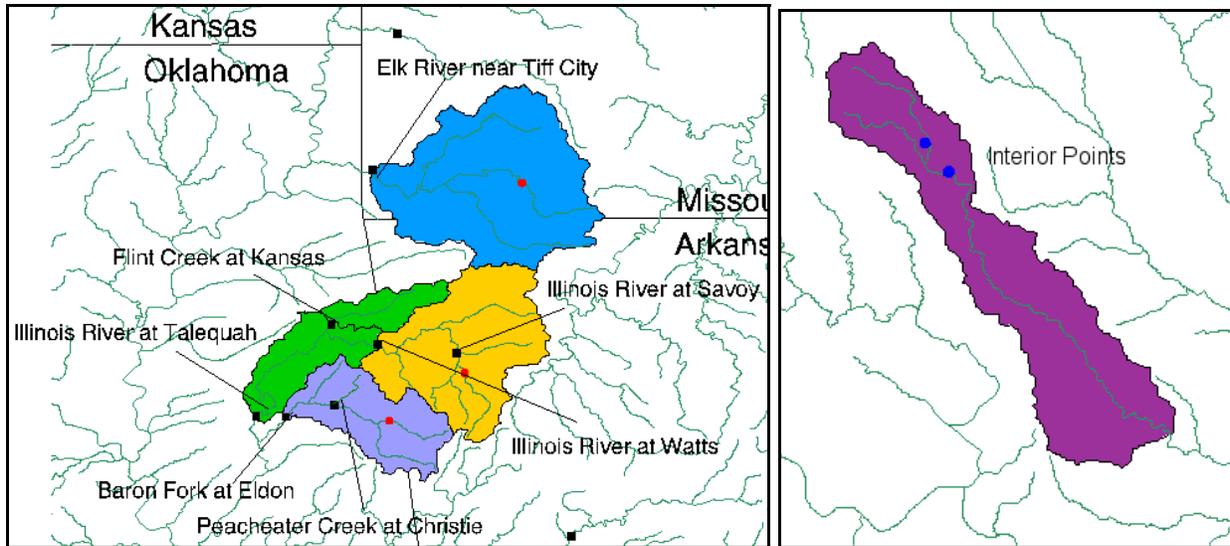


Figure 2 : Schémas des bassins de la région de l'Oklahoma

Tableau 1 : Superficies des différents bassins de la région de l'Oklahoma

Bassins	Surfaces de drainage [km <sup>2</sup> ]
Illinois à Talequah	2 484
Illinois à Watts	1 645
Elk à Tiff City	2 258
Baron Fork à Eldon	795
Blue à Blue	1 233

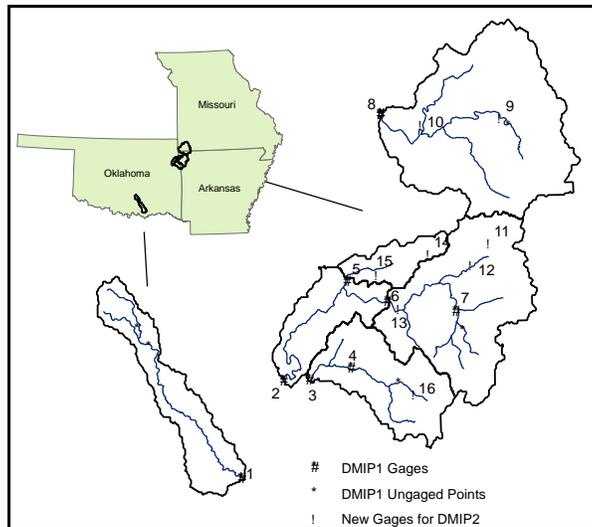


Figure 3 : Localisation des stations hydrométriques sur les bassins de la région d'Oklahoma

Tableau 2 : Tableau des différentes stations hydrométriques de la région d'Oklahoma

N°	Nom	USGS N°	Position géographique en latitude/longitude		Ville à proximité
1	Blue R.	7332500	35° 59' 49''	-96° 14' 53''	Blue, OK
2	Illinois River	7196500	35° 55' 22''	-94° 55' 24''	Tahlequah, OK
3	Baron Fork	7197000	35° 55' 16''	-94° 50' 18''	Eldon, OK

4	Peacheater Creek	7196973	35° 57' 17''	-94° 41' 47''	Christie, OK
5	Flint Creek	7196000	36° 11' 11''	-94° 42' 24''	Kansas, OK
6	Illinois River	7195500	36° 07' 48''	-94° 34' 19''	Watts, OK
7	Illinois River	7194800	36° 06' 11''	-94° 20' 40''	Savoy, AR
8	Elk River	7189000	36° 37' 53''	-94° 35' 12''	Tiff City, Mo
9	Big Sugar Creek	7188653	36° 36' 57''	-94° 10' 56''	Powell, MO
10	Indian Creek	7188885	36° 35' 57''	-94° 26' 59''	Lanagan, MO
11	Osage Creek	7194880	36° 16' 53''	-94° 13' 41''	Cave Springs, AR
12	Osage Creek	7195000	36° 13' 19''	-94° 17' 19''	Elm Springs, AR
13	Illinois River	7195430	36° 06' 31''	-94° 32' 01''	Siloam Springs, AR
14	Flint Creek	7195800	36° 15' 20''	-94° 26' 02''	Springtown, AR
15	Sager Creek	7195865	36° 12' 06''	-94° 36' 19''	West Siloam Spring, OK
16	Baron Fork	7196900	35° 52' 48''	-94° 29' 12''	Dutch Mills, AR

---

## 2.2 Les bassins de la région du Sierra-Nevada

Les bassins des cours d'eau suivants ont été étudiés : American et Carson. Ces bassins étant situés dans une région montagneuse, ils sont donc plus complexes que ceux de la région de l'Oklahoma. Bien que ces deux bassins soient proches géographiquement, leur régime hydraulique est bien différent. Ceci est dû à leur différence d'altitude moyenne et à leur position de part et d'autre des montagnes du Sierra Nevada. Le bassin du cours d'eau "Carson" est situé à une altitude élevée, les précipitations s'y font principalement sous forme de neige. Par contre, pour le bassin du cours d'eau "American", situé à une altitude moins élevée, les précipitations se font à la fois sous forme de pluie et sous forme composée de neige et de pluie. Autrement, tous deux possèdent de petits réservoirs et détournements, mais sans effets notables sur l'écoulement. Les expériences se feront sur deux sous bassins, à savoir, au niveau du cours d'eau "North Fork American" ainsi qu'au niveau du cours d'eau "East Fork Carson". Pour plus d'informations concernant les caractéristiques des différents bassins versants du Sierra Nevada, se référer à l'annexe 2 de ce rapport.

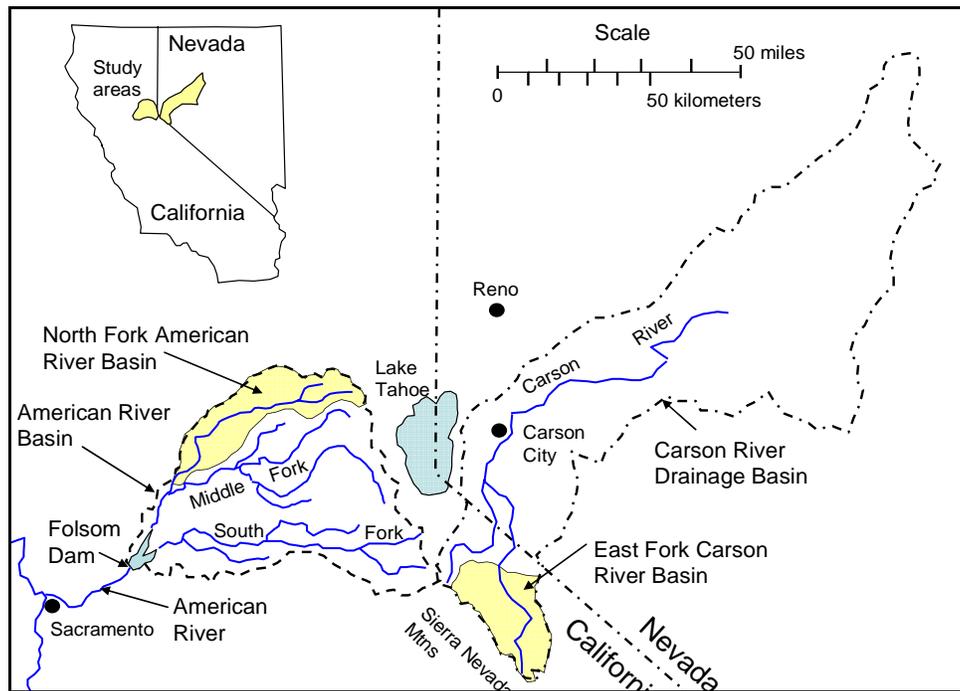


Figure 4 : Schéma de localisation des bassins de la région du Sierra Nevada

Tableau 3 : Caractéristiques des stations hydrométriques de la région du Sierra-Nevada

Nom	USGS N°	Position géographique en latitude/longitude		Ville à proximité	Superficie drainée (km <sup>2</sup> )
Carson	1030900	38° 50' 42''	-119° 42' 13''	Garderville, NV	922
American	1142700	38° 56' 10''	-121° 01' 22''	North Fork, CA	886

## **3. CONSTRUCTION DES BASES DE DONNÉES**

### **3.1 Méthode de construction**

La construction des bases de données de bassins versants, à l'aide de PHYSITEL, se fait en 13 étapes. Une fois celles-ci accomplies, il est possible de travailler avec HYDROTEL. Pour les bassins Illinois, Elk et Baron Fork, les constructions des bases de données ont pu être achevées. Par contre, pour les bassins de la région du Sierra Nevada, nous avons dû nous arrêter à la détermination des UHRH, c'est-à-dire à l'étape 10, ceci en raison d'un manque de données. Pour arriver jusqu'à ces étapes, la méthode utilisée a été la suivante :

#### **3.1.1 Modèle numérique d'altitudes**

Le service météorologique des États-Unis a mis des modèles numériques d'altitudes (MNA) de résolutions spatiales différentes, à disposition. Les résolutions proposées étaient de 15 arc secondes soit 465 m et de 1 arc seconde soit 30 m. Pour tous les bassins nous avons essayé de prendre la meilleure résolution possible. Cependant, il n'a pas toujours été possible de choisir une résolution de 30 m, ceci en raison de la taille des bassins. En effet, pour certains bassins de taille importante, les matrices étaient trop grandes pour être utilisées par PHYSITEL. Nous avons donc été contraint de transformer ces matrices, données avec une résolution spatiale de 30 m en des matrices avec une résolution spatiale légèrement moins fine de 50 m, ceci à l'aide du logiciel GLOBAL MAPPER.

On peut noter que les différents MNA étaient donnés en longitudes/latitudes, c'est-à-dire en coordonnées géographiques, mais, le logiciel PHYSITEL n'accepte pour l'instant que les projections de type UTM. C'est pourquoi, à l'aide du logiciel GLOBAL MAPPER, nous avons transformé les différentes matrices, données en longitudes/latitudes, en des matrices dont les valeurs correspondent à une projection UTM.

#### **3.1.2 Réseau vectoriel imposé**

Aucun réseau vectoriel ne nous a été mis à disposition mais, PHYSITEL refuse de fonctionner si on ne lui donne pas de réseau hydrographique. C'est pourquoi, nous avons créé, à l'aide du logiciel MAPINFO, un réseau vectoriel nul. En introduisant ce réseau hydrographique "nul", PHYSITEL accepte de faire le travail.

#### **3.1.3 Détermination du bassin versant**

Connaissant les numéros des stations hydrométriques, situées aux niveaux des exutoires de nos bassins versants, nous avons pu déterminer les positions géographiques de celles-ci. Puis, grâce aux orientations d'écoulement, PHYSITEL a produit les superficies drainées en amont de ces cellules prises comme exutoires. Nous pouvions donc comparer les superficies de drainage obtenues par PHYSITEL à celles qui nous étaient fournies.

De plus, nous disposions des contours de bassins, ce qui nous a permis, par superposition, de constater quelques différences. Cependant, nous n'avons pas systématiquement retouché aux bassins obtenus par PHYSITEL. Pour pouvoir utiliser les contours fournis, nous avons transformé les fichiers en « .bdr » qui étaient fournis en des fichiers « .shp », ceci à l'aide de GLOBAL MAPPER. Puis, à l'aide de MAPINFO, nous avons transformé ces derniers fichiers en des fichiers .tab.

### **3.1.4 Réseau hydrographique et Unités Hydrographiques Relativement Homogènes**

La détermination de la structure interne d'écoulement vers l'exutoire du bassin versant se fait en fonction d'un seuil de superficie drainée en amont. Ce seuil correspond au nombre de mailles amont drainées à partir duquel on considère qu'un tronçon donné fait parti du réseau hydrographique.

La détermination des sous bassins, appelés Unités Hydrographiques Relativement Homogènes, UHRH, dépend de la valeur seuil choisie. En effet, plus le seuil sera petit, plus le réseau hydrographique sera précis et plus on aura d'UHRH.

Dans notre cas, et selon l'expérience acquise par le centre d'expertise hydrique du Québec, on désire obtenir des sous bassins d'environ 20 km<sup>2</sup> en moyenne. Pour trouver la valeur seuil adéquate, nous avons réalisé différents essais pour chacun des bassins versants. À partir de ces essais, nous avons pu tracer les courbes d'évolution de la moyenne et de l'écart type des superficies des UHRH, en fonction de la valeur seuil de superficie amont drainée. C'est à partir de ces courbes et des histogrammes de répartition en classes de superficies, que nous avons fait le choix de la valeur seuil.

Pour tracer les courbes citées précédemment, il a fallu partir du fichier texte contenant les données des UHRH, de PHYSITEL. Puis, à l'aide du logiciel GEOMATICA, nous avons transformé ce fichier texte en un fichier « .pix » et, c'est à partir de ce dernier qu'il a été possible, en utilisant le modeleur de ce même logiciel, de calculer la superficie de chacune des UHRH et puis la moyenne et l'écart type de celles-ci.

### **3.1.5 Occupations du sol**

Pour les bassins de la région de l'Oklahoma, nous disposions des données d'occupations du territoire. La matrice fournie était donnée en longitudes/latitudes et décrivait le territoire à l'aide de 17 catégories (voir tableau ci-dessous).

Valeur	Étiquette	Couleur
0	No data	
1	Evergreen Needleleaf	
2	Evergreen Broadleaf	
3	Deciduous Needleleaf	
4	Deciduous Broadleaf	
5	Mixed Forest	
6	Closed Shrublands	
7	Open Shrublands	
8	Woody Savannah	
9	Savannah	
10	Grasslands	
11	Permanent Wetlands	
12	Croplands	
13	Urban and Built Up	
14	Cropland / Natural Unshrubland	
15	Snow and Ice	
16	Barren or Sparsely Unshrubland	
17	Water Bodies	

Figure 5 : Les différentes catégories d'occupations du sol

Pour pouvoir être utilisée dans le logiciel PHYSITEL, il a fallu transformer la matrice fournie en une matrice dont les valeurs correspondent à une projection de type UTM. Cette matrice a pu être utilisée pour tous les bassins de la région sauf celui du cours d'eau Blue. En effet, pour ce bassin, PHYSITEL n'acceptait pas la matrice et indiquait une erreur dû à une différence trop importante entre la résolution de la matrice des occupations du sol et celle du MNA. Mais, même en transformant la matrice pour obtenir des cellules de taille identique, c'est-à-dire avec la même résolution que pour le modèle numérique d'altitudes, le même message d'erreurs'affichait.

Pour les bassins de la région du Sierra Nevada, aucune donnée sur les occupations du sol n'était fournie. C'est pourquoi, nous avons été contraint, pour ces bassins, de nous arrêter à l'étape 10, c'est-à-dire à la détermination des UHRH.

### 3.1.6 Types de sol

Des données, issues de la base STATSGO, étaient mises à notre disposition, par le service météorologique des États-Unis, pour l'ensemble des bassins tests. Elles n'étaient pas directement utilisables par le logiciel PHYSITEL. En effet, il s'agissait de différentes matrices, chacune d'elle décrivant le sol sur une certaine profondeur. Le logiciel PHYSITEL n'acceptant qu'une seule valeur pour toute la profondeur, il a fallu, à partir de ces différentes matrices, créer une seule matrice décrivant le sol sur toute sa profondeur. Nous avons choisi de retenir la valeur de la classe dominante.

Après l'importation de cette matrice dans PHYSITEL, ce dernier nous a contraint à associer à chacun des chiffres de la matrice une texture de sol parmi un choix de 11 textures. Il nous a donc fallu associer une texture de sol à des chiffres qui correspondaient à de l'eau ou encore à des matériaux organiques.

Vous trouverez dans le tableau ci-dessous, les différents choix qui ont été faits.



No	Etiquette valeur	Etiquette de texture
0	No Data	00 sand
1	Sand	00 sand
2	Loamy Sand	01 loamy_sand
3	Sandy Loam	02 sandy_loam
4	Silt Loam	04 silt_loam
5	Silt	04 silt_loam
6	Loam	03 loam
7	Sandy Clay Loam	05 sandy_clay_loam
8	Silty Clay Loam	07 silty_clay_loam
9	Clay Loam	06 clay_loam
10	Sandy Clay	08 sandy_clay
11	Silty Clay	09 silty_clay
12	Clay	10 clay
13	Organic Materials	03 loam
14	Water	10 clay
15	Bedrock	00 sand
16	Other	00 sand

Figure 6 : Association entre la texture du sol et la matrice des types de sol de PHYSITEL

On peut noter, qu'il a également fallu associer une texture de sol légèrement différente pour le silt. Cela n'a pas vraiment de sens mais cela a permis de faire accepter notre matrice à PHYSITEL. De plus, une fois la matrice des types de sol éditée par PHYSITEL, on a pu remarquer que nos bassins étaient uniquement composés de textures de sol qui n'avaient pas été utilisées pour définir autre chose que des textures. Sur nos bassins, les types de sol sont donc, *a priori*, définis correctement.

Pour les bassins de la région du Sierra Nevada, les données d'occupations du sol, bien que disponibles, n'ont pas été utilisées puisque nous ne disposions pas des occupations de sol pour ces bassins.

## 3.2 Application aux différents bassins versants tests

Au tout début du projet, le NWS n'avait fourni aux participants DMIP-2 qu'un MNA ayant une résolution de 465 m. Le traitement des données physiographiques donc été effectué en premier lieu avec cette résolution très grossière. Puis, début juillet 2006, le NWS a rendu disponible un modèle numérique d'altitudes ayant une résolution beaucoup plus fine, soit de 30 m. Mais, avec une telle résolution, le temps de calcul nécessaire à PHYSITEL pour traiter cette matrice était trop important. Nous avons donc décidé de réduire la résolution du MNA à 50 m. Mais même avec cette résolution réduite, le temps de calcul était toujours considérable, nécessitant parfois plus d'une semaine. Nous avons donc également fait le travail à l'aide d'une résolution légèrement moins fine de 75 m.

Les résultats les plus probants ayant été obtenus à l'aide du MNA de 50 m, seulement les résultats liés à cette résolution apparaissent dans le présent rapport. Les résultats obtenus à l'aide des MNA de 465 m et 75 m apparaissent sous forme d'annexe (Annexe 3).

### 3.2.1 Bassins de la région de l'Oklahoma

#### 3.2.1.1 Bassin du cours d'eau "ILLINOIS"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **50 m**. La station hydrométrique #7196500, (N35°55'22'', W94°55'24'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 982 334 mailles soit  $982\,334 \times (0,050)^2 = 2\,455,8 \text{ km}^2$ , ce qui concorde bien avec la superficie drainée du bassin (2 484 km<sup>2</sup>). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

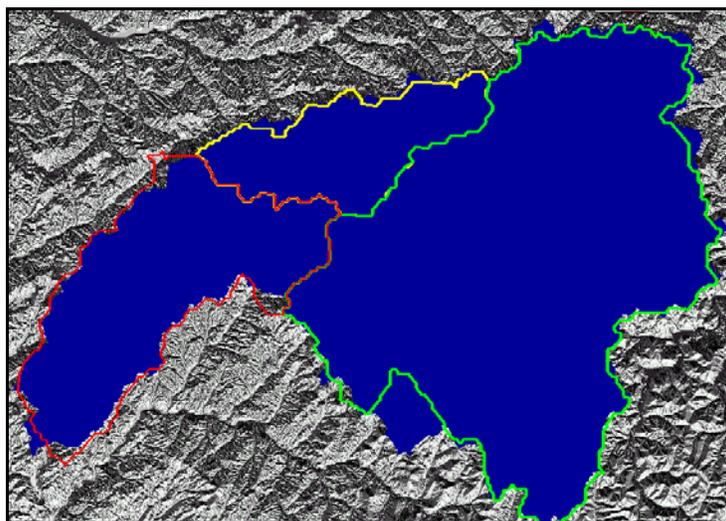
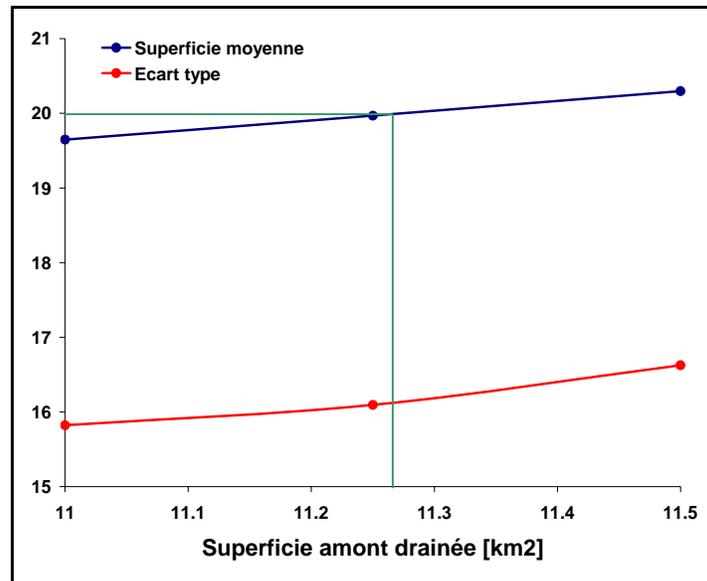


Figure 7 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS

Il est à noter que des nœuds ont dû être ajoutés aux endroits où se trouvent certaines stations hydrométriques se situant à l'intérieur du bassin versant. Les résultats obtenus lors des différents essais visant à identifier la valeur seuil de superficie amont drainée la plus adéquate sont décrits dans le tableau suivant :

**Tableau 4 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS**

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	4 400	4 500	4 600
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	11	11,25	11,5
Nombre d'UHRH	125	123	121
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	19,65	19,97	20,30
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	15,8	16,1	16,6
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	104,1	104,1	104,1
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,01	0,01	0,01



**Figure 8 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS**

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 11,27 km<sup>2</sup> pour le bassin ILLINOIS. Puisque le seuil de 4 500 mailles détermine des superficies moyennes d'UHRH de 11,25 km<sup>2</sup>, nous avons retenu ce seuil.

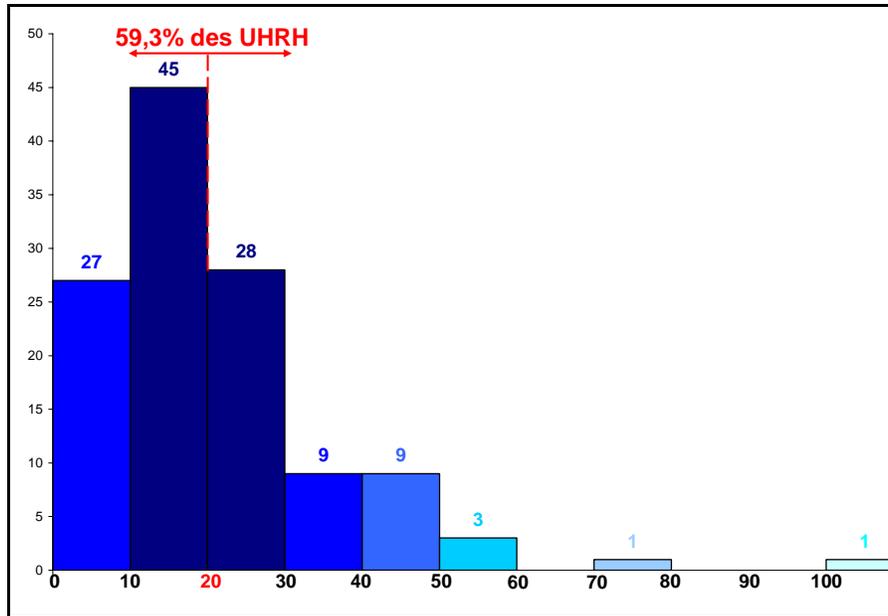


Figure 9 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS d'après leur superficie (seuil de 4 500)

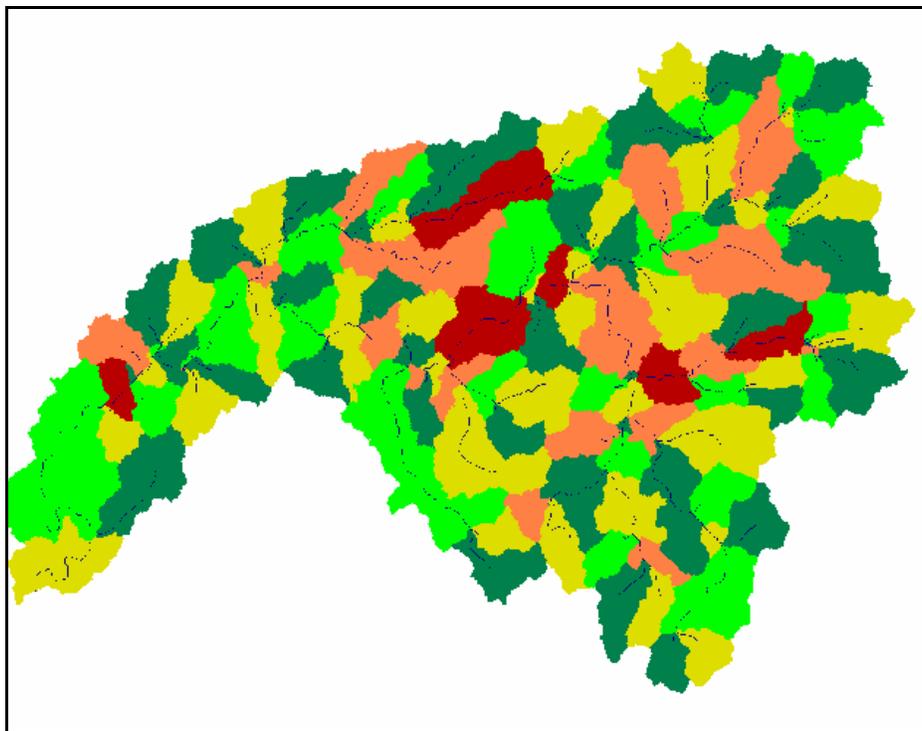


Figure 10 : Découpage du bassin ILLINOIS en 123 UHRH (seuil 4 500)

Les occupations du territoire ainsi que les types de sol obtenus pour cette décomposition en UHRH sont :

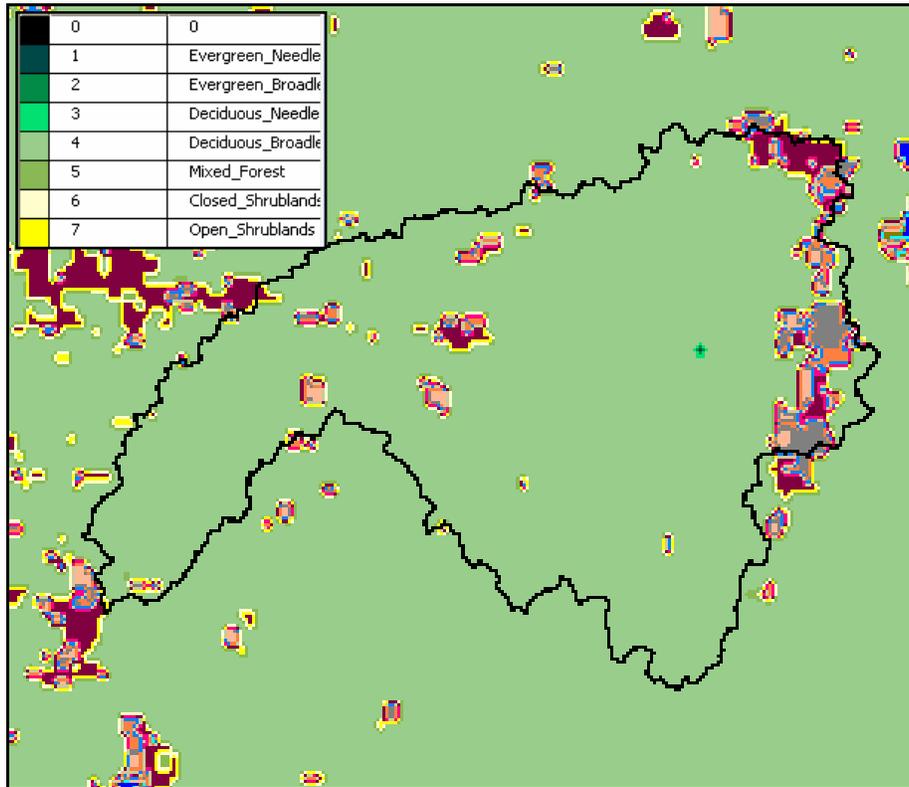


Figure 11 : Occupations du sol sur le bassin ILLINOIS

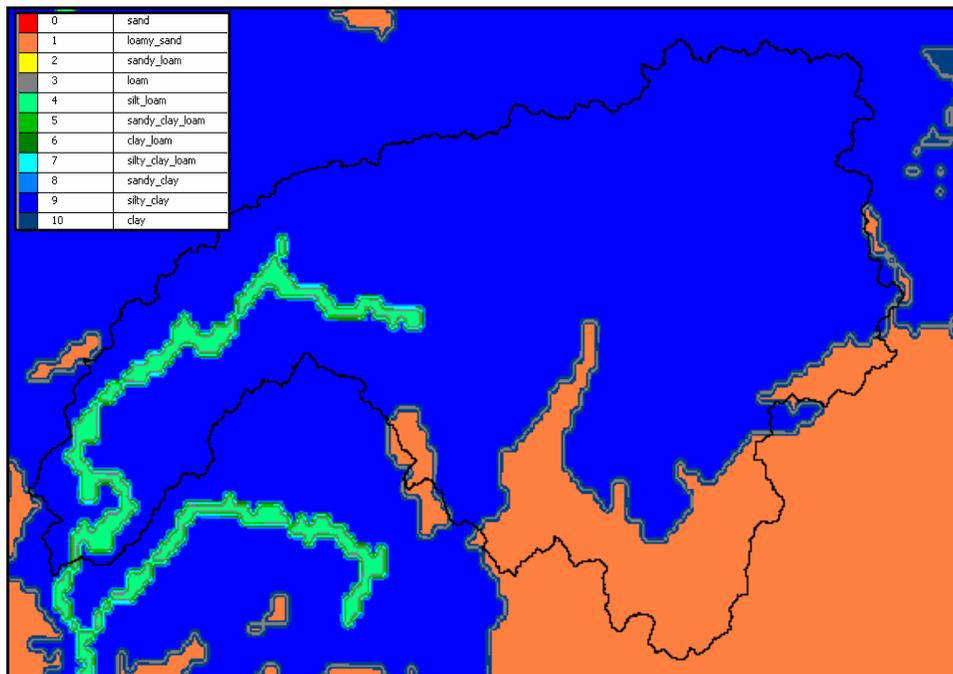


Figure 12 : Types de sol sur le bassin ILLINOIS

### 3.2.1.2 Bassin du cours d'eau "ELK"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **50 m**. La station hydrométrique #7189000, (N36°37'53'', W94°35'12'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 880 947 mailles soit  $880\,947 \times (0,050)^2 = 2\,202,4 \text{ km}^2$ , ce qui concorde bien avec la superficie drainée du bassin ( $2\,258 \text{ km}^2$ ). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

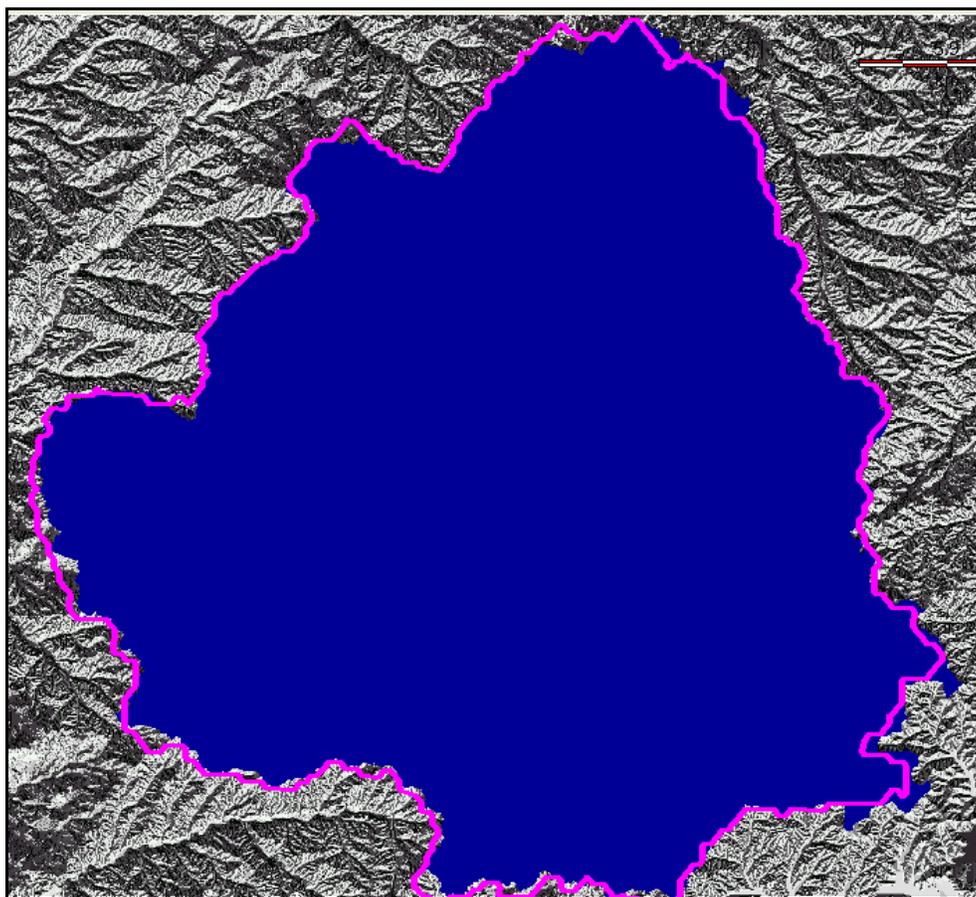
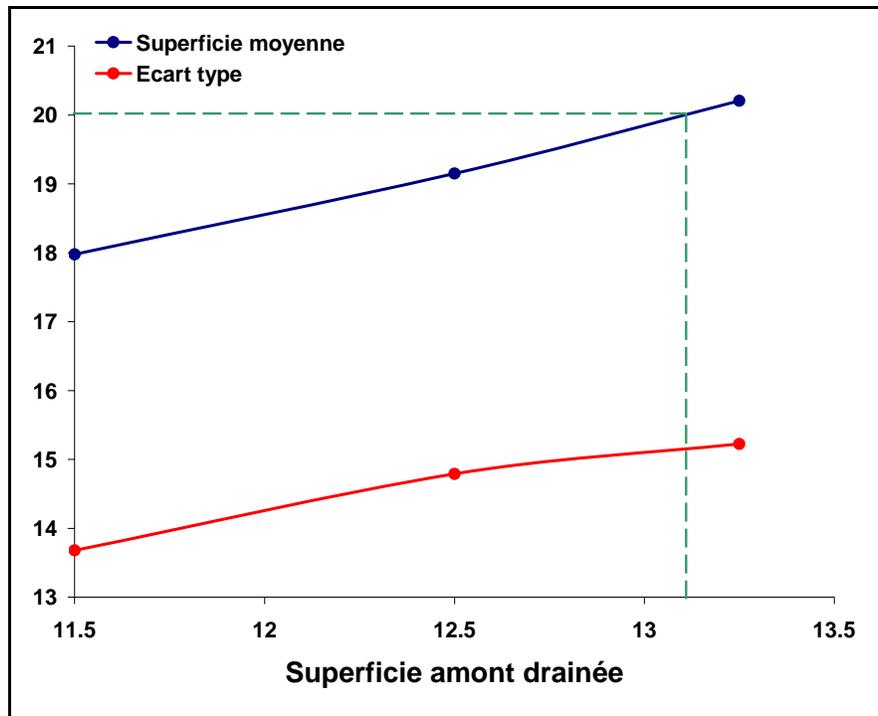


Figure 13 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK

Il est à noter que des nœuds ont dû être ajoutés aux endroits où se trouvent certaines stations hydrométriques se situant à l'intérieur du bassin versant. Les résultats obtenus lors des différents essais visant à identifier la valeur seuil de superficie amont drainée la plus adéquate sont décrits dans le tableau suivant :

**Tableau 5 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK**

<b>Seuil de superficie amont drainée (mailles)</b>	4 600	5 000	5 300
<b>Seuil de superficie amont drainée (km<sup>2</sup>)</b>	11,50	12,50	13,25
<b>Nombre d'UHRH</b>	123	115	109
<b>Superficie moyenne d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	17,98	19,15	20,21
<b>Écart-type de la superficie des UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	13,7	14,8	15,2
<b>Superficie max d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	85,63	85,63	85,63
<b>Superficie min d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	0	0	0

**Figure 14 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK**

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 13,1 km<sup>2</sup> pour le bassin ELK. Puisque le seuil de 5 300 mailles détermine des superficies moyennes d'UHRH de 13,25 km<sup>2</sup>, nous avons retenu ce seuil.

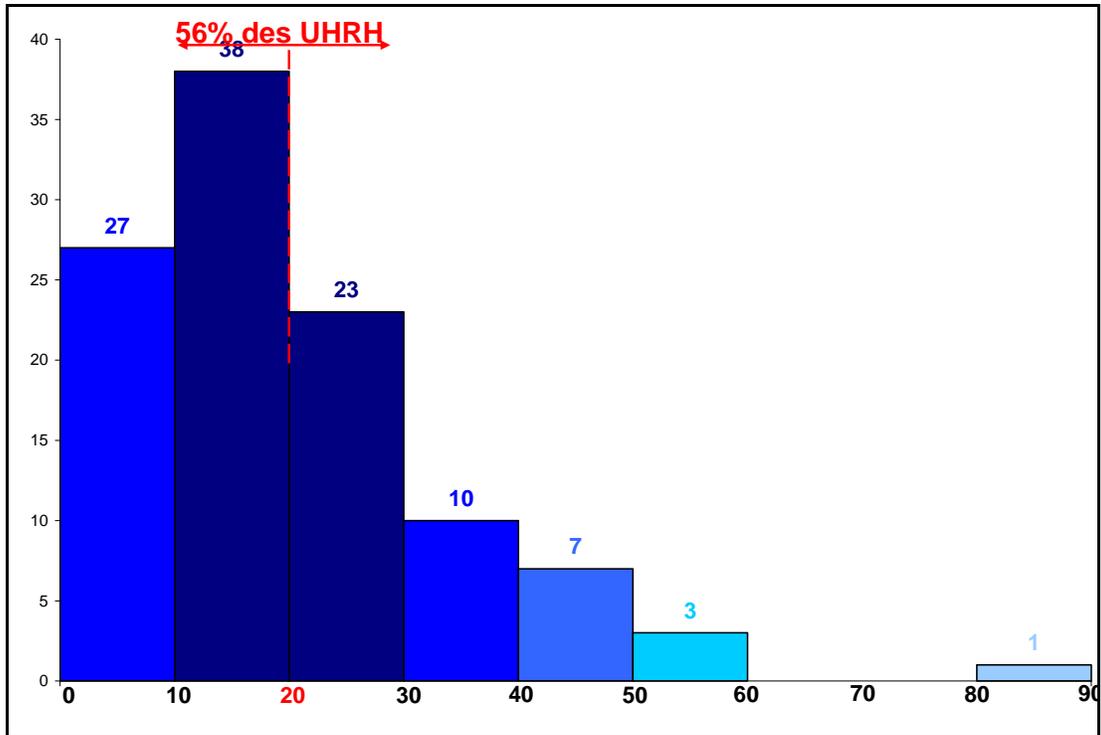


Figure 15 : Répartition des UHRH du bassin ELK d'après leur superficie (seuil 5 300)

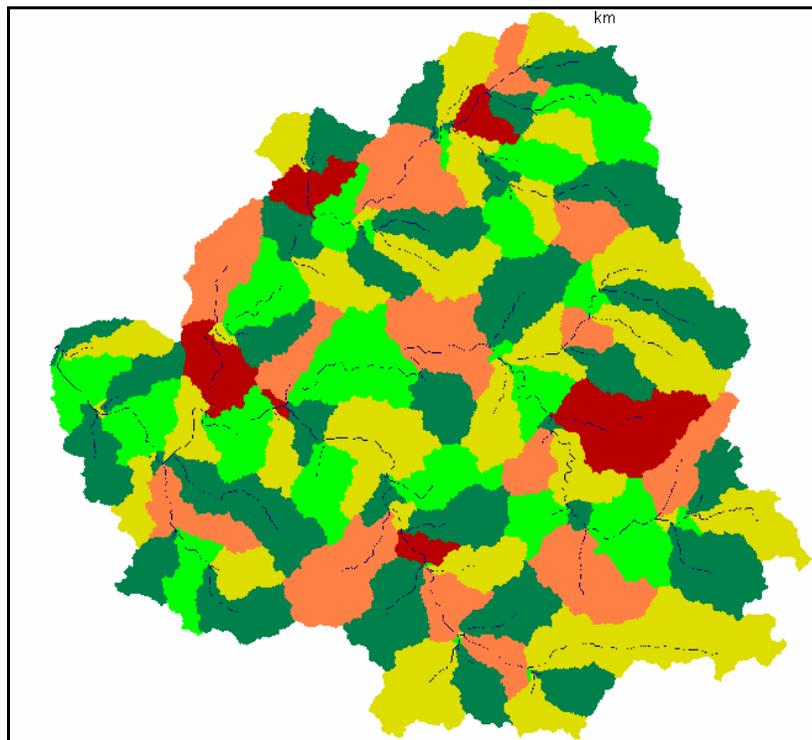


Figure 16 : Découpage du bassin ELK en 109 UHRH (seuil 5 300)

Les occupations du territoire ainsi que les types de sol obtenus pour cette décomposition en UHRH sont :

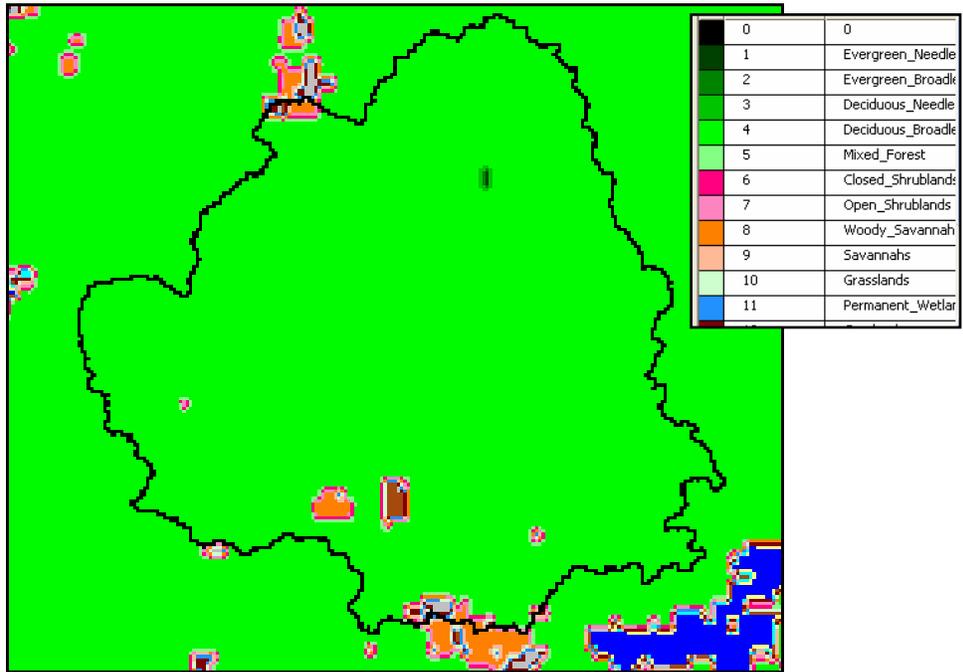


Figure 17 : Occupations du sol pour le bassin ELK

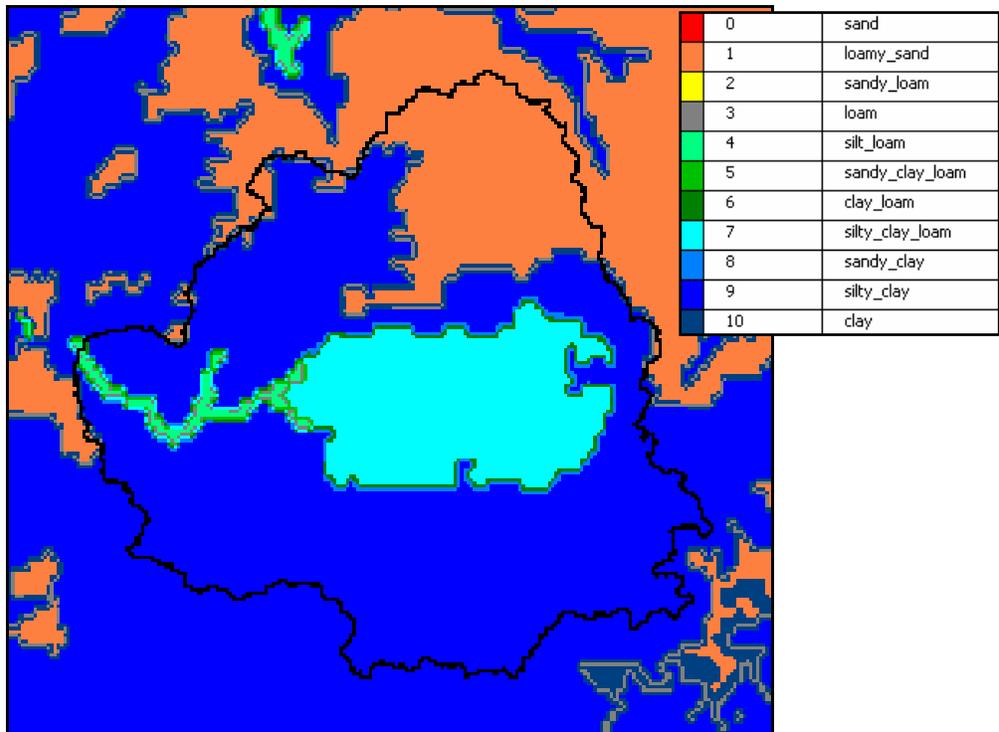


Figure 18 : Types de sol pour le bassin ELK

### 3.2.1.3 Bassin du cours d'eau "BARON FORK"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **50 m**. La station hydrométrique #7197000, (N35°55'16'', W94°50'18'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 322 682 mailles soit  $322\,682 \times (0,050)^2 = 806,7 \text{ km}^2$ , ce qui concorde bien avec la superficie drainée du bassin ( $795 \text{ km}^2$ ). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

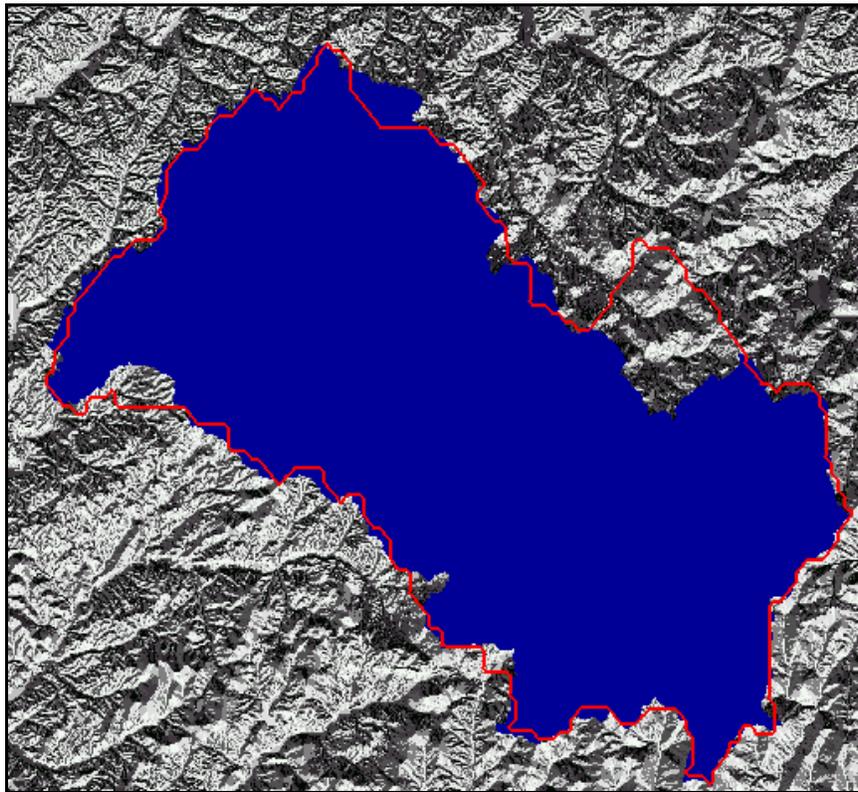


Figure 19 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BARON FORK

Les résultats obtenus lors des différents essais visant à identifier la valeur seuil de superficie amont drainée la plus adéquate sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BARON FORK

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	4 600	5 000	5 100	5 200
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	11,5	12,5	12,75	13
Nombre d'UHRH	43	41	39	39
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	18,76	19,67	20,68	20,68
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	13,5	13,6	15,2	15,2
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	51,38	51,38	63,77	63,77
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0	0	0	0

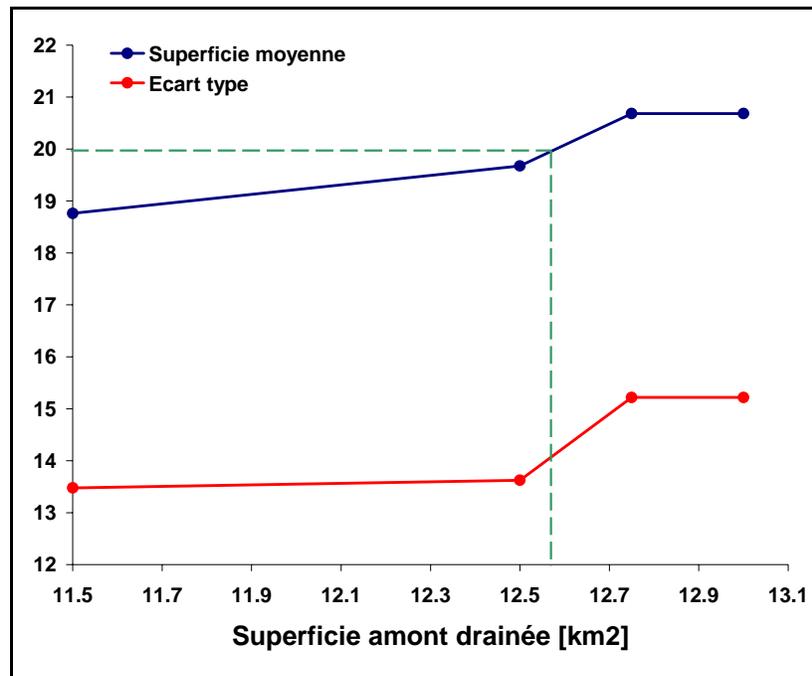


Figure 20 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 12.55 km<sup>2</sup> pour le bassin BARON FORK. Puisque le seuil de 5 000 mailles détermine des superficies moyennes d'UHRH de 12.5 km<sup>2</sup>, nous avons retenu ce seuil.

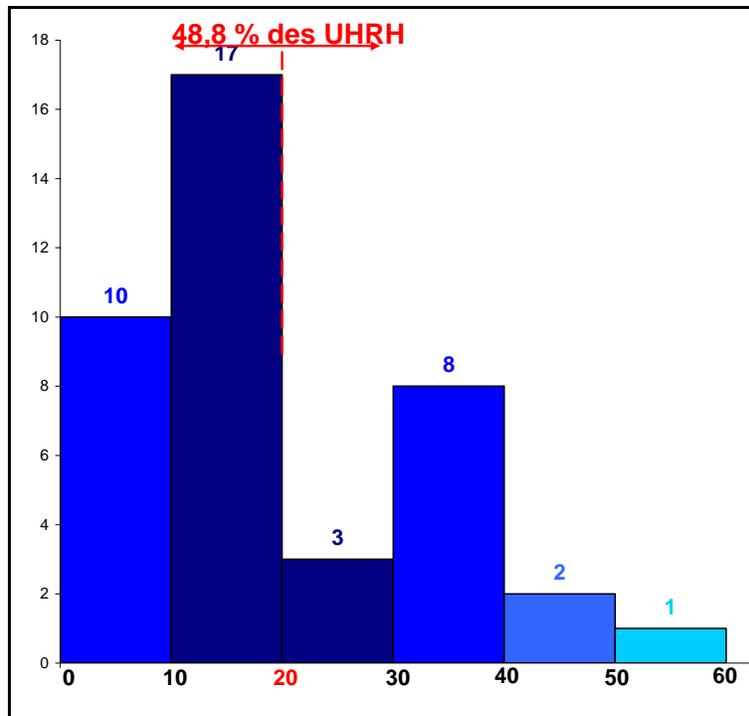


Figure 21 : Répartition des UHRH du bassin BARON FORK d'après leur superficie (seuil 5 000)

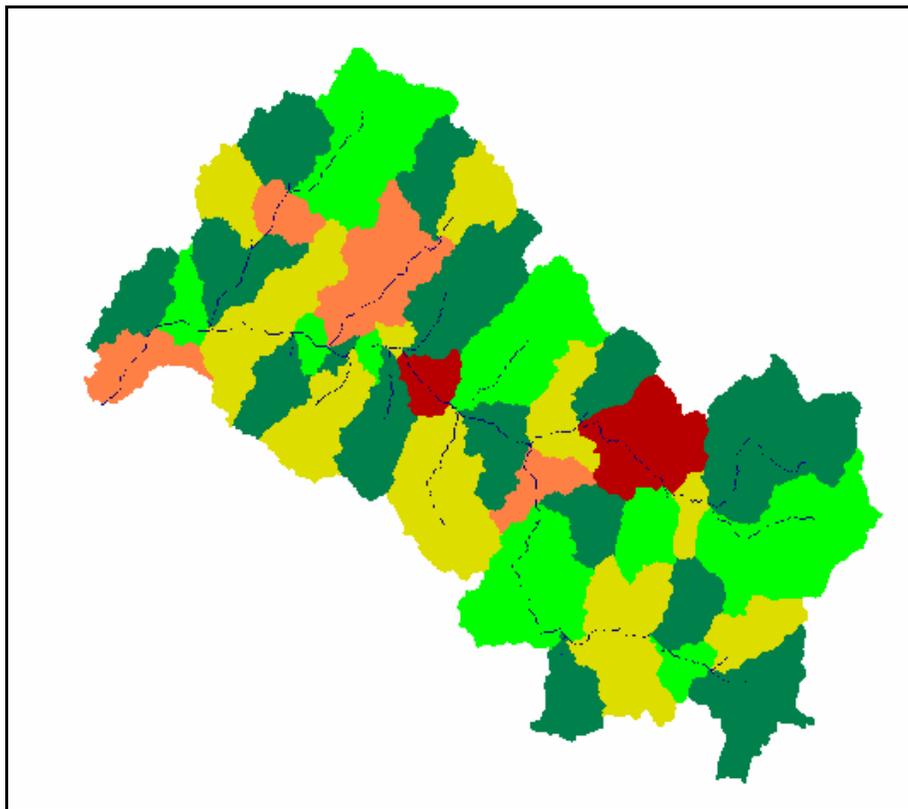


Figure 22 : Découpage du bassin BARON FORK en 41 UHRH (seuil 5 000)

Les occupations du territoire ainsi que les types de sol obtenus pour cette décomposition en UHRH sont :

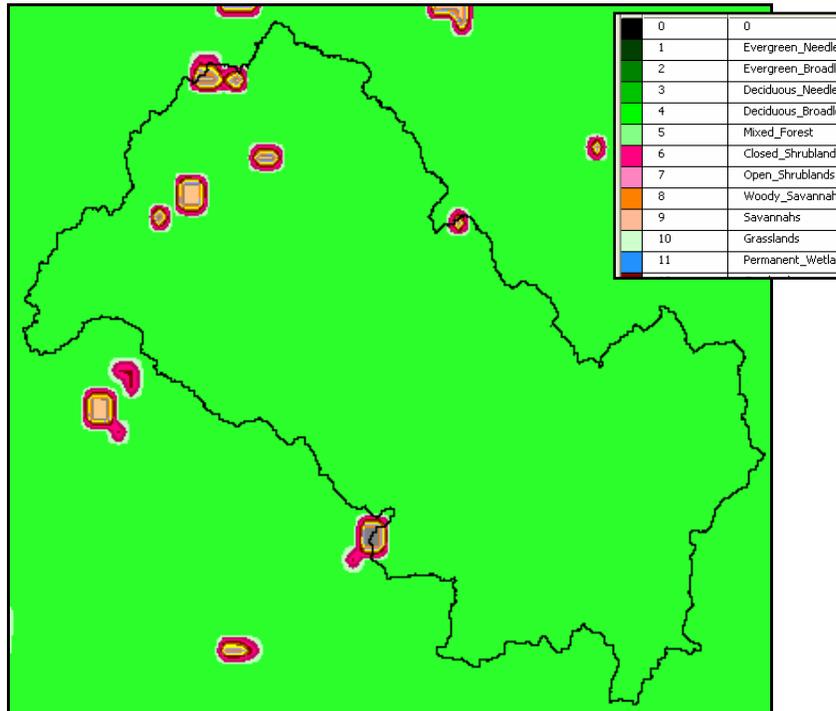


Figure 23 : Occupations du sol pour le bassin versant BARON FORK

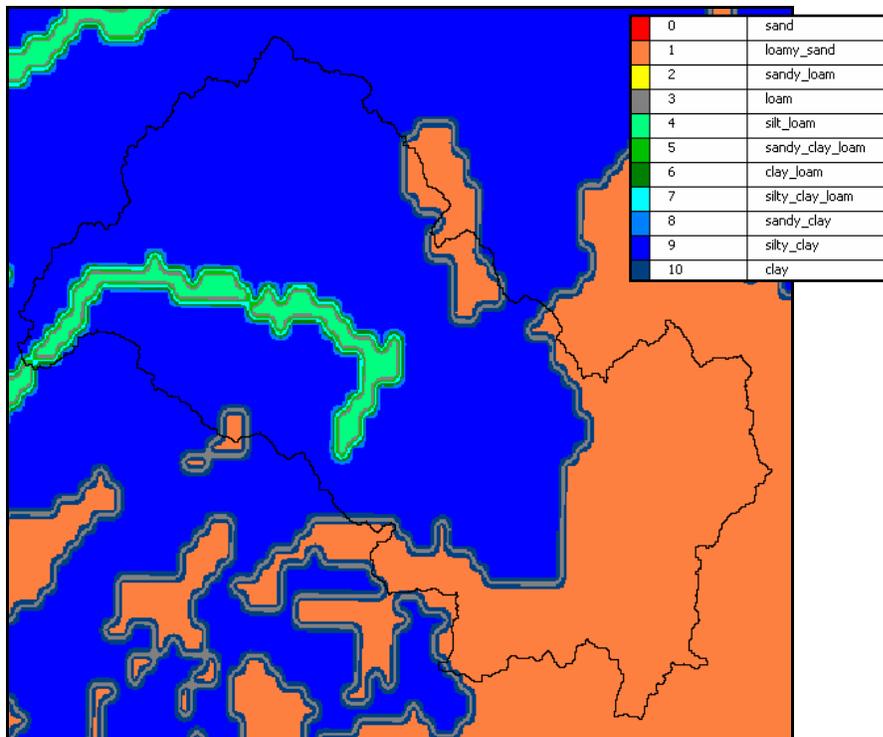


Figure 24 : Types de sol pour le bassin versant BARON FORK

### 3.2.1.4 Bassin du cours d'eau "BLUE"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **50 m**. La station hydrométrique #7332500, (N33°59'49'', W96°14'53'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 494 209 mailles soit  $494\,209 \times (0,05)^2 = 1\,235,5 \text{ km}^2$ , ce qui concorde bien avec la superficie drainée du bassin (1 232.3 km<sup>2</sup>). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

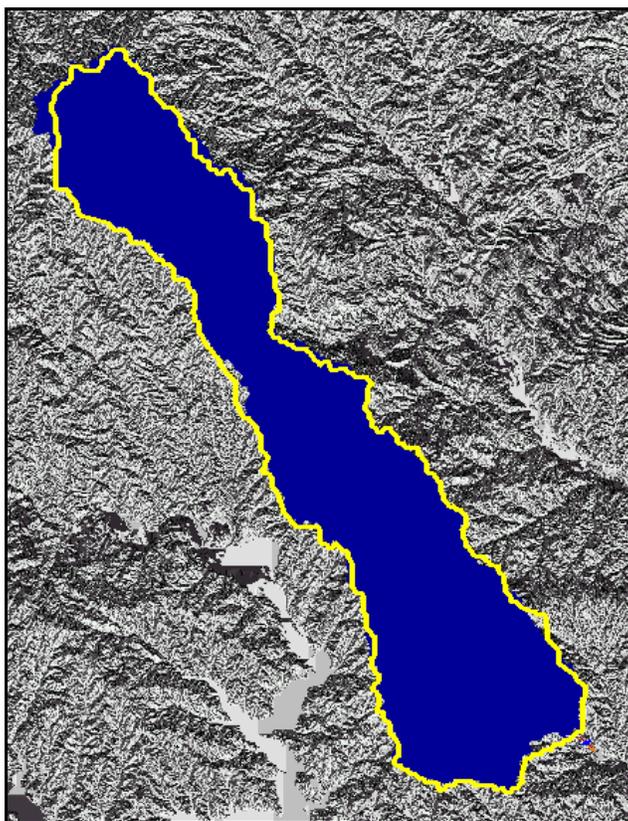


Figure 25 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BLUE

Les résultats obtenus lors des différents essais visant à identifier la valeur seuil de superficie amont drainée la plus adéquate sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BLUE

<b>Seuil de superficie amont drainée (mailles)</b>	3 700	3 900	4 200	4 300	4 500
<b>Seuil de superficie amont drainée (km<sup>2</sup>)</b>	9,25	9,75	10,5	10,75	11,25
<b>Nombre d'UHRH</b>	71	69	61	61	59
<b>Superficie moyenne d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	17,4	17,9	20,26	20,26	20,94
<b>Écart-type de la superficie des UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	11,9	12,9	15,1	15,1	15,5
<b>Superficie max d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	59,92	59,92	59,92	59,92	60,53
<b>Superficie min d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

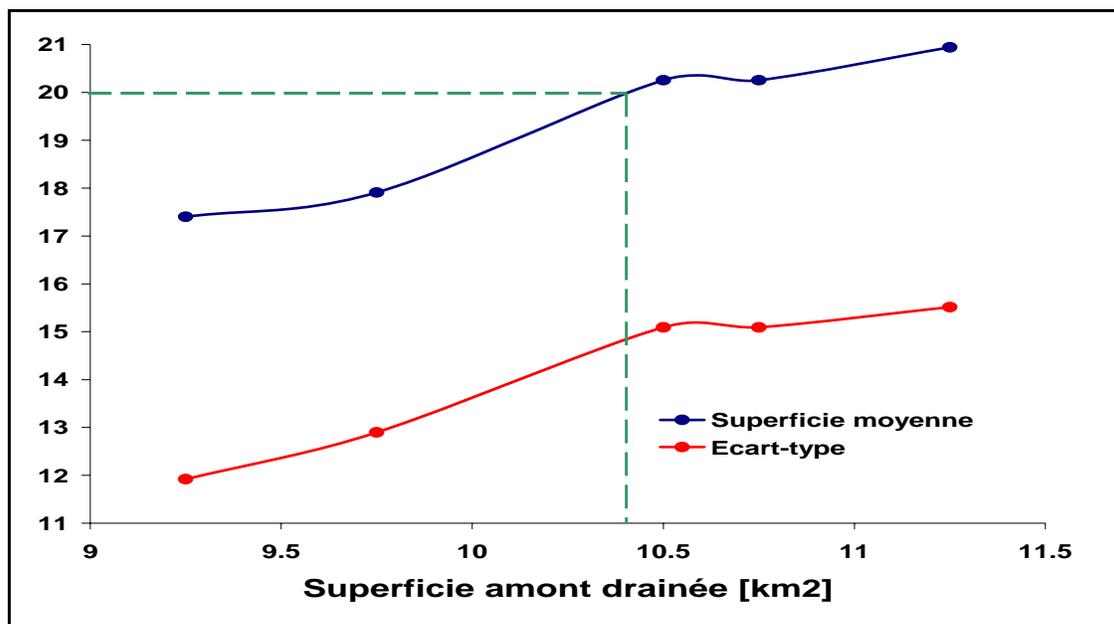


Figure 26 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BLUE

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 10,4 km<sup>2</sup> pour le bassin BLUE. Puisque le seuil de 4 300 mailles détermine des superficies moyennes d'UHRH de 10,75 km<sup>2</sup>, nous avons retenu ce seuil.

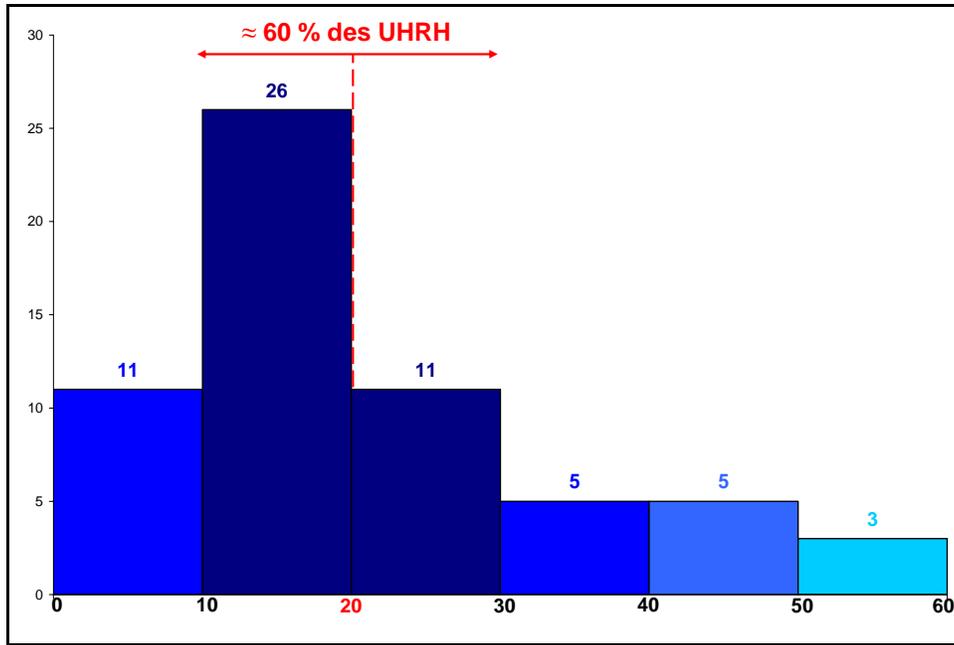


Figure 27 : Répartition des UHRH du bassin BLUE d'après leur superficie (seuil 4 300)

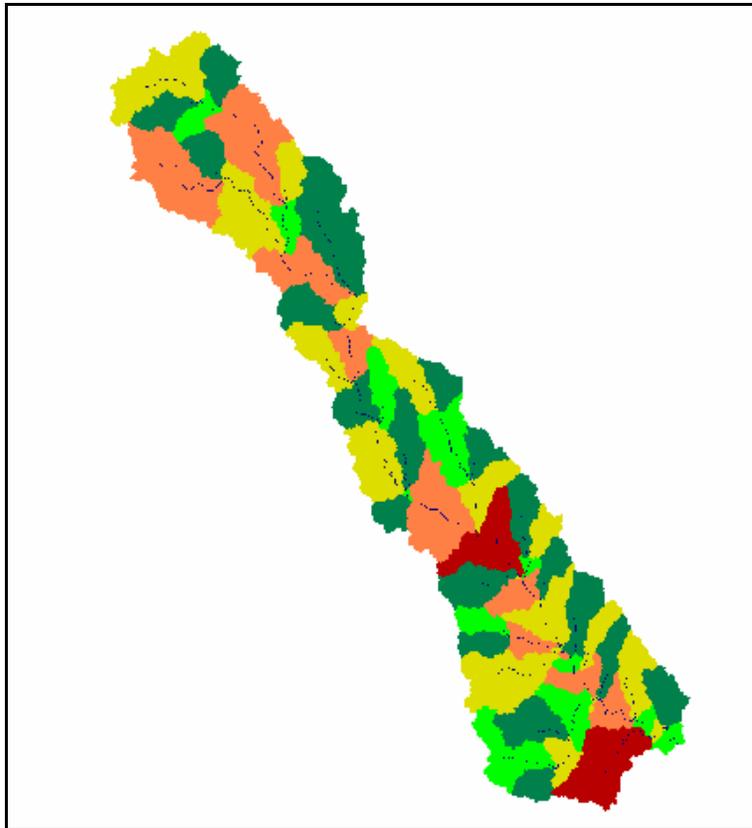


Figure 28 : Découpage du bassin BLUE en 61 UHRH (seuil 4 300)

## 3.2.2 Bassins de la région du Sierra-Nevada

### 3.2.2.1 Bassin du cours d'eau "AMERICAN"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **30 m**. La station hydrométrique #11427000, (N38°56'10'', W121°01'22'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 984 876 mailles soit **886,4 km<sup>2</sup>**, ce qui concorde exactement avec la superficie drainée du bassin (886 km<sup>2</sup>). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

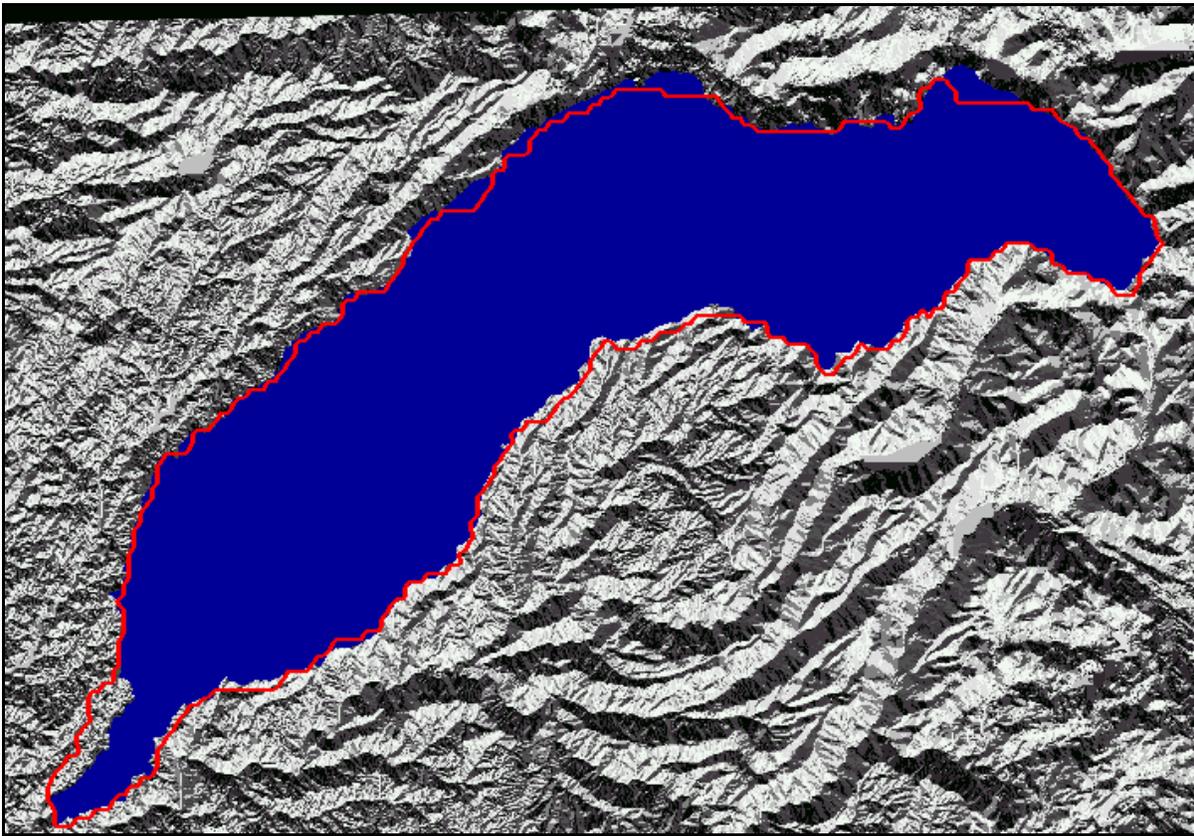
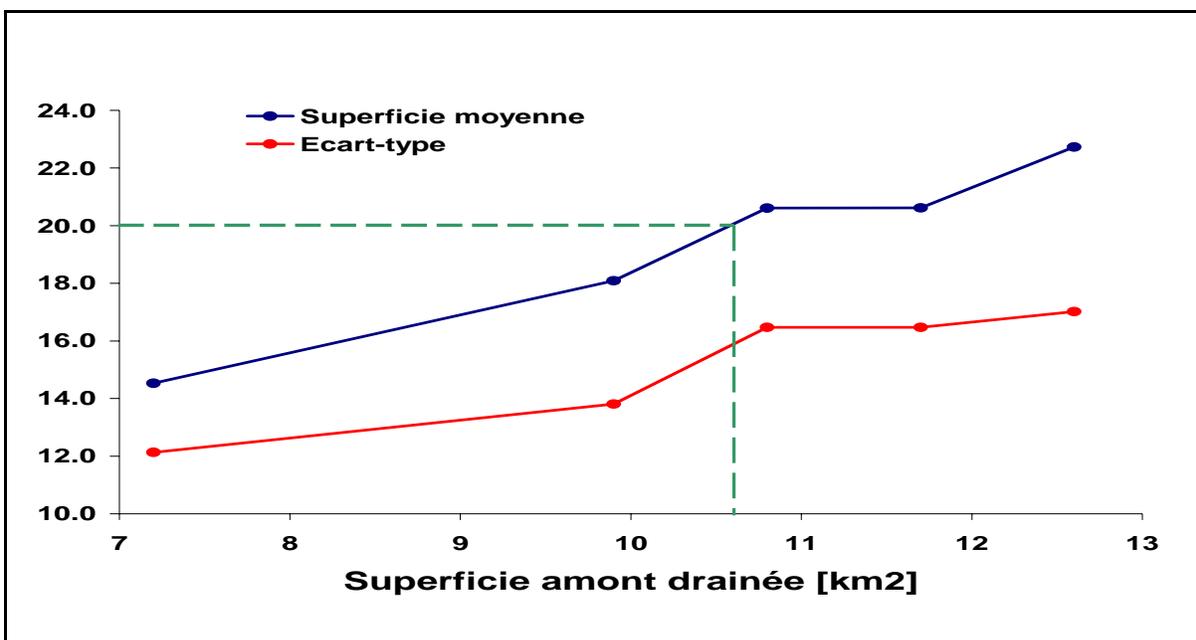


Figure 29 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau AMERICAN

Les résultats obtenus lors des différents essais visant à identifier la valeur seuil de superficie amont drainée la plus adéquate sont décrits dans le tableau suivant :

**Tableau 8 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant AMERICAN**

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	8 000	11 000	12 000	13 000	14 000
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	7,2	9,9	10,8	11,7	12,6
Nombre d'UHRH	61	49	43	43	39
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	14,5	18,1	20,6	20,6	22,7
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	12,1	13,8	16,5	16,5	17
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	62,21	62,21	64,52	64,52	64,52
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09



**Figure 30 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin AMERICAN**

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 10,6 km<sup>2</sup> pour le bassin AMERICAN. Le seuil de 12 000 mailles détermine des superficies moyennes d'UHRH de 10,8 km<sup>2</sup>, mais, on obtient la même décomposition en UHRH pour une valeur seuil de 13 000 mailles. Nous avons retenu ce seuil.

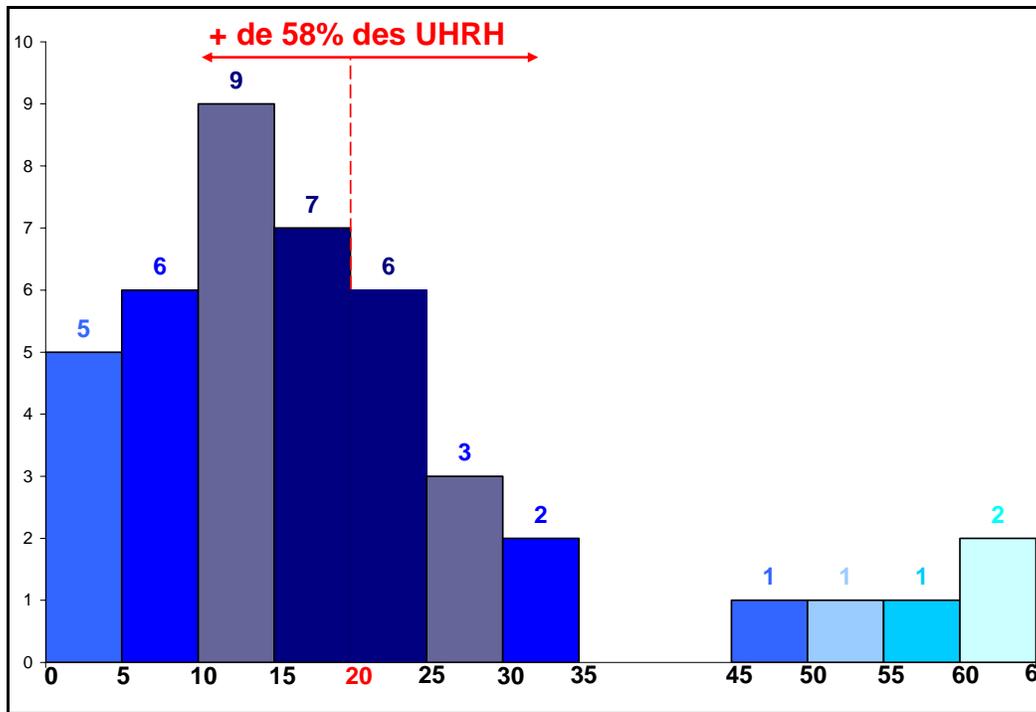


Figure 31 : Répartition des UHRH du bassin AMERICAN d'après leur superficie (seuil 13 000)

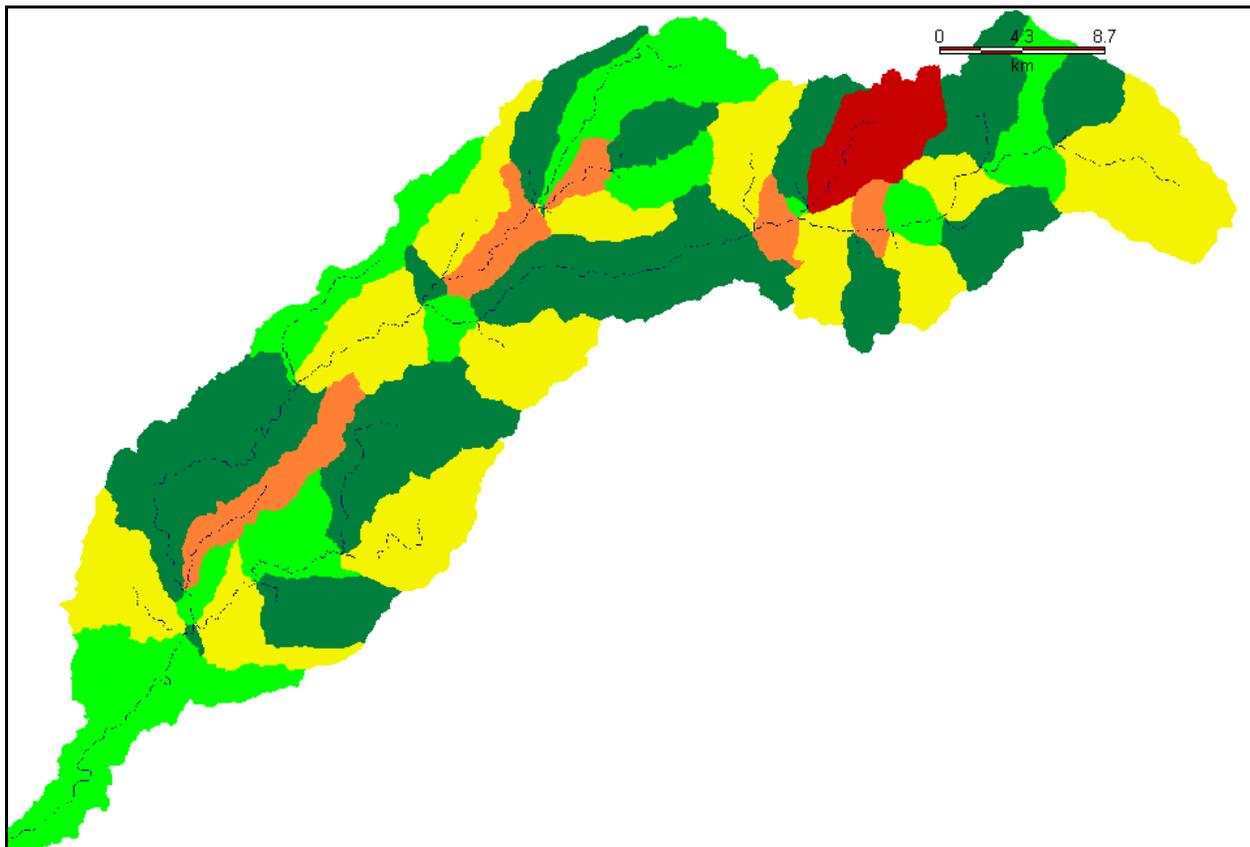


Figure 32 : Découpage du bassin AMERICAN en 43 UHRH (seuil 13 000)

### 3.2.2.2 Bassin du cours d'eau "CARSON"

La résolution du MNA qui a été adoptée est de **30 m**. La station hydrométrique #1030900, (N38°50'42'', W119°42'13'') a été utilisé comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 1 029 758 mailles soit **926,8 km<sup>2</sup>**, ce qui concorde bien avec la superficie drainée du bassin (922 km<sup>2</sup>). En superposant le contour de bassin fourni par le NWS avec celui obtenu par le logiciel PHYSITEL, tel que dans la figure ci-dessous, nous avons pu constater que les deux étaient relativement comparables. Même si quelques différences apparaissent dans la délimitation des bassins, aucune modification n'a été apportée au bassin délimité par PHYSITEL.

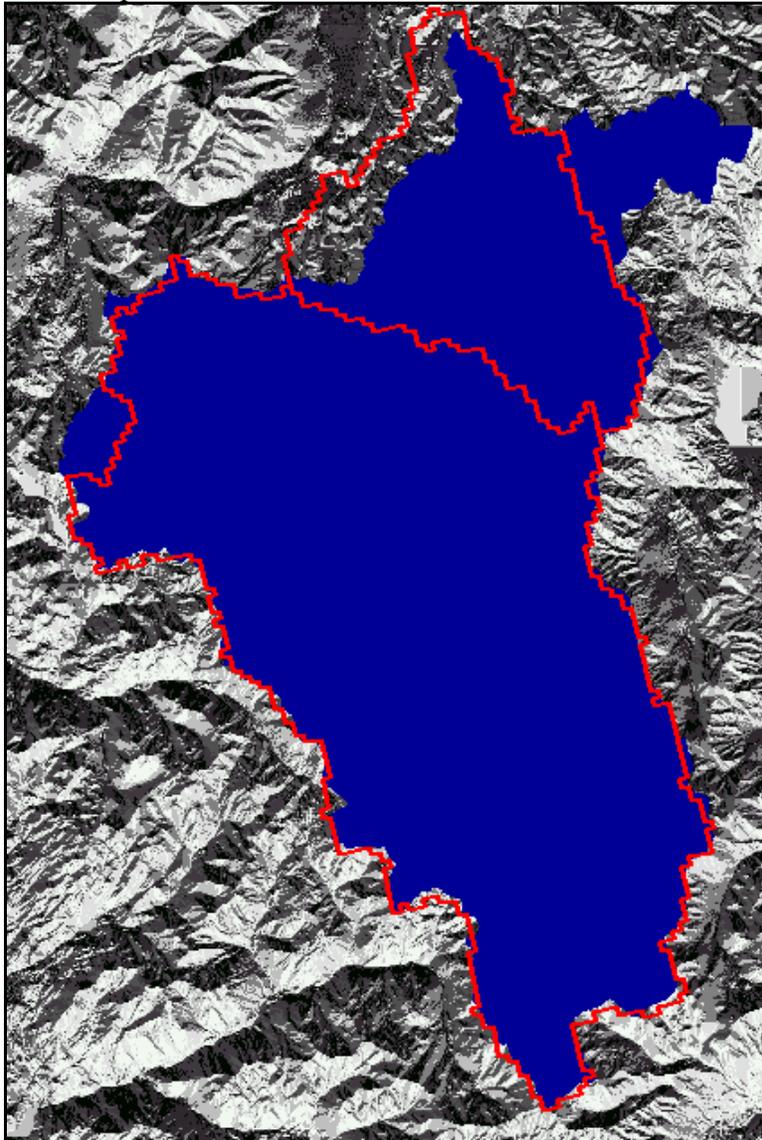


Figure 33 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau CARSON

Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont présentés au tableau suivant.

Tableau 9 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant CARSON

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	9 000	9 500	10 000	10 500	11 000
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	8,10	8,55	9	9,45	9,90
Nombre d'UHRH	61	57	47	41	39
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	15,2	16,3	19,7	22,6	24,1
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	10,3	10,9	14,7	21,8	22,9
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	48,2	48,2	59,9	126,9	126,9
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

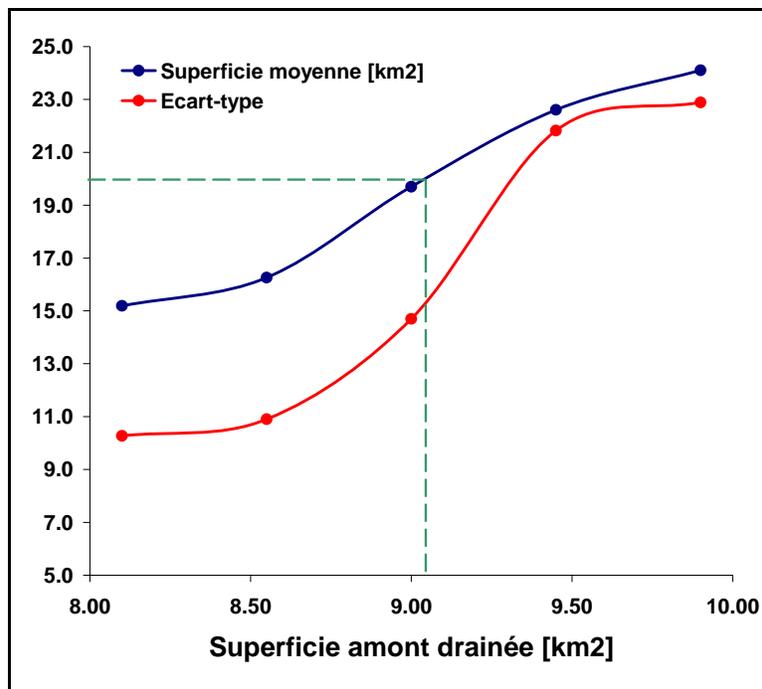


Figure 34 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin CARSON

On peut constater, grâce à aux courbes apparaissant dans la figure ci-dessus, que la valeur de seuil de superficie amont drainée la plus adéquate est de l'ordre de 9 km<sup>2</sup> pour le bassin CARSON. On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 10 000 et 10 500 mailles, soit entre 9 et 9,45 km<sup>2</sup>. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 10 500 mailles, environ 58 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Par contre, pour un seuil de 10 000 mailles, seul 51 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Ainsi, bien que l'écart type soit bien plus faible pour 10 000 mailles, **on retiendra donc un seuil de 10 500 mailles.**

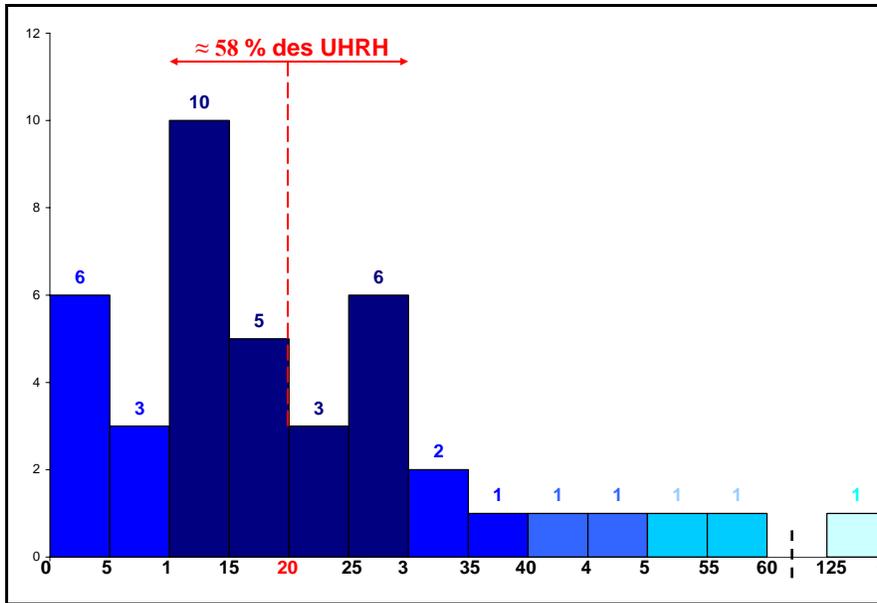


Figure 35 : Répartition des UHRH du bassin CARSON d'après leur superficie (seuil 10 500)

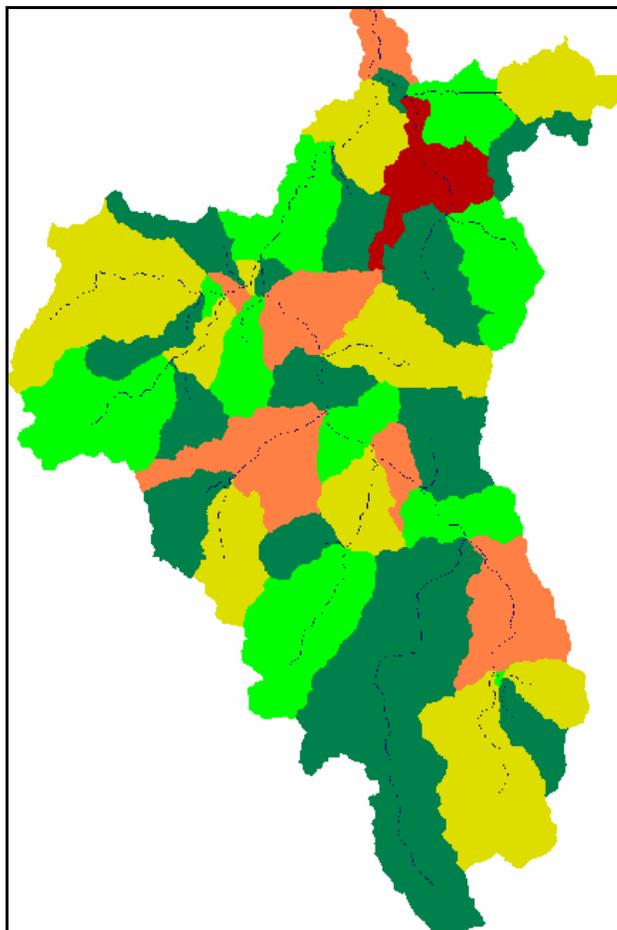


Figure 36 : Découpage du bassin CARSON en 41 UHRH (seuil 10 500)



## **4. RÉCAPITULATIF ET REMARQUES**

Différentes remarques peuvent être faites concernant les résultats obtenus et présentés à la figure 37 et au tableau 10.

- Bien que ces bassins soient différents, tant au niveau de leur superficie de drainage (de 800 à 2 500 km<sup>2</sup>) que de leur régime hydraulique (certains bassins sont dans des régions montagneuses), leur seuil de superficie amont drainée, seuil à partir duquel un tronçon fait parti du réseau hydrographique, est quasiment identique. Il est en moyenne de 11,5 km<sup>2</sup>, (moyenne établie avec les valeurs seuils de superficie pour les résolutions spatiales les plus fines de chaque bassin).
- Pour les résolutions spatiales plus fines, les seuils de superficie amont drainée, en nombre de mailles, sont plus importants que pour les résolutions spatiales plus grossières, c'est pour cela que l'on obtient, au final, un même ordre de grandeur pour les seuils de superficie amont drainée en km<sup>2</sup> et ceci quelque soit la résolution choisie. On pourrait penser que cela n'a pas d'intérêt de prendre une résolution fine pour ensuite prendre un nombre de mailles de superficie amont drainé important. Mais, il est intéressant de prendre la résolution spatiale la plus fine pour les étapes suivantes, notamment pour l'occupation du sol. En effet, avec une résolution plus fine, on pourra, par exemple, utiliser des données d'occupation de sol plus précise.
- Le nombre d'UHRH est proportionnel à la superficie du bassin pour une région donnée. En effet, cela dépend de la région où l'on se place. Si l'on se place dans une région montagneuse, les variations spatiales seront importantes et donc le nombre d'UHRH sera plus important que pour une région plus "plate".

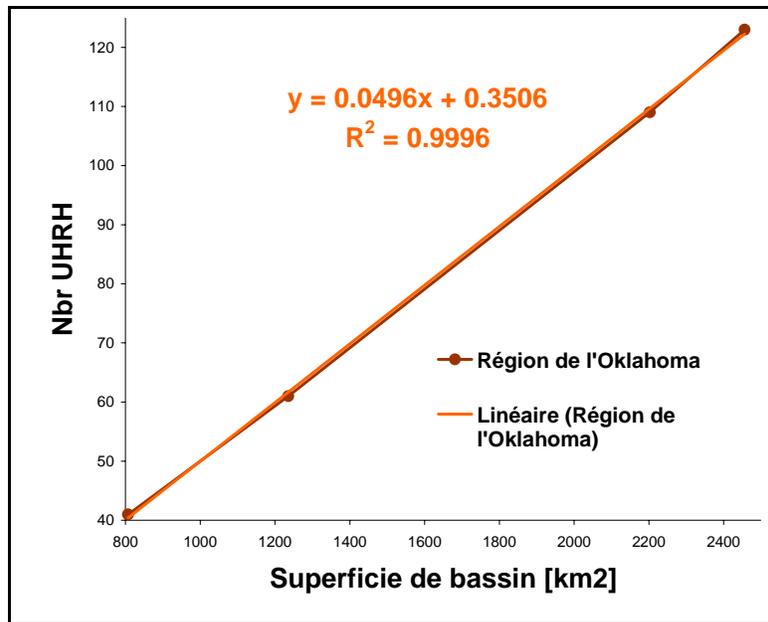


Figure 37 : Nombre d'UHRH en fonction de la superficie de bassin

**Tableau 10 : Statistiques finales pour tous les bassins versants**

Bassin	ILLINOIS		ELK		BARON FORK		BLUE		AMERICAN	CARSON
Résolution [m]	465	50	465	50	465	50	465	50	30	30
Superficie [km <sup>2</sup> ]	2 489	2 456	2254	2202	803	807	1 234	1 236	886	927
Seuil de superficie amont drainée [mailles]	50	4 500	52	5 300	50	5 000	43	4 300	13 000	10 500
Seuil de superficie amont drainée [km <sup>2</sup> ]	10,8	11,25	11,2	13,25	10,8	12,5	9,3	10,75	11,7	9,45
Nombre d'UHRH	123	123	116	109	39	41	63	61	43	41
Superficie moyenne d'une UHRH [km <sup>2</sup> ]	20,2	19,97	19,4	20,21	20,6	19,67	19,6	20,26	20,6	22,6
Écart type des superficies d'UHRH	14,8	16,1	14,4	15,2	17,7	13,6	17,1	15,1	16,5	21,8
Superficie max d'UHRH [km <sup>2</sup> ]	82,4	104,1	81,1	85,63	85,8	51,38	82	59,92	64,52	126,9
Superficie min d'UHRH [km <sup>2</sup> ]	0,22	0,01	0,22	0	0,22	0	0,22	0,08	0,09	0,4



## **5. CONCLUSION**

L'état d'avancement de la construction des bases de données, des différents bassins test, peut être résumé par le tableau suivant :

**Tableau 11 : État d'avancement de la construction des bases de données de tous les bassins versants de DMIP**

<b>Bassin</b>	<b>Résolution (m)</b>	<b>Stade construction</b>	<b>Problème</b>
<b>ILLINOIS</b>	50	achevée	aucun
<b>ELK</b>	50	achevée	aucun
<b>BARON FORK</b>	50	achevée	aucun
<b>BLUE</b>	50	détermination UHRH	refus de la matrice d'occupations de sol
<b>AMERICAN</b>	30	détermination UHRH	pas de données d'occupations de sol
<b>CARSON</b>	30	détermination UHRH	pas de données d'occupations de sol

Les bases de données "achevées" nécessiteront, sans aucun doute, des modifications au niveau des occupations et des types de sol. En effet :

- des modifications ont du être faites pour faire accepter la matrice des types de sol à PHYSITEL (association de textures de sol à des chiffres ne désignant pas de texture).
- les occupations et les types de sol ne sont peut être pas définies avec suffisamment de précision.
- le choix de la valeur de la classe dominante pour le type de sol n'est peut être pas celui à retenir.

Pour les bassins de la région du Sierra-Nevada, il ne manque que les données d'occupations du sol pour terminer la construction de leur base de données.



## **ANNEXES**



# ANNEXE 1 : INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES BASSINS DE L'OKLAHOMA

## Liste des figures

Figure A1.1 : Caractéristiques des différentes stations hydrométriques des bassins de l'Oklahoma ..... 43  
 Figure A1.2 : Localisation des lieux où l'on dispose de données d'humidité ..... 43

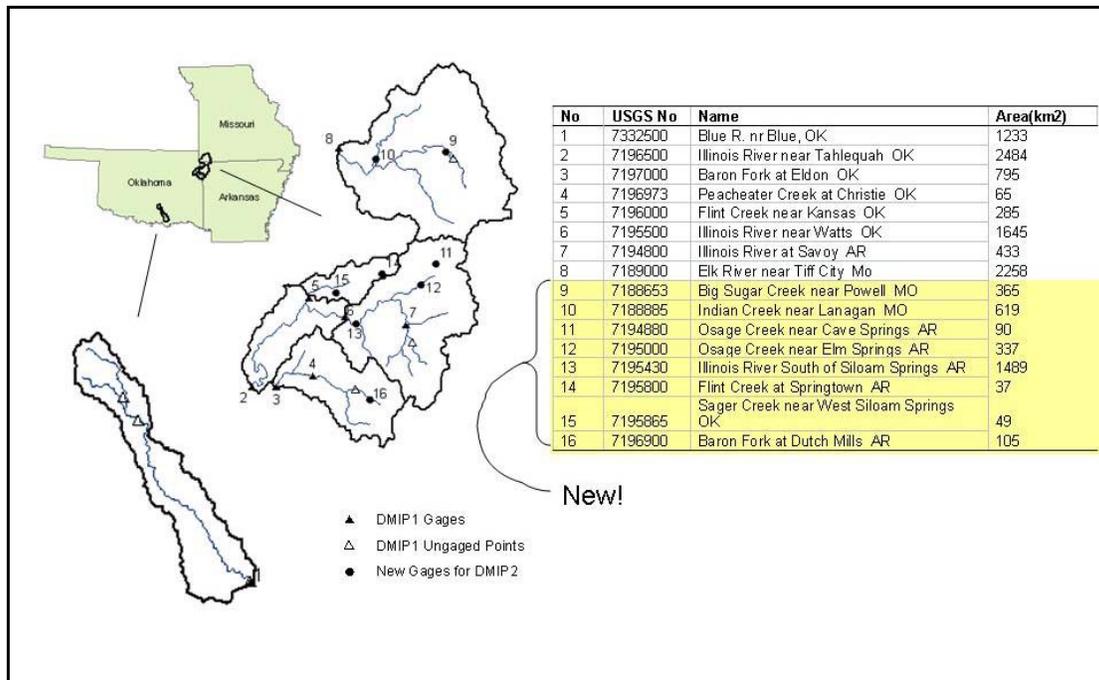


Figure A1.1 : Caractéristiques des différentes stations hydrométriques des bassins de l'Oklahoma

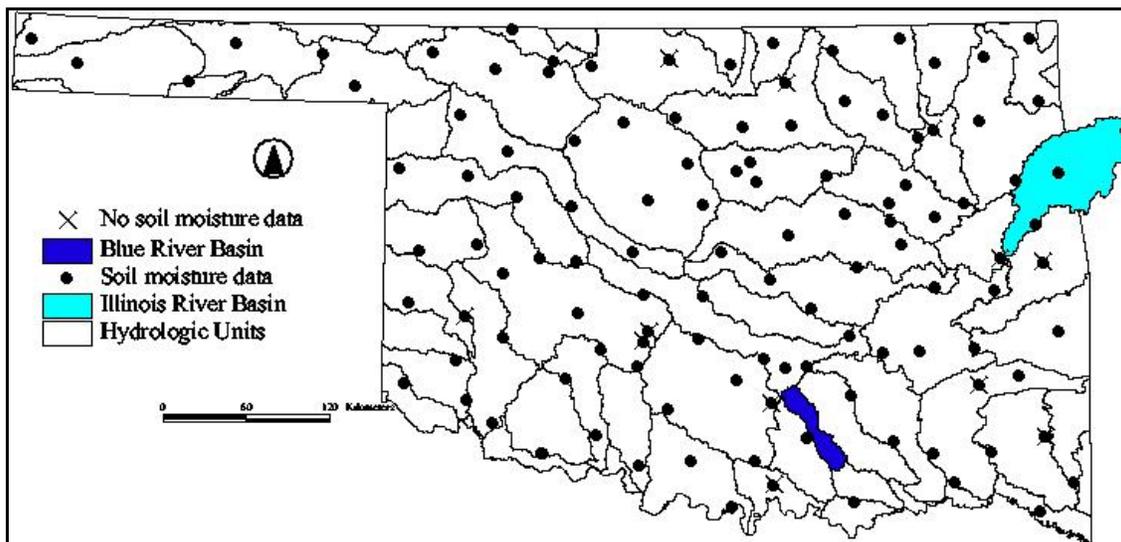


Figure A1.2 : Localisation des lieux où l'on dispose de données d'humidité



# **ANNEXE 2 : INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES BASSINS DU SIERRA-NEVADA**

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure A2.1 : Variations spatiales de l'altitude dans le bassin AMERICAN .....	46
Figure A2.2 : Variations des altitudes et des précipitations moyennes sur le sous-bassin NORTH FORK.....	47
Figure A2.3 : Potentiel d'évapotranspiration sur le sous-bassin NORTH FORK.....	47
Figure A2.4 : Type de forêt et pourcentage de recouvrement sur le sous bassin NORTH FORK.....	48
Figure A2.5 : Photos du barrage North Fork et du lac Clementine.....	48
Figure A2.6 : Schéma des différents réservoirs du sous-bassin NORTH FORK.....	49
Figure A2.7 : Variations de l'altitude sur le bassin CARSON .....	50
Figure A2.8 : Pourcentages de recouvrement forestier du bassin CARSON .....	50
Figure A2.9 : Type de forêts sur le bassin CARSON .....	51
Figure A2.10 : Variations du potentiel d'évapotranspiration annuel sur le bassin CARSON.....	51

## **Bassin du cours d'eau AMERICAN et du sous-bassin NORTH FORK**

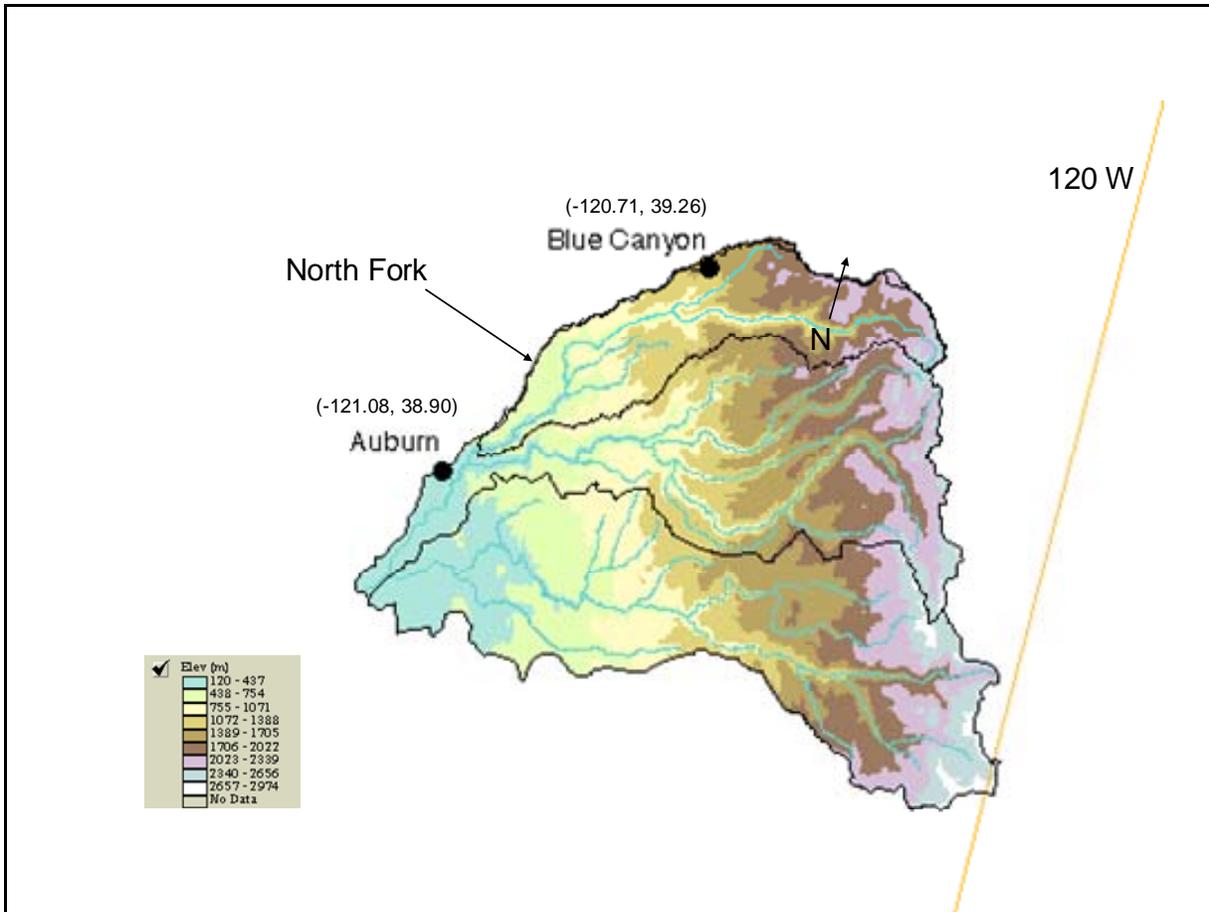


Figure A2.1 : Variations spatiales de l'altitude dans le bassin AMERICAN

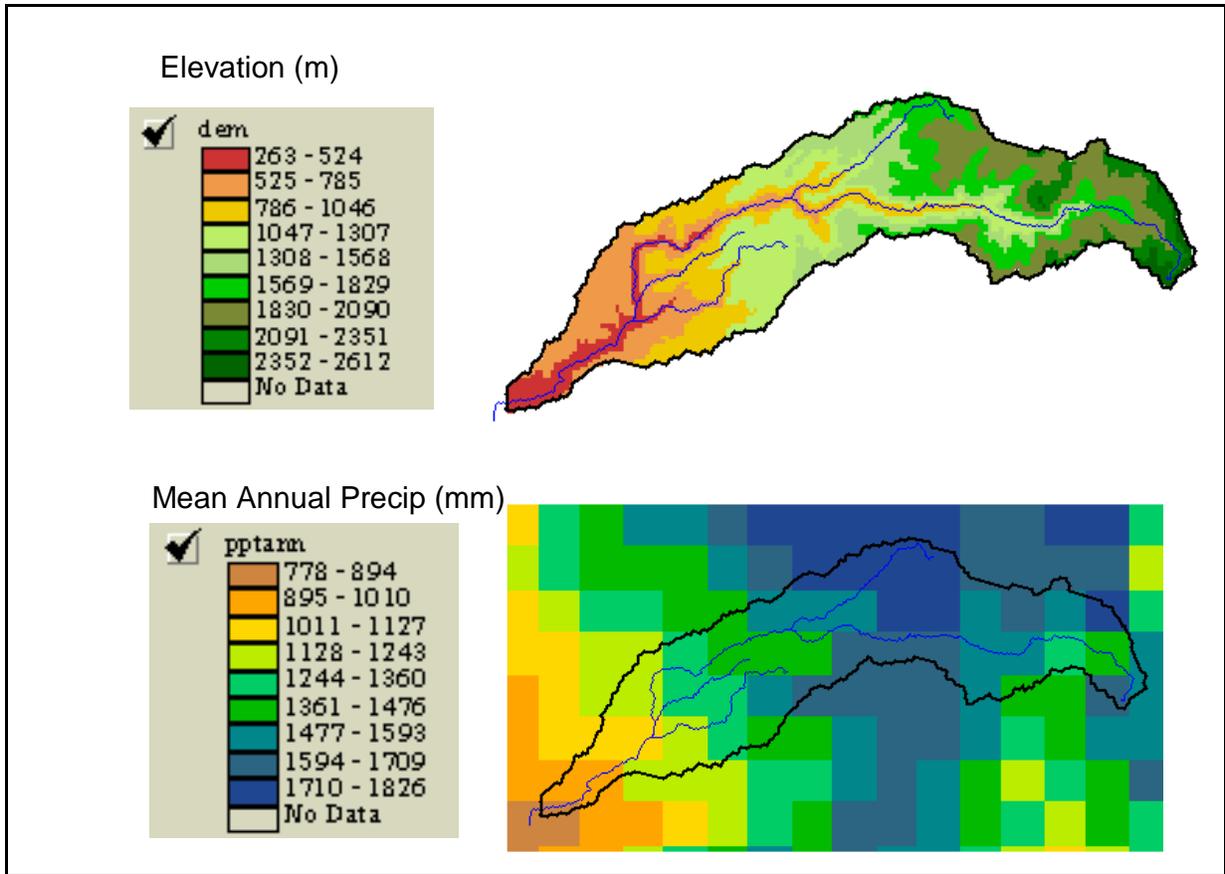


Figure A2.2 : Variations des altitudes et des précipitations moyennes sur le sous-bassin NORTH FORK

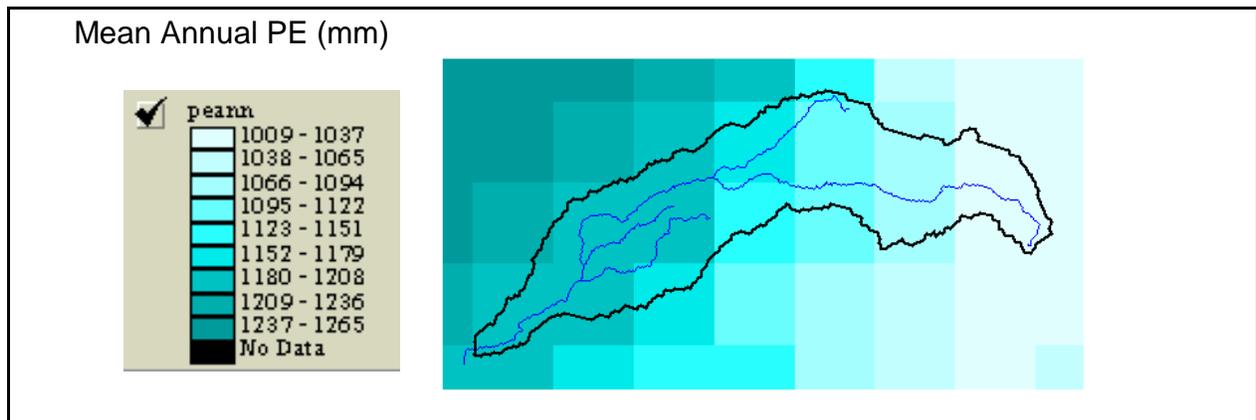


Figure A2.3 : Potentiel d'évapotranspiration sur le sous-bassin NORTH FORK

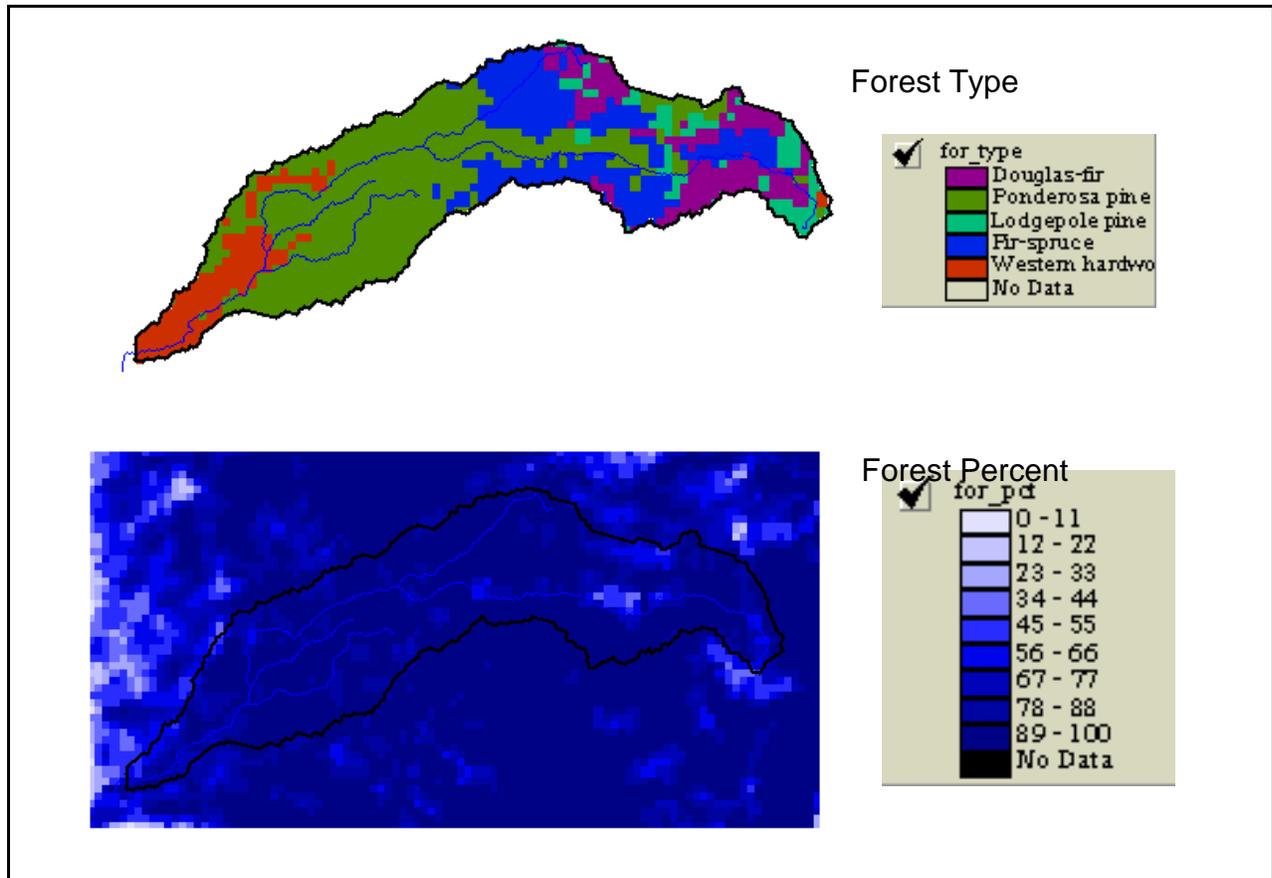
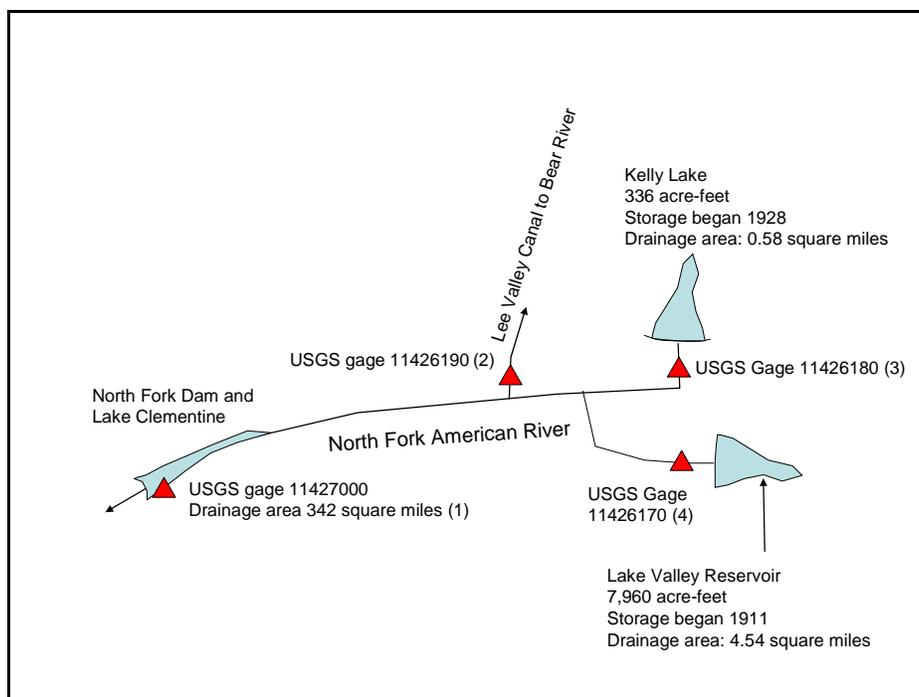


Figure A2.4 : Type de forêt et pourcentage de recouvrement sur le sous bassin NORTH FORK



Figure A2.5 : Photos du barrage North Fork et du lac Clementine



**Figure A2.6 : Schéma des différents réservoirs du sous-bassin NORTH FORK**

1. **USGS Gage 1142700** North Fork American River. Drainage area 342 square miles. Remarks: No estimated daily discharge. Records good. Minor regulation by Lake Clementine, usable capacity, 12,800 acre-ft, formed by North Fork Dam. Storage in Big Reservoir and Lake Valley Reservoir (station 11426170), combined capacity, 10,300 acre-ft upstream from station. Lake Valley Canal (station 11426190) diverts from North Fork of North Fork American River into Bear River Basin for power development in power plants of Pacific Gas and Electric Co. Combined storage and diversion have small effect on natural flow. See schematic diagrams of Bear and Lower Sacramento River basins. (page 320, USGS Ca. No. 4 1994)
2. **USGS Gage 11426190** Lake Valley Canal. Remarks: No estimated daily discharge. Canal diverts from right bank of the North Fork of the North Fork American River, 2.0 miles downstream from Lake Valley Reservoir (station 11426170) to the Drum Canal in the Bear River Basin.
3. **USGS Gage 11426180**. Kelly Lake near Cisco, Ca. Drainage area: 0.58 square miles. Remarks: Reservoir is formed on natural lake by rock-fill dam completed in 1928. Usable capacity, 336 acre-feet between gage heights 0.0 ft invert of outlet, and 17.1 feet, top of flashboards. Water is used for Power development downstream. Records, including extremes, represent useable contents at 2400 hours. See schematic of Bear River Basin.
4. **USGS Gage 11426170**. Lake Valley Reservoir. Drainage area: 4.54 square miles. Remarks: Lake is formed by an earthfill dam; storage began in 1911. Usable capacity, 7,960 acre-ft. between gage heights 6.2 feet (natural rim of lake) and 57.5 feet (top of flashboards). Released water is diverted downstream to Lake Valley Canal (station 11426190) and then to several power plants. Records, including extremes, represent useable contents at 2400 hours.

Bassin du cours d'eau Carson

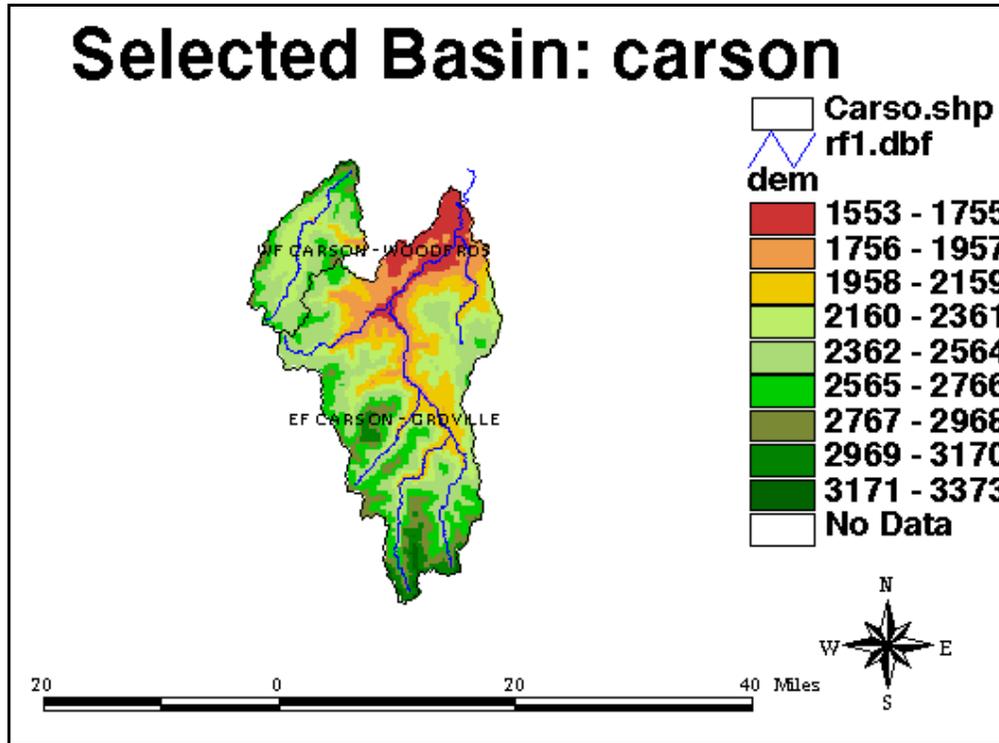


Figure A2.7 : Variations de l'altitude sur le bassin CARSON

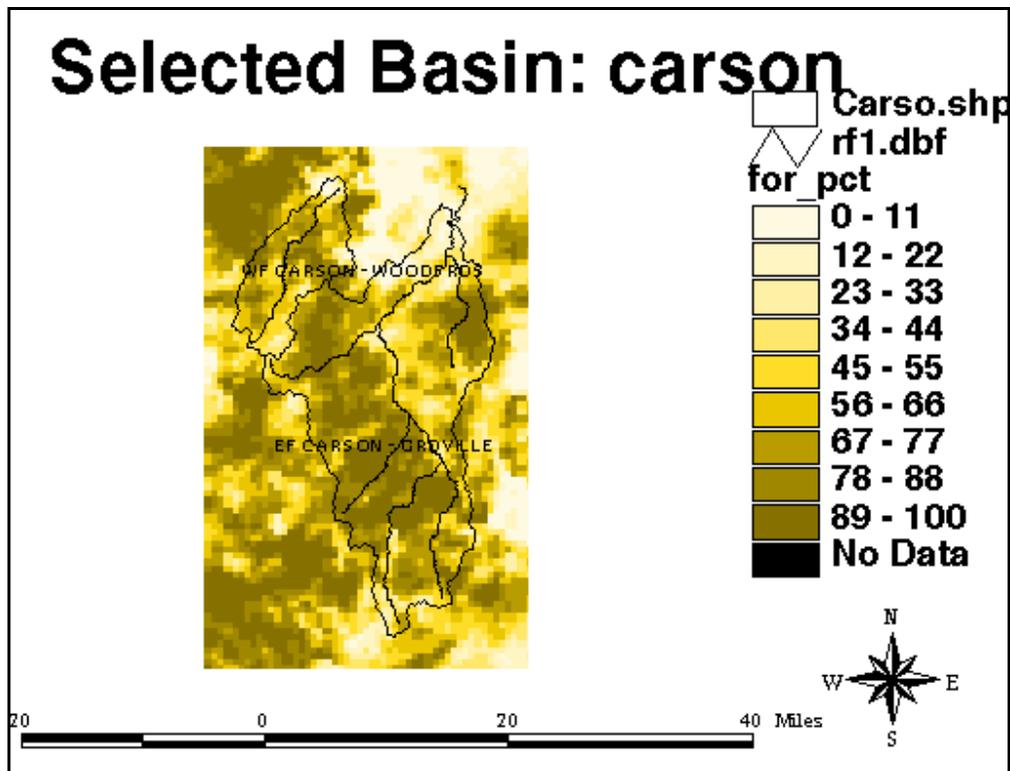


Figure A2.8 : Pourcentages de recouvrement forestier du bassin CARSON

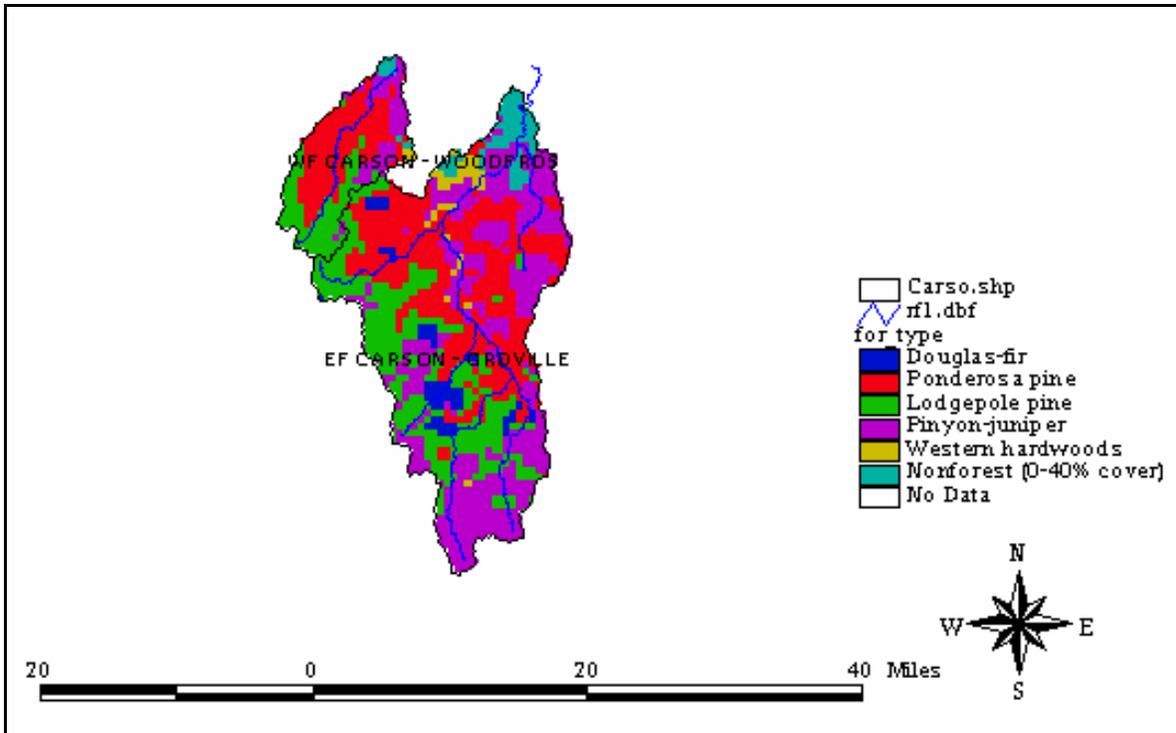


Figure A2.9 : Type de forêts sur le bassin CARSON

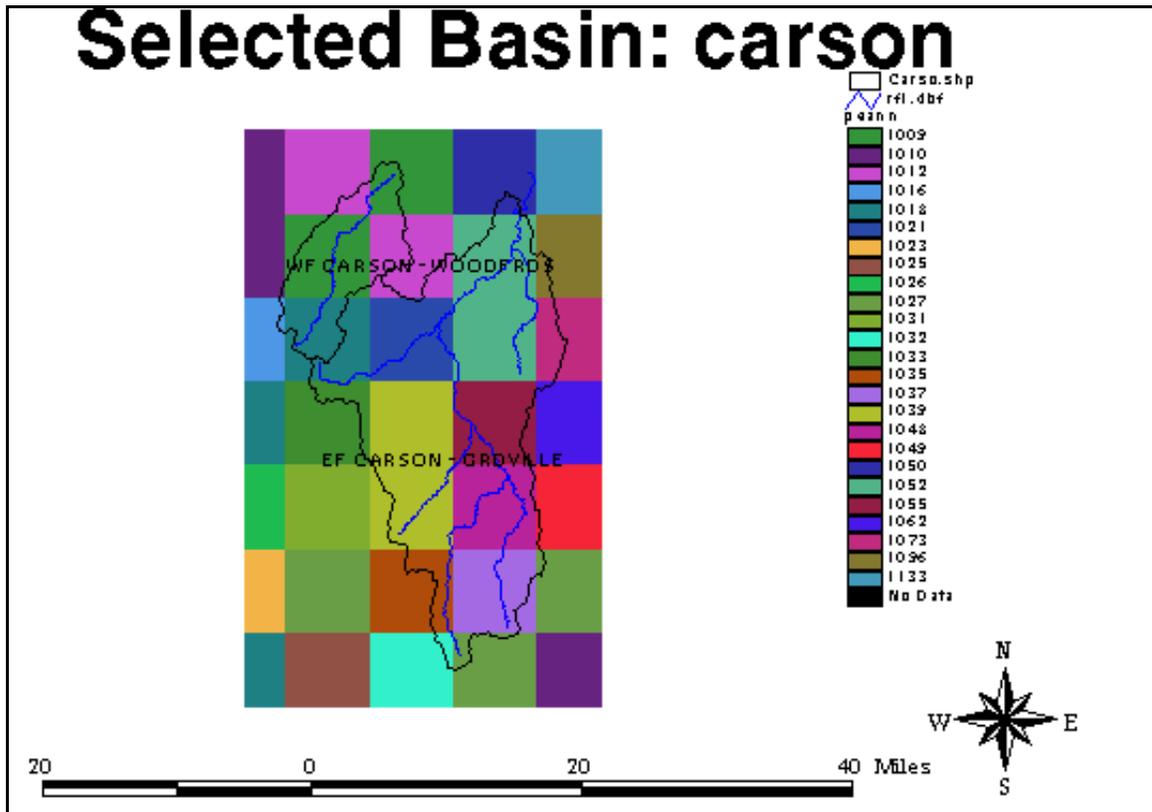


Figure A2.10 : Variations du potentiel d'évapotranspiration annuel sur le bassin CARSON



# **ANNEXE 3 : APPLICATION AUX DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS TESTS (RÉSOLUTIONS 465 M ET 75 M)**

## **LISTE DES FIGURES**

Figure A3.1 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS (465m).....	55
Figure A3.2 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS (465 m) .....	56
Figure A3.3 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS (465m) en classes de superficie .....	57
Figure A3.4 : Découpage du bassin ILLINOIS (465m) en 123 UHRH .....	57
Figure A3.5 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS (75m).....	58
Figure A3.6 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS (75 m) .....	59
Figure A3.7 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS (75m) en classes de superficie .....	60
Figure A3.8 : Découpage du bassin ILLINOIS (75m) en 120 UHRH .....	60
Figure A3.9 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK (465 m).....	61
Figure A3.10 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK (465 m) .....	62
Figure A3.11 : Répartition des UHRH du bassin ELK (465 m) en classes de superficie .....	63
Figure A3.12 : Découpage en 116 UHRH sur le bassin ELK (465 m) .....	63
Figure A3.13 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK (75 m).....	64
Figure A3.14 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK (75 m) .....	65
Figure A3.15 : Répartition des UHRH du bassin ELK (75m) en classes de superficie .....	66
Figure A3.16 : Découpage en 106 UHRH du bassin ELK (75 m) .....	66
Figure A3.17 : Superposition contour fourni / Bassin PHYSITEL pour le bassin BARON FORK .....	67
Figure A3.18 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK (465 m).....	68
Figure A3.19 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (465 m) .....	69
Figure A3.20 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (465 m) .....	69
Figure A3.21 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (465 m).....	69
Figure A3.22 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (465 m).....	69
Figure A3.23 : Découpage en 41 UHRH pour le bassin BARON FORK (465 m) .....	69
Figure A3.24 : Découpage en 39 UHRH pour le bassin BARON FORK (465 m) .....	69
Figure A3.25 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BARON FORK (75 m).....	70
Figure A3.26 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK (75 m).....	71
Figure A3.27 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (75 m) .....	72
Figure A3.28 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (75 m) .....	72
Figure A3.29 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (75 m).....	72
Figure A3.30 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (75 m).....	72
Figure A3.31 : Découpage en 43 UHRH pour le bassin BARON FORK (75 m) .....	72
Figure A3.32 : Découpage en 37 UHRH pour le bassin BARON FORK (75 m) .....	72
Figure A3.33 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BLUE (465 m).....	73
Figure A3.34 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL après réorientation de mailles (BLUE, 465 m).....	74
Figure A3.35 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BLUE (465 m).....	75
Figure A3.36 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin versant BLUE (465 m) .....	76
Figure A3.37 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin versant BLUE (465 m) .....	76
Figure A3.38 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin versant BLUE (465 m) .....	76
Figure A3.39 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin versant BLUE (465 m) .....	76
Figure A3.40 : Découpage en 63 UHRH pour le bassin versant BLUE (465 m).....	76
Figure A3.41 : Découpage en 59 UHRH pour le bassin versant BLUE (465 m).....	76

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau A3.1 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS (465 m) ...	56
Tableau A3.2 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS (75 m).....	59
Tableau A3.3 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK (465 m).....	62
Tableau A3.4 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK (75 m).....	65
Tableau A3.5 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin BARON FORK (465 m).....	67
Tableau A3.6 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin BARON FORK (75 m).....	71
Tableau A3.7 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BLUE (465 m) .....	74

### Bassin du cours d'eau ILLINOIS avec une résolution spatiale de 465 m

La station hydrométrique #7196500, (N35°55'22'', W94°55'24'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 11 205 mailles soit  $11\,205 \times (0,465)^2 = 2\,422,8 \text{ km}^2$ , ce qui est relativement proche des  $2\,484 \text{ km}^2$  donnés. Après réorientation des cellules afin d'obtenir la totalité du bassin versant, on obtient une superficie de drainage de 11 511 mailles soit  $11\,511 \times (0,465)^2 = 2\,489 \text{ km}^2$ , ce qui est proche des  $2\,484 \text{ km}^2$  donnés. La superficie drainée est légèrement supérieure à celle qu'il faudrait trouver, ceci peut s'expliquer par la résolution choisie. En effet, pour obtenir la totalité du bassin versant, il a fallu prendre des mailles dont seule une partie faisait parti du bassin et sachant que l'on a choisit une résolution plutôt grossière, 465 m, la superficie augmente donc facilement.

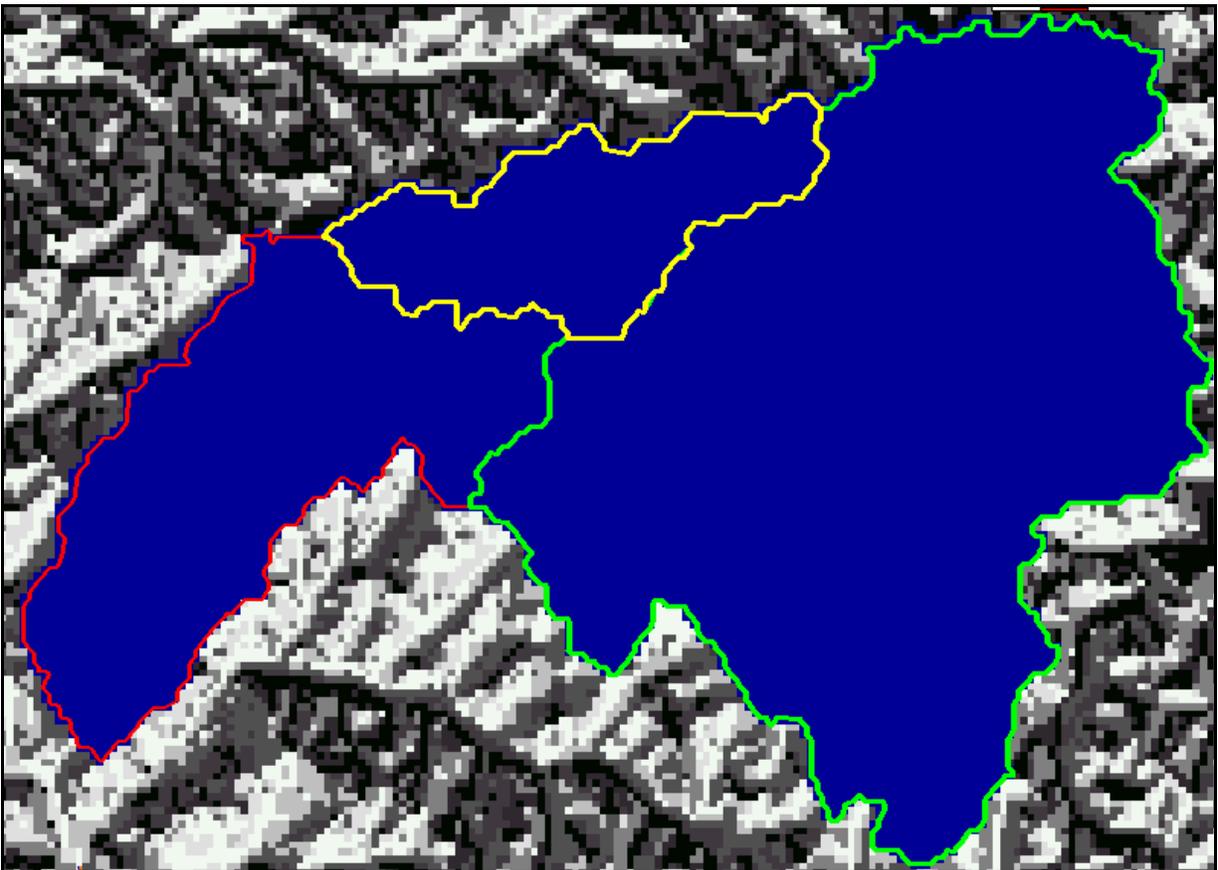


Figure A3.1 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS (465m)

Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.1 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS (465 m)

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	40	45	47	50	55
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	8,6	9,7	10,2	10,8	11,9
Nombre d'UHRH	143	131	125	123	117
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	17,4	19	19,9	20,2	21,2
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	12,7	14,2	14,6	14,8	15,3
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	81,5	82,4	82,4	82,4	82,4
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

Les courbes correspondantes sont présentées à la suivante. On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 47 et 50 mailles, soit entre 10,2 et 10,8 km<sup>2</sup>. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>.

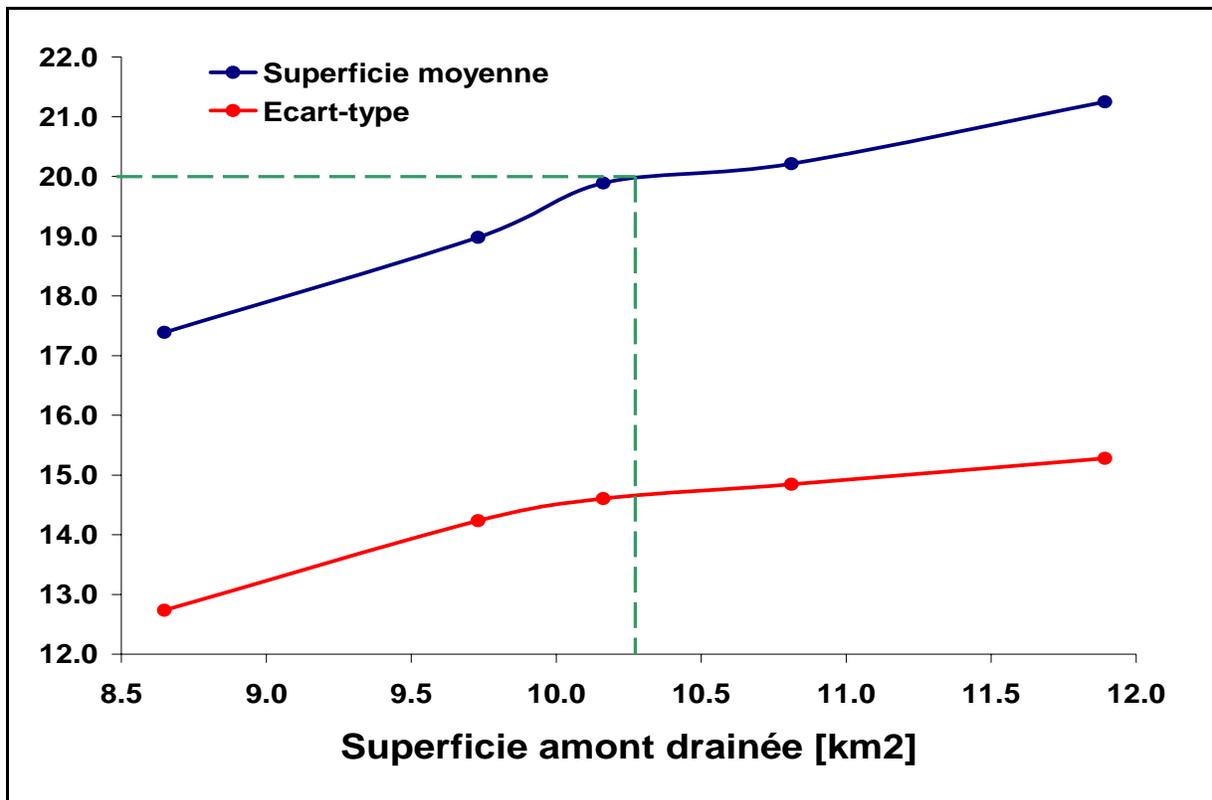


Figure A3.2 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS (465 m)

Pour les deux seuils, environ 60 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Les écarts types sont également sensiblement identiques. On retiendra donc le seuil de **50 mailles** puisque avec un peu moins de précision, on arrive quasiment aux mêmes résultats. Pour ce seuil, les caractéristiques des UHRH sont introduites au tableau 10.

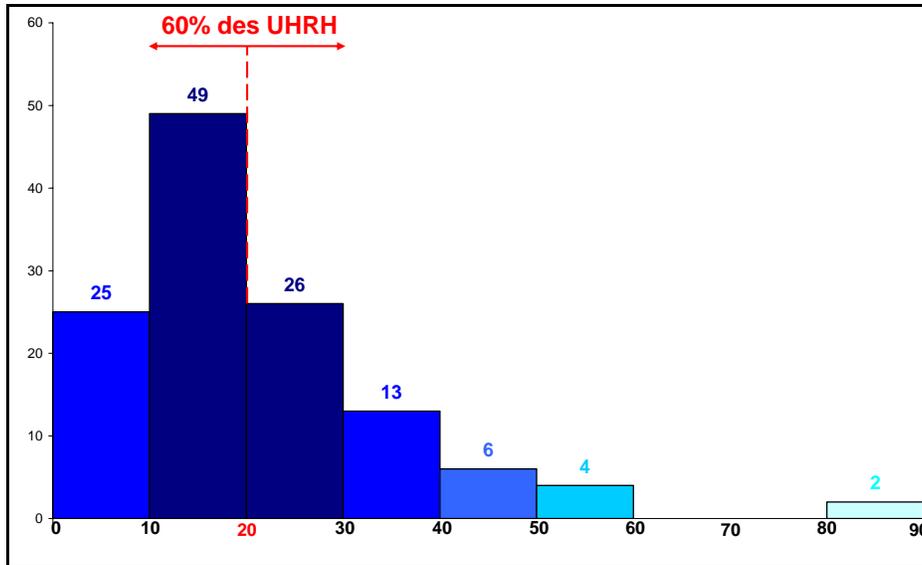


Figure A3.3 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS (465m) en classes de superficie

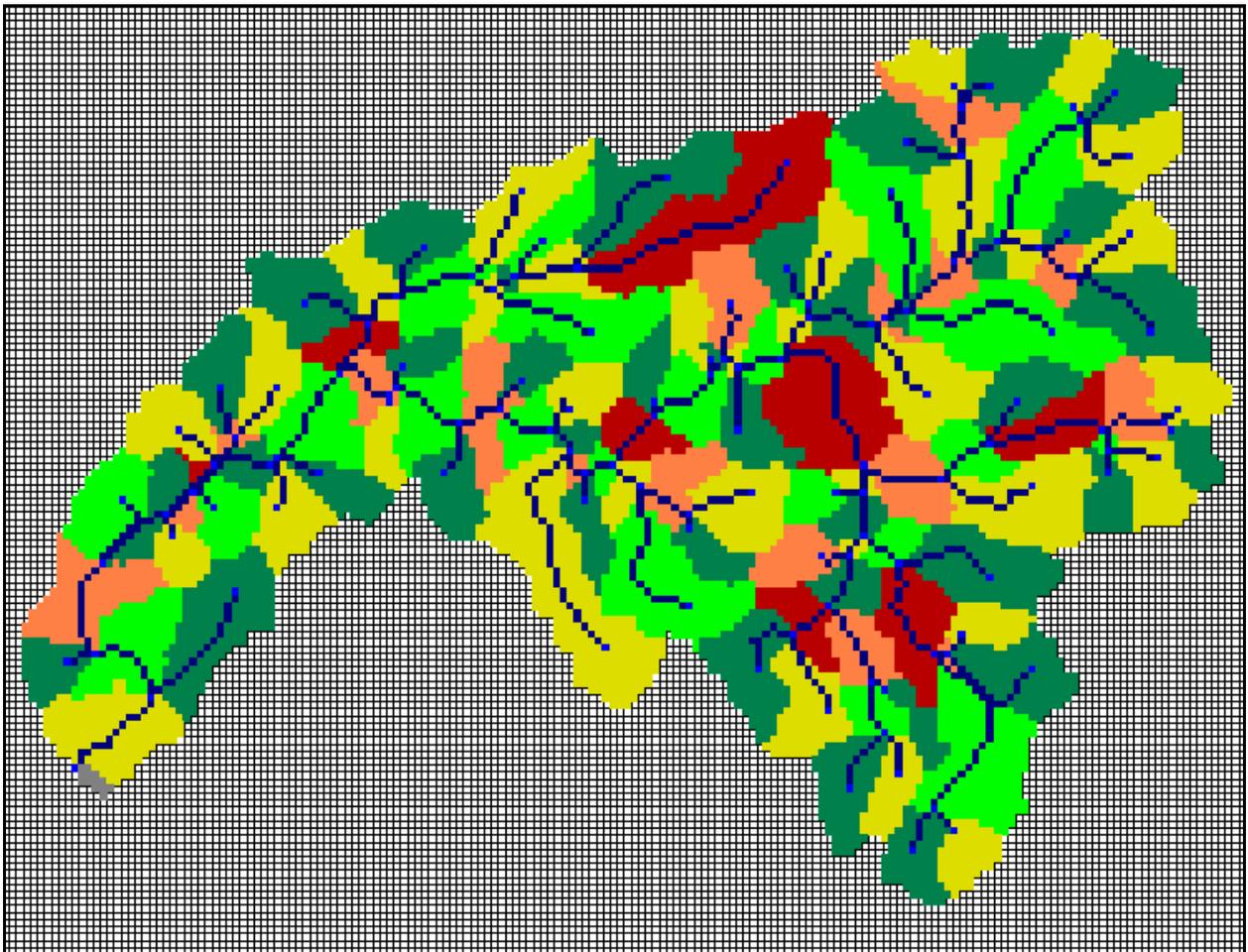


Figure A3.4 : Découpage du bassin ILLINOIS (465m) en 123 UHRH

## Bassin du cours d'eau ILLINOIS avec une résolution spatiale de 75 m

La station hydrométrique #7196500, (N35°55'22'', W94°55'24'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 436 222 mailles soit  $436\,222 \times (0,075)^2 = 2\,453,75 \text{ km}^2$ , ce qui est relativement proche des  $2\,484 \text{ km}^2$ , de superficie drainée, donnés. En superposant le contour de bassin fourni avec le bassin obtenu par le logiciel PHYSITEL, nous avons pu constater que les deux étaient relativement proche. Avec la résolution de 465 m, on ne constatait pas cette différence. Ceci est donc dû à l'utilisation d'un modèle numérique d'altitudes plus précis.

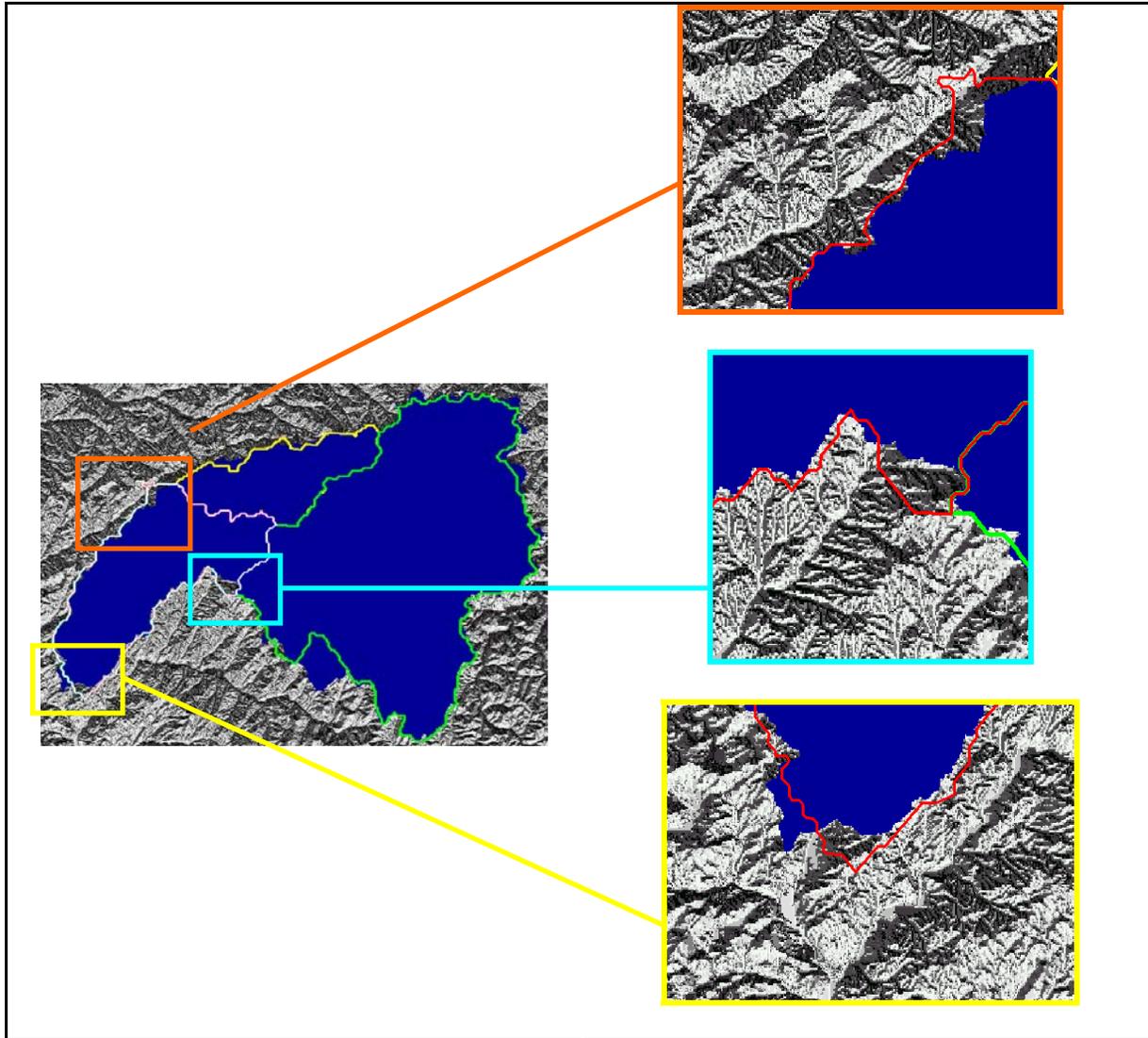


Figure A3.5 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ILLINOIS (75m)

Mais, comme le montrent les schémas ci-dessus :

- les morceaux de bassin "manquants" appartiennent à des rivières ne faisant pas parties du bassin
- le morceau de bassin "ajouté" appartient bien à une rivière faisant partie du bassin

C'est pourquoi, nous avons décidé de conserver le bassin, obtenu avec PHYSITEL, sans aucune modification.

Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.2 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ILLINOIS (75 m)

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	1 900	2 000	2 100	2 300	2 500
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	10,69	11,25	11,81	12,94	14,06
Nombre d'UHRH	133	122	120	105	97
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	18,22	20,11	20,45	23,37	25,30
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	14,9	15,9	16,5	19,9	20,8
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	88,15	103,56	103,56	128,97	128,97
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

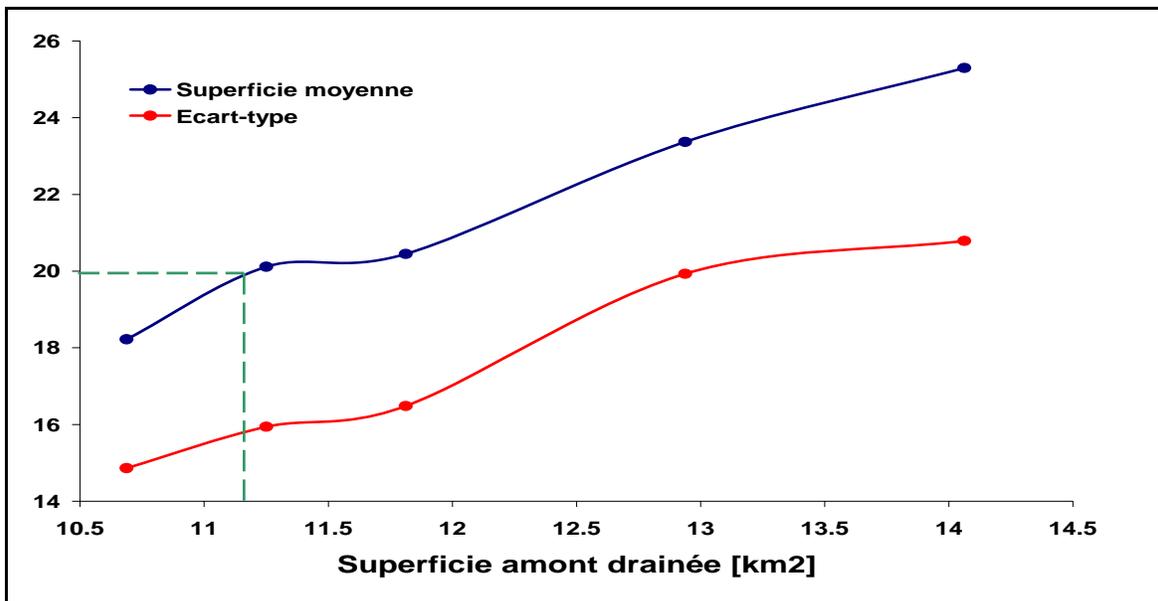


Figure A3.6 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ILLINOIS (75 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, sera de l'ordre de 11 km<sup>2</sup>. Les deux valeurs qui semblent le plus adaptées sont de 11,25 et 11,81 km<sup>2</sup>, soit 2 000 et 2 100 mailles. Pour le seuil de 2 000 mailles, on a un pourcentage plus élevé d'UHRH à avoir une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. De plus, l'écart type pour ce seuil est aussi légèrement plus faible. **On retiendra donc ce seuil de 2 000 mailles.**

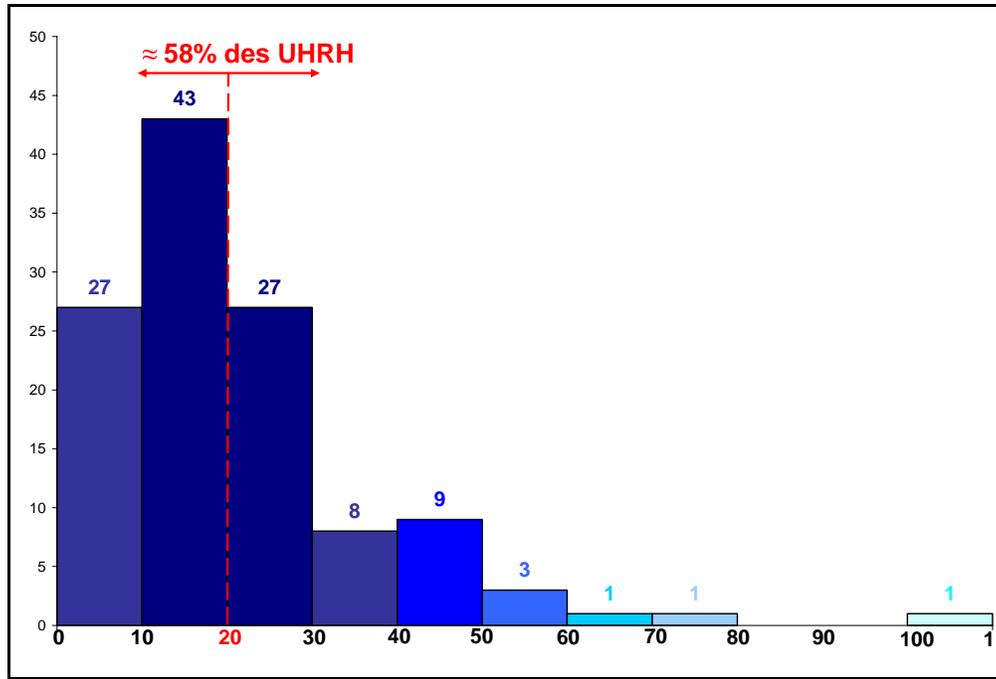


Figure A3.7 : Répartition des UHRH du bassin ILLINOIS (75m) en classes de superficie

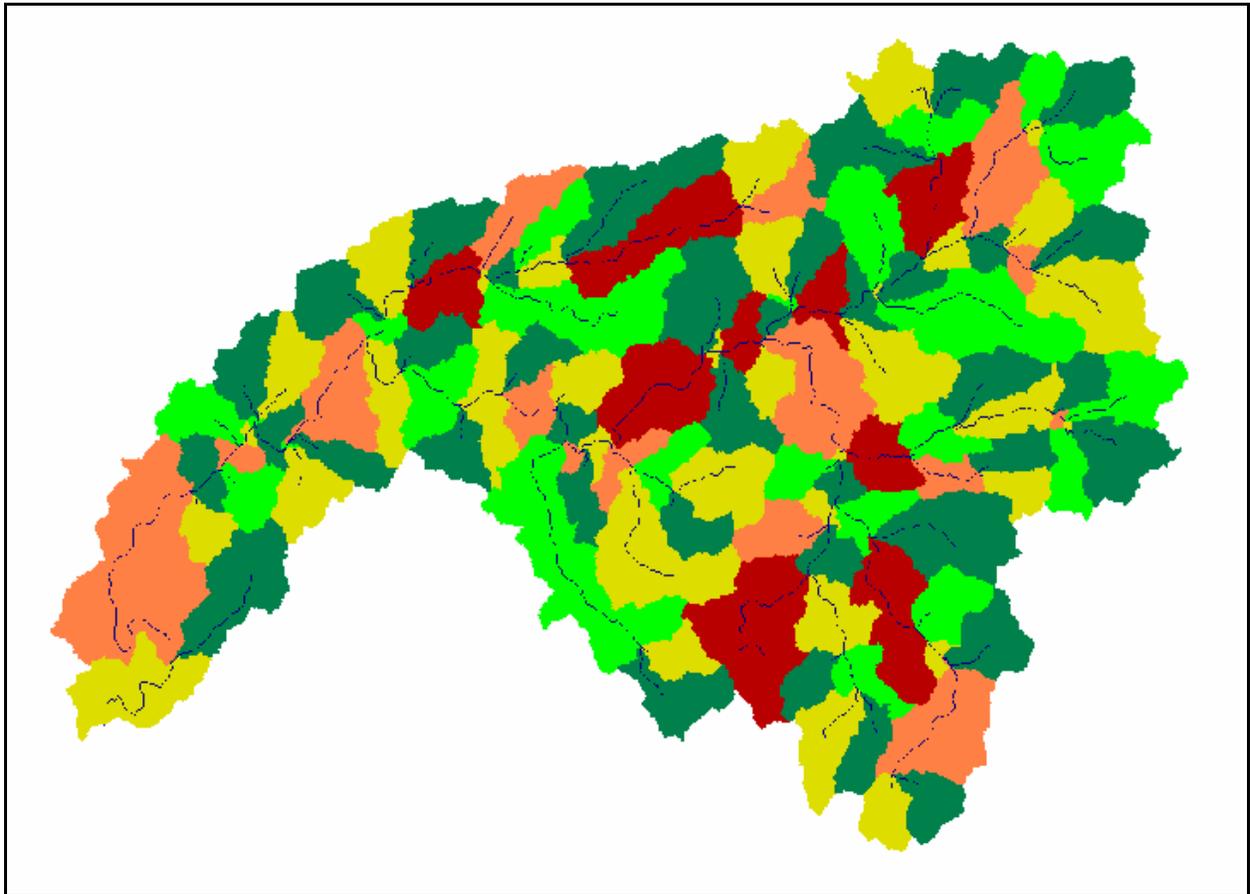


Figure A3.8 : Découpage du bassin ILLINOIS (75m) en 120 UHRH

### Bassin du cours d'eau ELK avec une résolution spatiale de 465 m

La station hydrométrique #7189000, (N36°37'53'', W94°35'12'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 10 245 mailles soit  $10\,245 \times (0,465)^2 = 2225,6 \text{ km}^2$ , ce qui est inférieur aux  $2\,258 \text{ km}^2$  donnés. Disposant du contour du bassin, on a changé l'orientation de quelques cellules afin de modéliser le plus correctement possible le bassin versant, sur PHYSITEL. Après réorientation des cellules afin d'obtenir le bassin versant le plus représentatif, on obtient une superficie de drainage de 10 422 mailles soit  $10\,422 \times (0,465)^2 = \mathbf{2\,253,5 \text{ km}^2}$ , ce qui est assez proche des  $2\,258 \text{ km}^2$ , de superficie drainée, donnés. De plus, en mesurant, à l'aide de Global Mapper, la superficie déterminée par le contour de bassin, on obtient environ  $2\,228 \text{ km}^2$ , ce qui est légèrement différent des  $2\,258 \text{ km}^2$  de superficie drainée donnée. Le bassin obtenu après quelques réorientations de cellules semble donc acceptable.

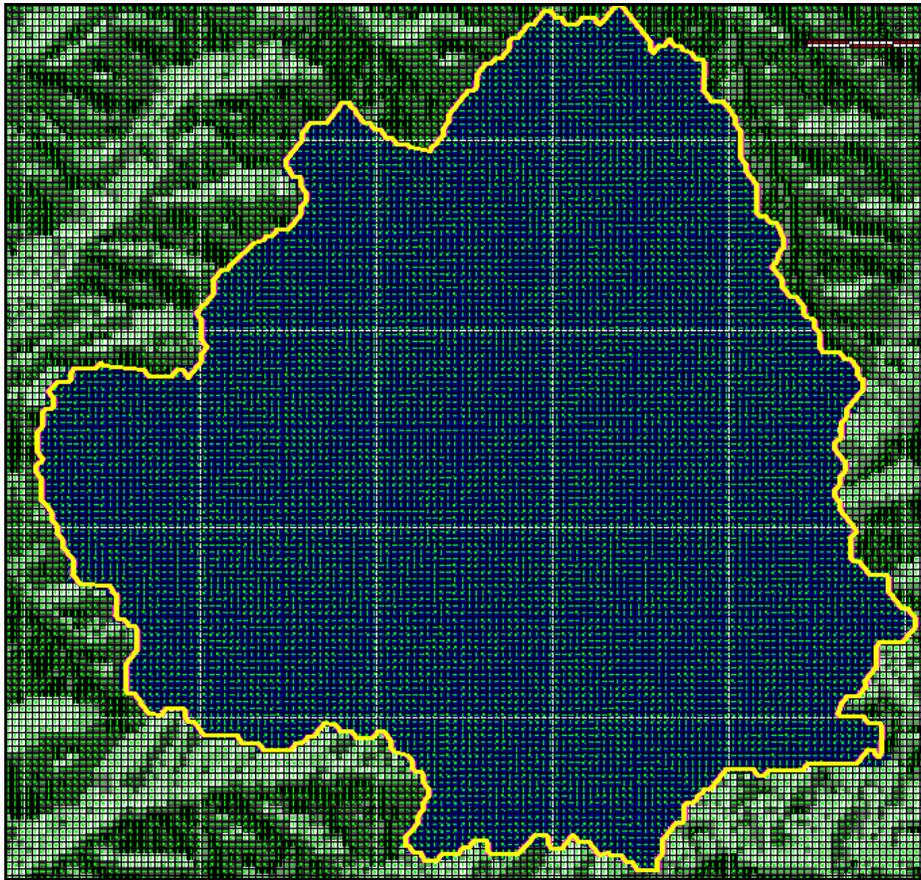


Figure A3.9 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK (465 m)

On peut noter que pour les stations hydrométriques se situant à l'intérieur du bassin versant, des nœuds ont dû être ajoutés. Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.3 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK (465 m)

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	51	52	53
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	11	11,2	11,5
Nombre d'UHRH	118	116	108
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	19,1	19,4	20,9
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	14,5	14,4	16,1
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	81,1	81,1	98,2
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,22	0,22	0,22

Les courbes correspondantes sont les suivantes :

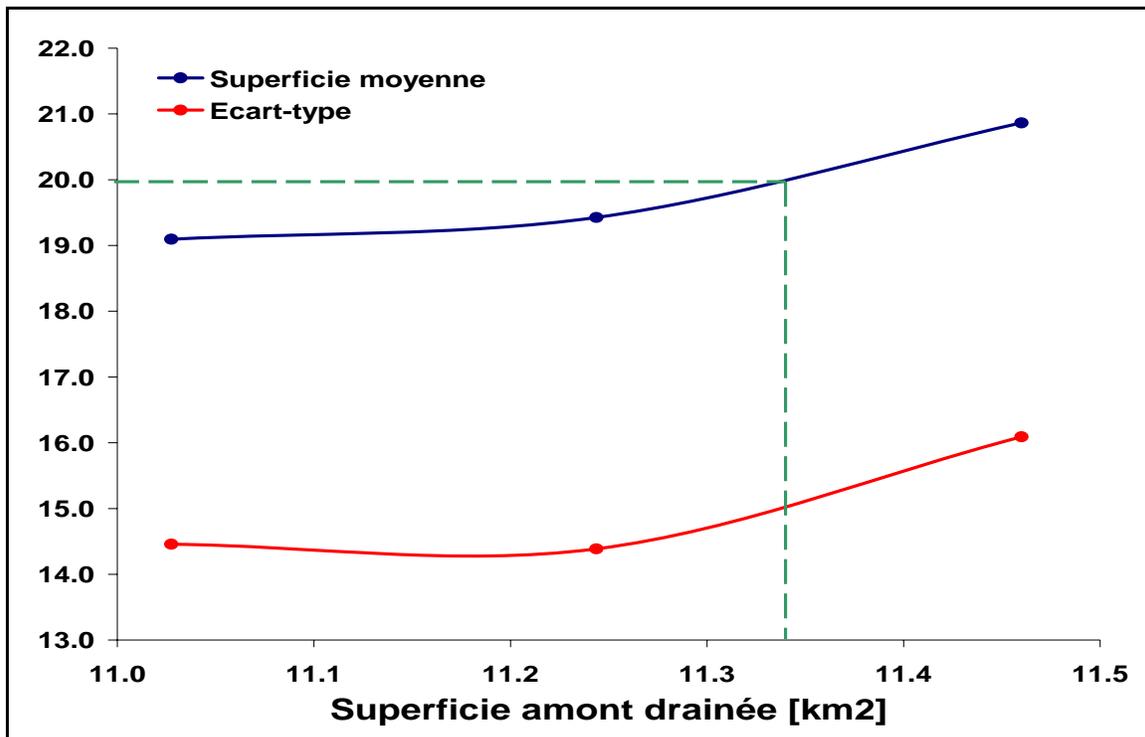


Figure A3.10 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK (465 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 11,2 et 11,5 km<sup>2</sup>, soit entre 52 et 53 mailles. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>. La répartition en classes de superficies, le réseau hydrographique et la division en UHRH pour ces deux valeurs seuils sont :

Pour un seuil de 52 mailles, environ 60 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 53 mailles, on a un pourcentage d'environ 58 %. De plus, l'écart-type est plus faible pour le seuil de 52 mailles. **On retiendra donc un seuil de 52 mailles.** Pour ce seuil, les caractéristiques des UHRH sont :

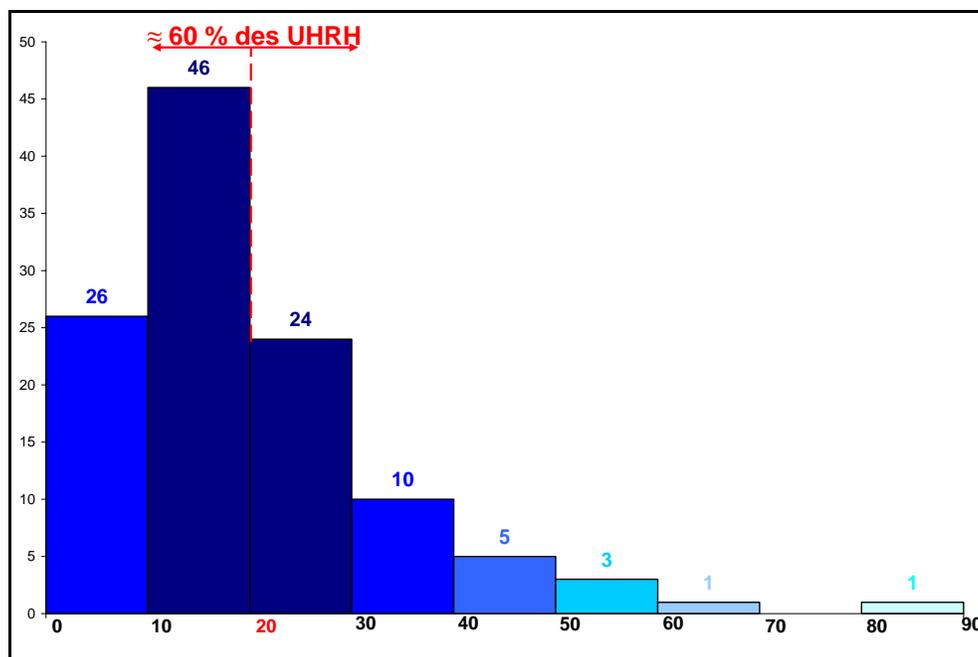


Figure A3.11 : Répartition des UHRH du bassin ELK (465 m) en classes de superficie

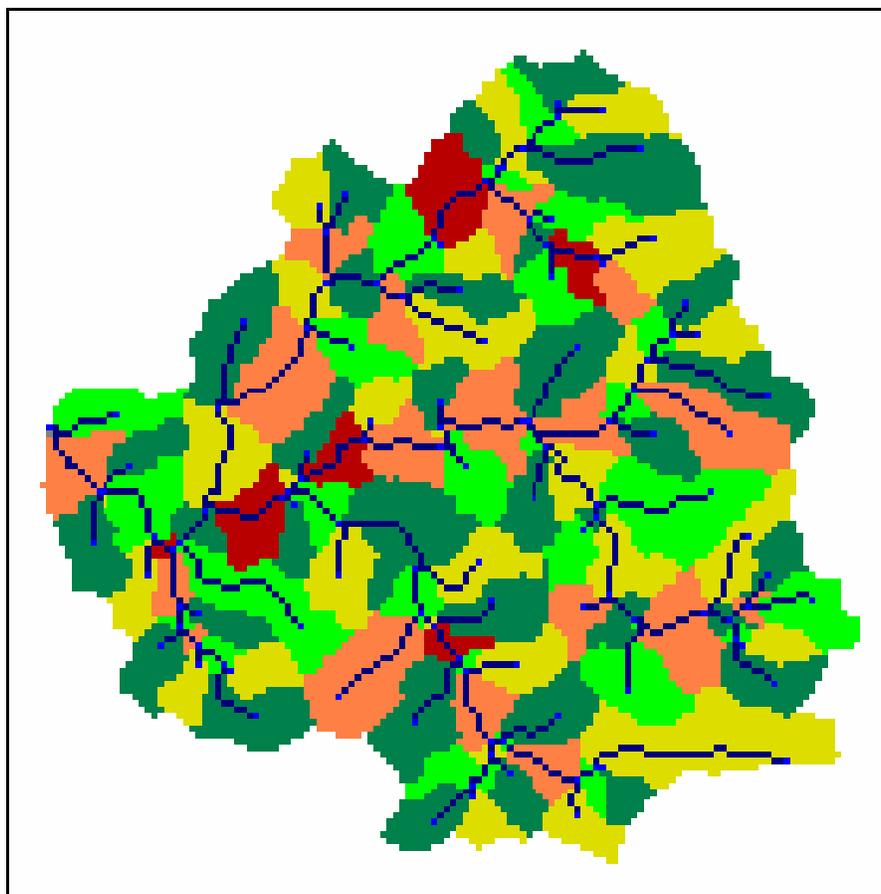


Figure A3.12 : Découpage en 116 UHRH sur le bassin ELK (465 m)

## Bassin du cours d'eau ELK avec une résolution spatiale de 75 m

La station hydrométrique #7189000, (N36°37'53'', W94°35'12'') a été utilisée comme exutoire dans PHYSITEL. La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 391 253 mailles soit  $391\,253 \times (0,075)^2 = 2\,200,8 \text{ km}^2$ , ce qui est inférieur aux  $2\,258 \text{ km}^2$ , de superficie drainée, donnés. Mais en superposant le contour fourni avec le bassin obtenu avec PHYSITEL, on a pu constater qu'ils sont très ressemblants.

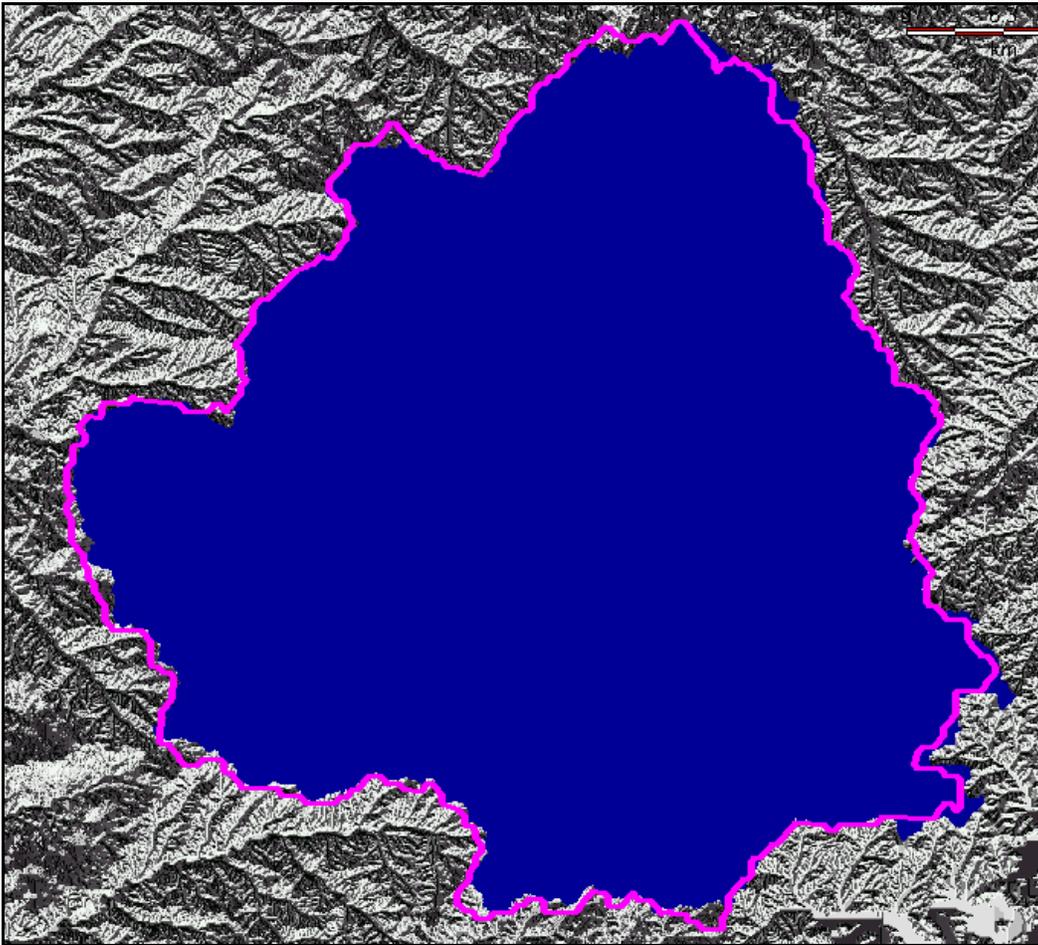


Figure A3.13 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau ELK (75 m)

De plus, en mesurant, à l'aide de Global Mapper, la superficie déterminée par le contour de bassin, on obtient environ  $2\,228 \text{ km}^2$ . Le bassin obtenu avec PHYSITEL a donc une superficie de drainage relativement proche, c'est pourquoi nous avons décidé de conserver le bassin obtenu avec PHYSITEL, sans faire aucune modification.

On peut noter que pour les stations hydrométriques se situant à l'intérieur du bassin versant, des nœuds ont du être ajoutés. Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.4 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant ELK (75 m)

<b>Seuil de superficie amont drainée (mailles)</b>	1 900	2 100	2 200	2 400
<b>Seuil de superficie amont drainée (km<sup>2</sup>)</b>	10,69	11,81	12,37	13,5
<b>Nombre d'UHRH</b>	126	114	112	106
<b>Superficie moyenne d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	17,56	19,30	19,65	20,76
<b>Écart-type de la superficie des UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	13,2	15,0	15,22	15,65
<b>Superficie max d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	85,06	85,06	85,06	85,06
<b>Superficie min d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	0,20	0,19	0,19	0,19

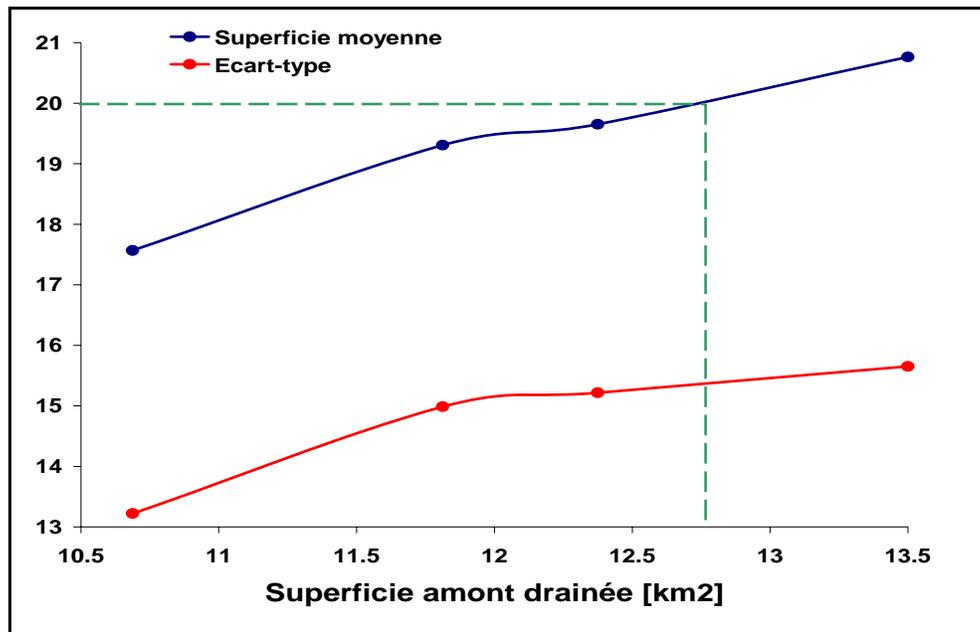


Figure A3.14 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin ELK (75 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 12,37 et 13,5 km<sup>2</sup>, soit entre 2 200 et 2 400 mailles. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>.

Pour un seuil de 2 200 mailles, environ 55,4 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>, alors que pour un seuil de 2 400 mailles, on a un pourcentage d'environ 55,7 %. Ainsi, bien que l'écart-type soit légèrement plus faible pour le seuil de 2 200 mailles, on retiendra le seuil de 2 400 mailles. Pour ce seuil, les caractéristiques des UHRH se retrouvent au tableau de la page suivante.

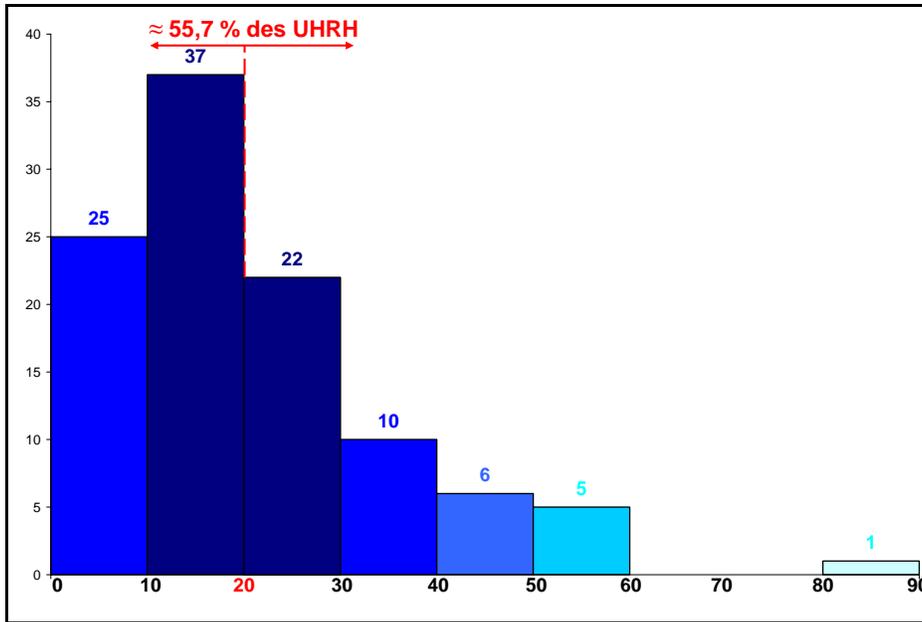


Figure A3.15 : Répartition des UHRH du bassin ELK (75m) en classes de superficie

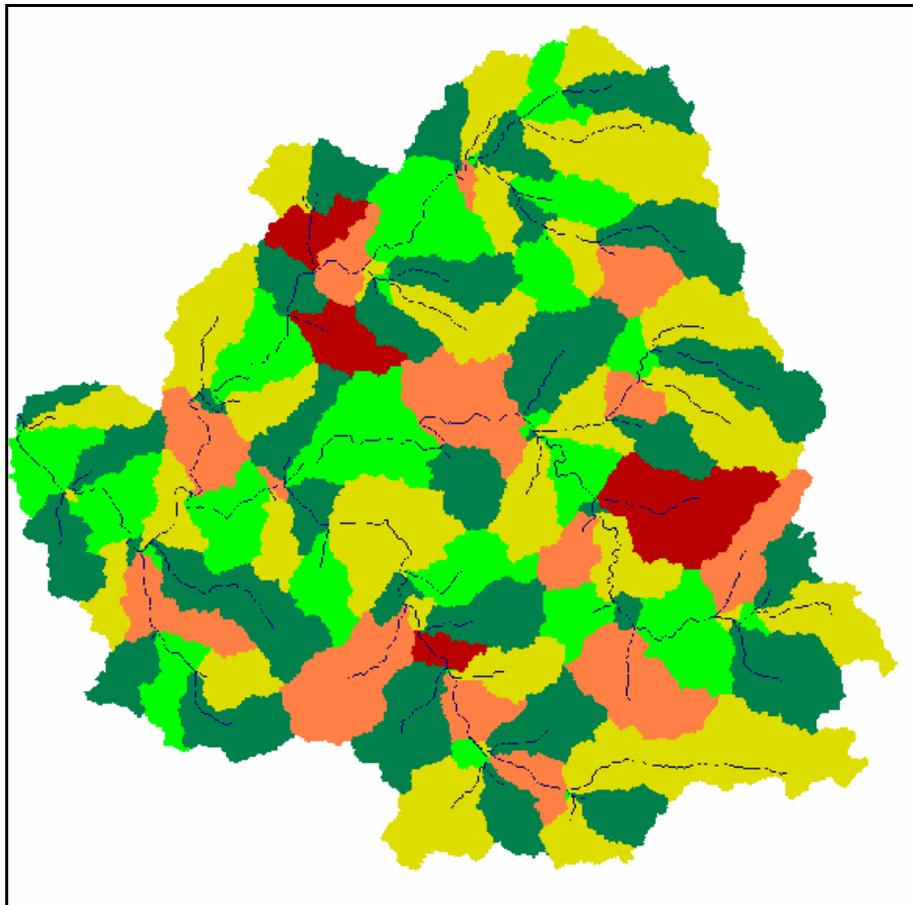


Figure A3.16 : Découpage en 106 UHRH du bassin ELK (75 m)

## Bassin du cours d'eau BARON FORK avec une résolution spatiale de 465 m

Le numéro de la station hydrométrique, située au niveau de l'exutoire à Eldon, et sa position géographique sont :

*USGS gage 7197000* → longitude : 94° 50' 18" / latitude : 35° 55' 16"

La superficie drainée en amont de la cellule prise en tant qu'exutoire est de 3 855 mailles soit  $3\,855 \times (0,465)^2 = 833,5 \text{ km}^2$ , ce qui est supérieur aux  $795 \text{ km}^2$  donnés.

Disposant du contour du bassin versant, on a superposé les deux cartes et changé l'orientation de quelques cellules afin de modéliser le plus correctement le bassin versant sur PHYSITEL (voir Figure 83).

Après réorientation de quelques cellules, on obtient une superficie de drainage de 3 714 mailles soit  $3\,714 \times (0,465)^2 = 803 \text{ km}^2$ , ce qui est assez proche des  $795 \text{ km}^2$  donnés.

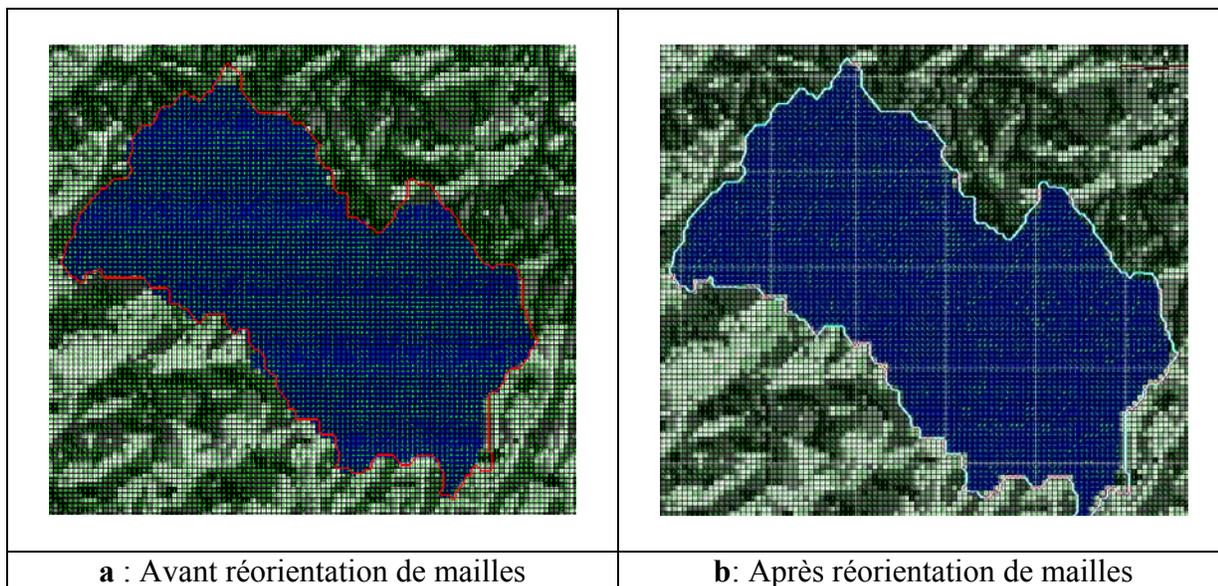


Figure A3.17 : Superposition contour fourni / Bassin PHYSITEL pour le bassin BARON FORK

Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont présentés au tableau suivant.

Tableau A3.5 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin BARON FORK (465 m)

<b>Seuil de superficie amont drainée (mailles)</b>	45	47	49	50
<b>Seuil de superficie amont drainée (km<sup>2</sup>)</b>	9,7	10,2	10,6	10,8
<b>Nombre d'UHRH</b>	43	43	41	39
<b>Superficie moyenne d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	18,7	18,7	19,6	20,6
<b>Écart-type de la superficie des UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	16,5	16,5	17,6	17,7
<b>Superficie max d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	85,8	85,8	85,8	85,8
<b>Superficie min d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	0,22	0,22	0,22	0,22

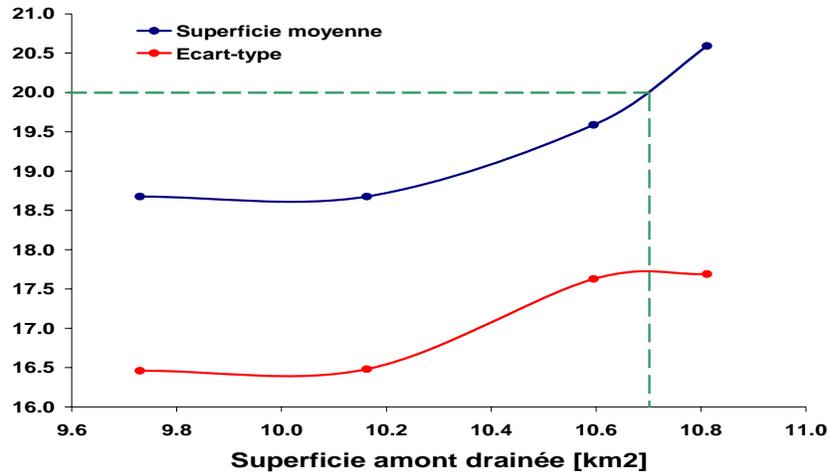


Figure A3.18 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK (465 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 10,6 et 10,8 km<sup>2</sup>, soit entre 49 et 50 mailles. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 50 mailles, environ 51 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 49 mailles, on a un pourcentage d'environ 49 %. De plus, l'écart-type est quasiment identique pour ces deux seuils. **On retiendra donc un seuil de 50 mailles.**

**49 Mailles**

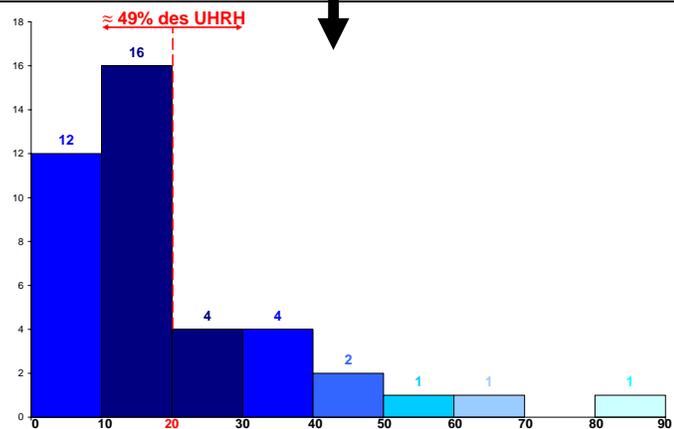


Figure A3.19 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (465 m)

**50 Mailles**

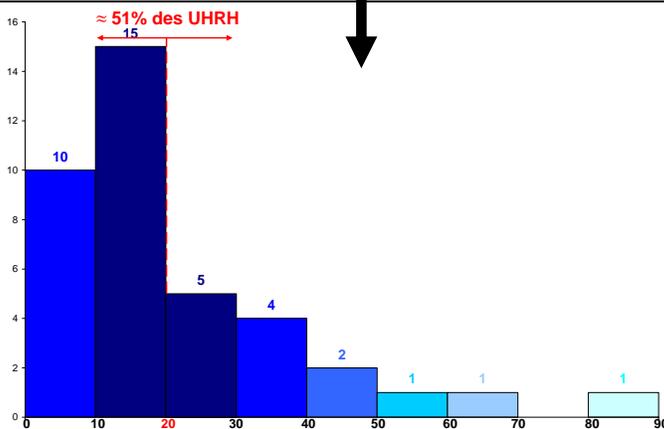


Figure A3.20 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin BARON FORK (465 m)



Figure A3.21 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (465 m)



Figure A3.22 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin BARON FORK (465 m)

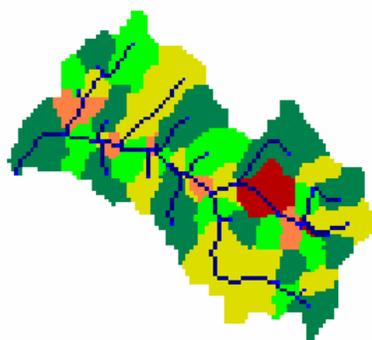


Figure A3.23 : Découpage en 41 UHRH pour le bassin BARON FORK (465 m)

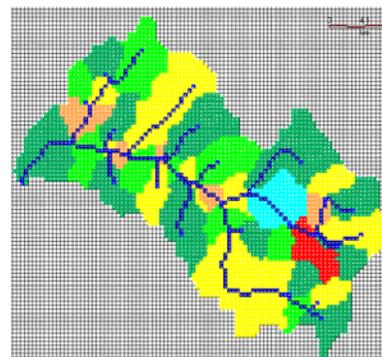


Figure A3.24 : Découpage en 39 UHRH pour le bassin BARON FORK (465 m)

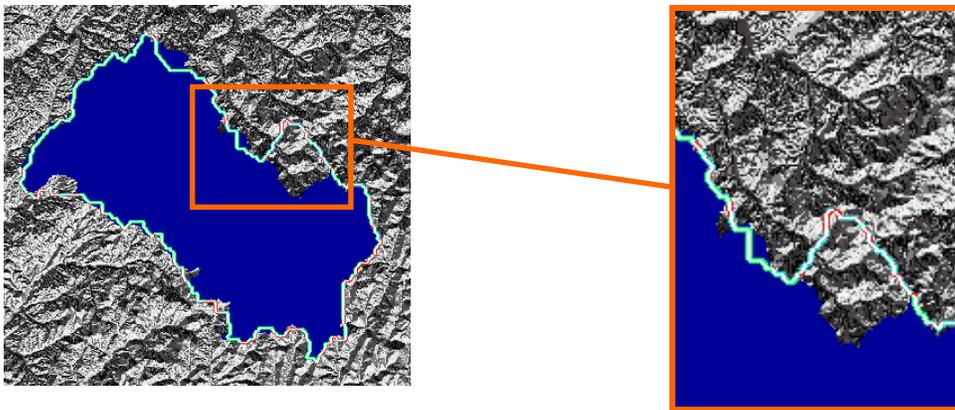
## Bassin du cours d'eau BARON FORK avec une résolution spatiale de 75 m

Le numéro de la station hydrométrique, située au niveau de l'exutoire à Eldon, et sa position géographique sont :

*USGS gage 7197000* → *longitude : 94° 50' 18"* / *latitude : 35° 55' 16"*

La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 143 485 mailles soit  $143\,485 \times (0,075)^2 = 807,1 \text{ km}^2$ , ce qui est relativement proche des  $795 \text{ km}^2$ , de superficie drainée, donnés.

En superposant le bassin obtenu par PHYSITEL et le contour de bassin fourni, on peut constater qu'ils sont très ressemblants. Néanmoins, on peut constater une différence :



**Figure A3.25 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BARON FORK (75 m)**

Mais, comme le montrent les schémas ci-dessus, le morceau de bassin "manquant" appartient à une rivière ne faisant pas partie du bassin. Il fait plus précisément partie du bassin du cours d'eau "Illinois". (On peut remarquer qu'avec la résolution de 465m, on ne constatait pas cette différence. Ceci est donc dû à l'utilisation d'un modèle numérique d'altitudes plus précis.)

De plus, en mesurant, à l'aide de Global Mapper, la superficie déterminée par le contour de bassin, on obtient environ  $846 \text{ km}^2$ , ce qui est légèrement différent des  $795 \text{ km}^2$  de superficie drainée donnée. Le bassin obtenu par PHYSITEL ayant une superficie d'environ  $807,1 \text{ km}^2$ , on peut donc penser qu'il est acceptable. C'est pourquoi, nous avons décidé de conserver le bassin, obtenu avec PHYSITEL, sans aucune modification.

On peut noter que pour les stations hydrométriques se situant à l'intérieur du bassin versant, des nœuds ont du être ajoutés. Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.6 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin BARON FORK (75 m)

Seuil de superficie amont drainée (mailles)	1 900	2 100	2 200
Seuil de superficie amont drainée (km <sup>2</sup> )	10,69	11,81	12,37
Nombre d'UHRH	47	43	37
Superficie moyenne d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	17,17	18,77	21,81
Écart-type de la superficie des UHRH (km <sup>2</sup> )	13,4	13,5	15,4
Superficie max d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	51,32	51,41	58,27
Superficie min d'une UHRH (km <sup>2</sup> )	0,03	0,19	0,19

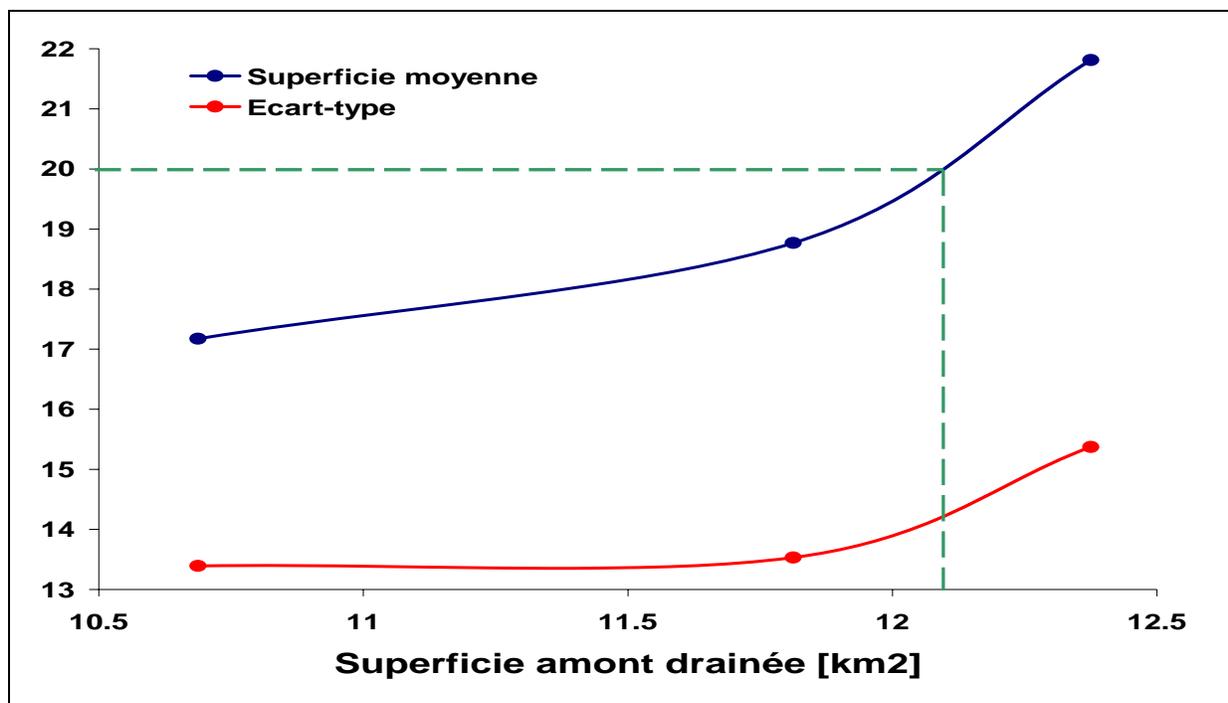
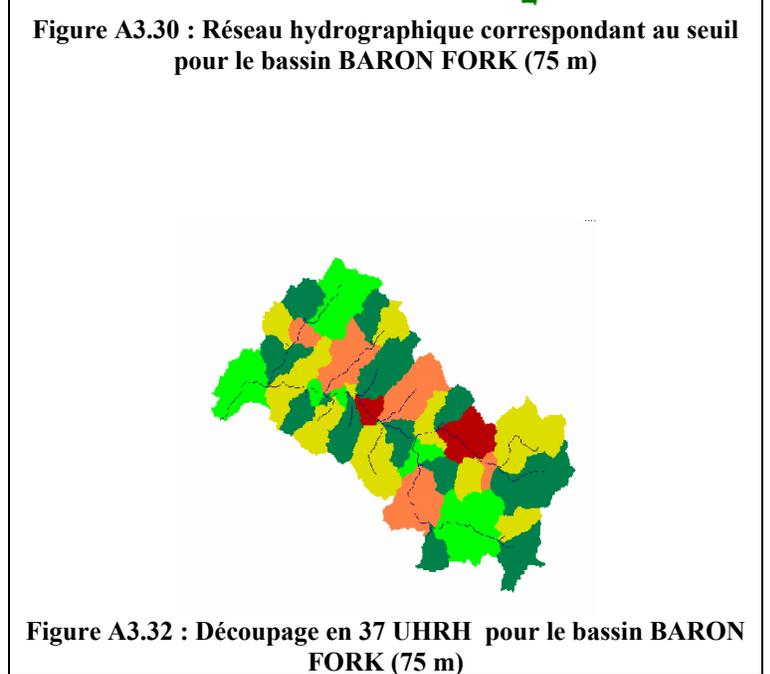
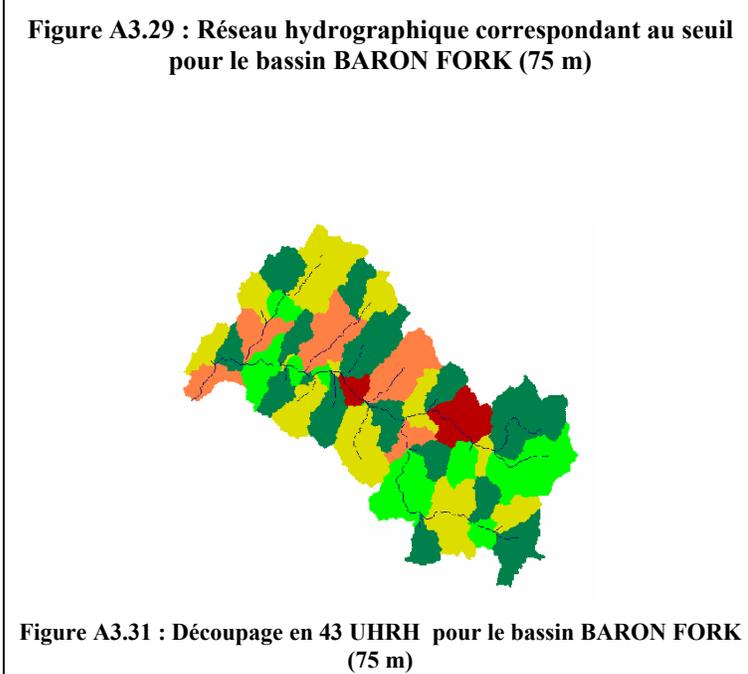
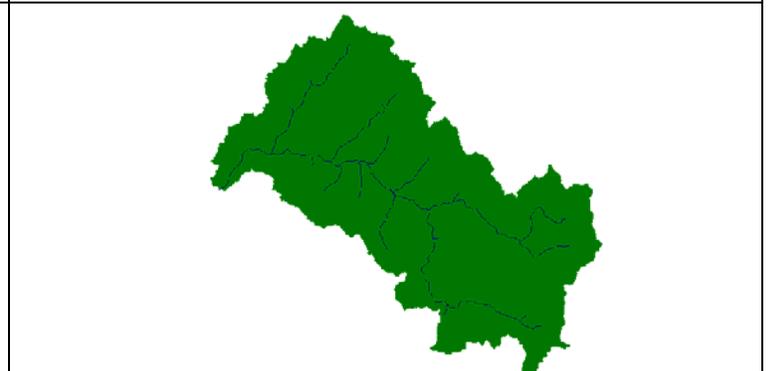
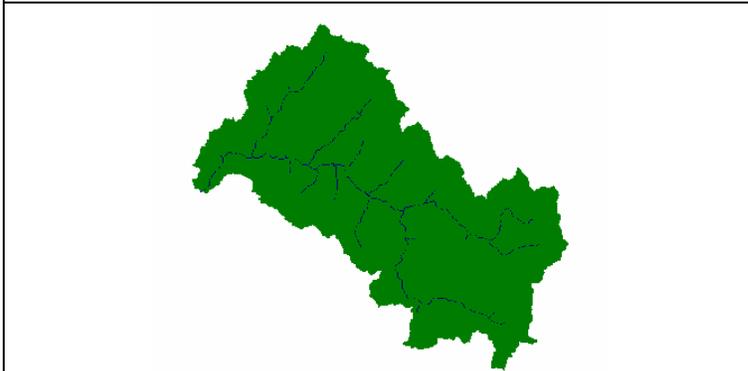
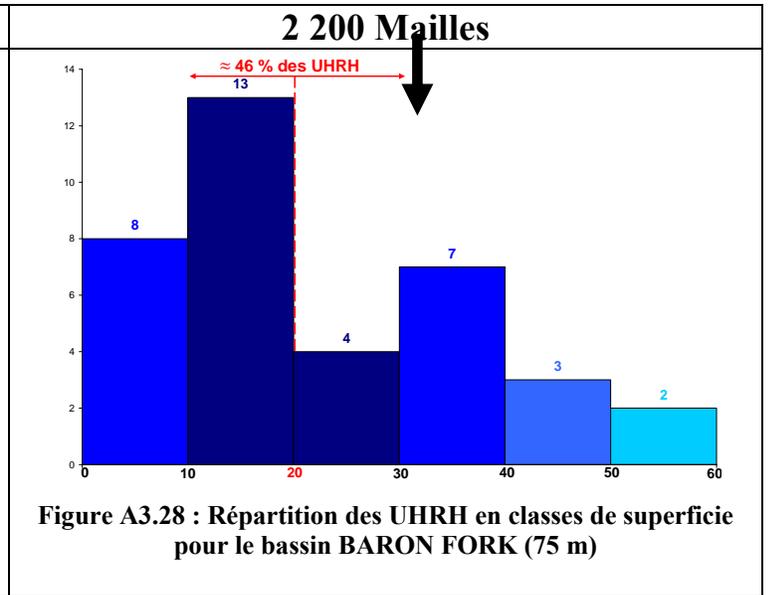
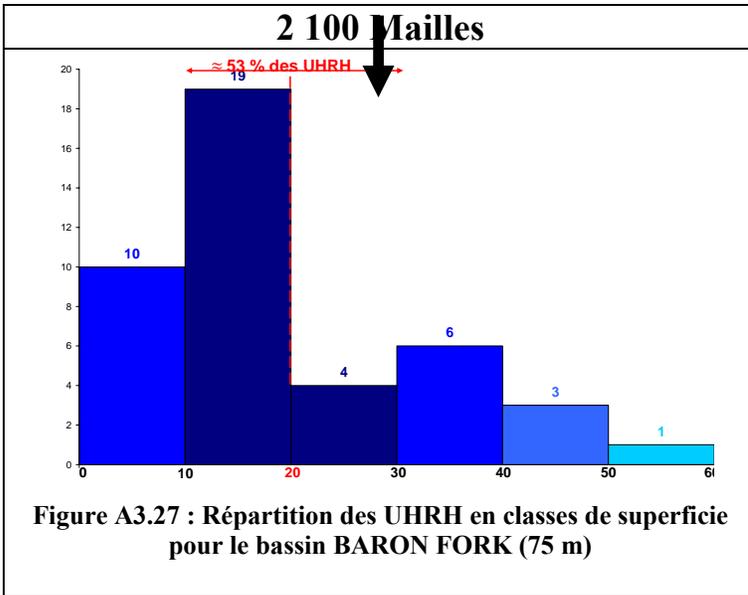


Figure A3.26 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BARON FORK (75 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 11,81 et 12,37 km<sup>2</sup>, soit entre 2 100 et 2 200 mailles. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH relativement proche de 20 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 2 200 mailles, environ 46 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>, alors que pour un seuil de 2 100 mailles, on a un pourcentage d'environ 53 %. De plus, l'écart-type est plus faible pour ce dernier seuil. **On retiendra donc un seuil de 2 100 mailles.**



**Bassin du cours d'eau BLUE avec une résolution spatiale de 465 m**

Le numéro de la station hydrométrique, située au niveau de l'exutoire à Eldon, et sa position géographique sont :

*USGS gage 7332500 → longitude : 96° 14' 53" / latitude : 33° 59' 49"*

La superficie drainée en amont de la cellule prise comme exutoire est de 5 641 mailles soit  $5\,641 \times (0,465)^2 = 1\,219,7 \text{ km}^2$ , ce qui est relativement proche des  $1\,232,3 \text{ km}^2$  donnés.

Connaissant le contour du bassin versant, on a superposé les deux cartes et changé l'orientation de quelques cellules afin de modéliser la totalité du bassin versant sur PHYSITEL.

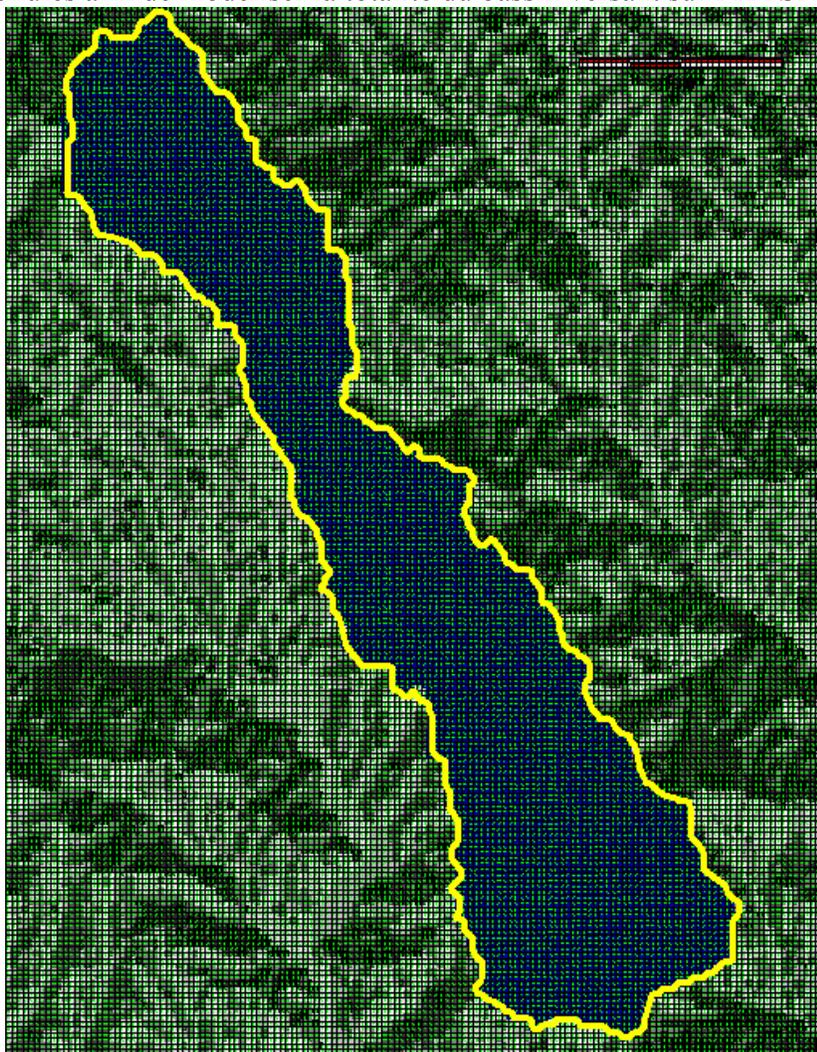


Figure A3.33 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL pour le cours d'eau BLUE (465 m)

Après réorientation des cellules afin d'obtenir la totalité du bassin versant, on obtient une superficie de drainage de 5 706 mailles soit  $5\,706 \times (0,465)^2 = 1\,233,8 \text{ km}^2$ , ce qui est proche des  $1\,232,3 \text{ km}^2$  donnés. La superficie drainée est légèrement supérieure à celle qu'il faudrait trouver, ceci peut s'expliquer par la résolution choisie. En effet, pour obtenir la totalité du bassin versant, il a fallu prendre des mailles dont seule une partie faisait parti du bassin et sachant que l'on a choisit une résolution plutôt grossière, 465m, la superficie augmente donc facilement. (Le bassin a un périmètre d'environ 226 km, sachant que la résolution est de 465m, le nombre de mailles supplémentaires sera au maximum de  $\frac{226}{0,465} \approx 486 \text{ Mailles}$ . D'où une superficie drainée supplémentaire qui sera au maximum de  $486 \times (0,465)^2 \approx 100 \text{ km}^2$ )

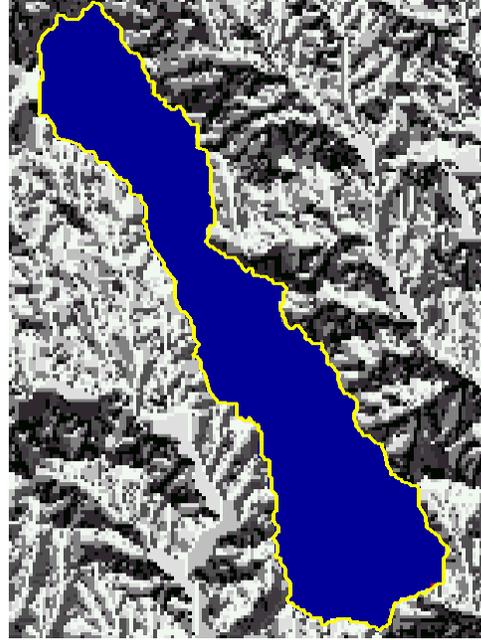


Figure A3.34 : Superposition contour fourni / bassin PHYSITEL après réorientation de mailles (BLUE, 465 m)

Les résultats obtenus lors des différents essais, pour trouver la valeur seuil de superficie amont drainée adéquate, sont les suivants :

Tableau A3.7 : Statistiques des différents essais faits avec PHYSITEL pour le bassin versant BLUE (465 m)

<b>Seuil de superficie amont drainée (mailles)</b>	43	44	45
<b>Seuil de superficie amont drainée (km<sup>2</sup>)</b>	9,3	9,5	9,7
<b>Nombre d'UHRH</b>	63	59	57
<b>Superficie moyenne d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	19,6	20,9	21,6
<b>Écart-type de la superficie des UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	17,1	19,1	19,3
<b>Superficie max d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	82	84,1	84,1
<b>Superficie min d'une UHRH (km<sup>2</sup>)</b>	0,22	0,22	0,22

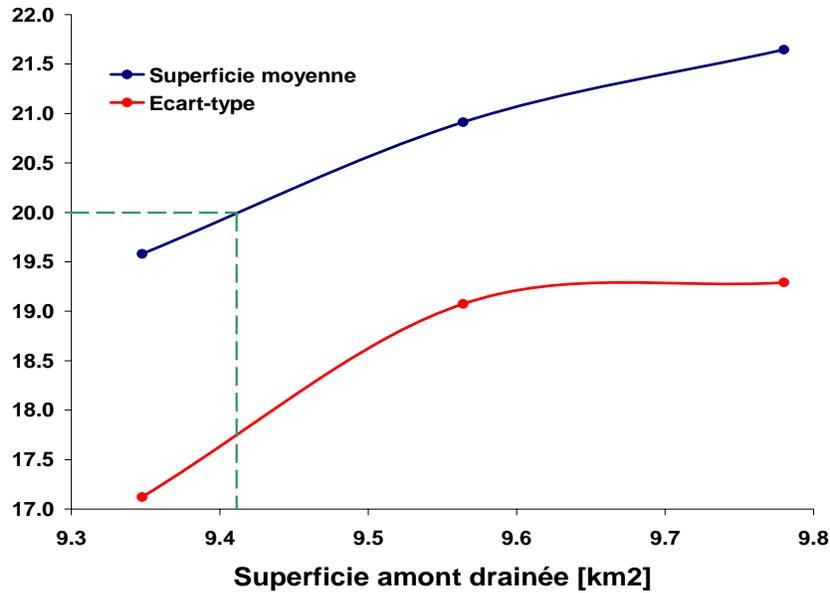


Figure A3.35 : Superficie moyenne des UHRH d'après différents seuils pour le bassin BLUE (465 m)

On peut constater, grâce à ces courbes, que la valeur seuil de superficie amont drainée, que l'on va retenir, se trouvera entre 9,3 et 9,5 km<sup>2</sup>, soit entre 43 et 44 mailles. En effet, pour ces deux valeurs, on obtient une superficie moyenne d'UHRH proche de 20 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 43 mailles, environ 55 % des UHRH ont une superficie comprise entre 10 et 30 km<sup>2</sup>. Pour un seuil de 44 mailles, on a un pourcentage d'environ 54 %. De plus, l'écart-type est plus faible pour 43 mailles, **on retiendra donc un seuil de 43 mailles.**

**43 Mailles**

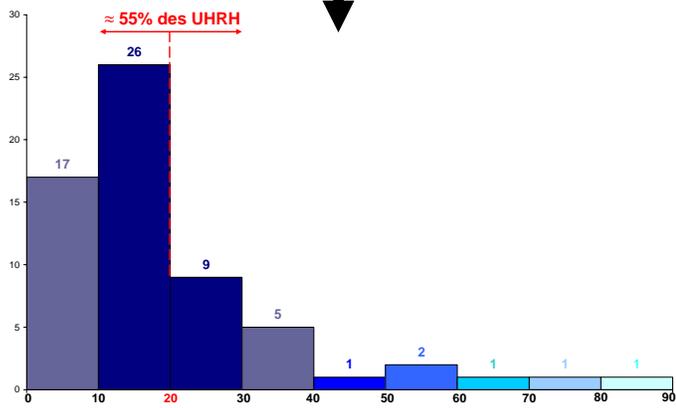


Figure A3.36 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin versant BLUE (465 m)

**44 Mailles**

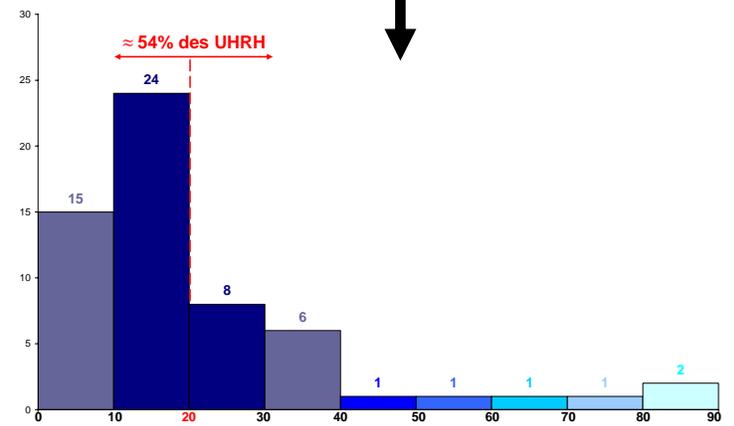


Figure A3.37 : Répartition des UHRH en classes de superficie pour le bassin versant BLUE (465 m)



Figure A3.38 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin versant BLUE (465 m)



Figure A3.39 : Réseau hydrographique correspondant au seuil pour le bassin versant BLUE (465 m)

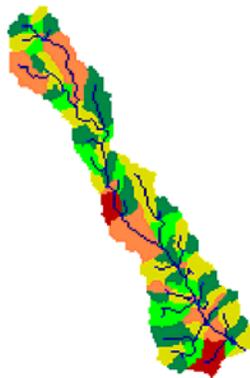


Figure A3.40 : Découpage en 63 UHRH pour le bassin versant BLUE (465 m)



Figure A3.41 : Découpage en 59 UHRH pour le bassin versant BLUE (465 m)