

# MÉTHODES D'AMÉLIORATION AUTOMATIQUE DES COULEURS DANS DES CARTES TOPOGRAPHIQUES À LA CARTE

par *Élodie Buard et Anne Ruas*

Laboratoire COGIT, Institut géographique national  
73 avenue de Paris - 94160 Saint-Mandé

Courriel : [elodie.buard@ign.fr](mailto:elodie.buard@ign.fr) ; [anne.ruas@ign.fr](mailto:anne.ruas@ign.fr)

---

*La disponibilité grandissante des données géographiques numériques a fait naître un besoin de cartes à la demande ou cartes à la carte. Dans ce contexte, l'objectif de ce papier est de présenter trois méthodes originales d'amélioration automatique de légendes existantes liées à des cartes faites par un utilisateur. Pour le moment, nos recherches sont seulement centrées sur les changements de couleurs, mais les résultats sont d'ores et déjà encourageants. Une légende est composée de lignes de légende et l'objectif global de notre processus est de changer les couleurs de lignes de légende pour améliorer les contrastes de couleurs tout en respectant les relations d'ordre, d'association et de différence entre les thèmes. Il s'agit de l'approche de Bertin (Bertin 1967) qui décompose une légende en un jeu de couples (signe, signification).*

*Dans notre article, nous expliquons les règles cartographiques à prendre en compte, la modélisation de données supportant ces règles et les solutions proposées au nombre de trois : une méthode de résolution de contraintes, un système multi-agent et une recherche locale. Les deux premières solutions se focalisent sur des contrastes entre les lignes de légende tandis que la dernière calcule les contrastes dans la carte au niveau des symboles cartographique, ce qui est plus juste. La qualité des résultats dépend surtout de la compréhension des règles cartographiques et de leur modélisation dans le modèle. Ces méthodes pourraient être utilisées par des nouveaux services web cartographiques.*

## 1 Introduction

De plus en plus de sites Internet proposent des services cartographiques dans lesquels les utilisateurs peuvent soit sélectionner des cartes ou des images existantes dans une zone donnée, soit construire une carte à partir de bases de données vecteurs. La plupart des solutions consistent aujourd'hui à sélectionner des scans, choisir une taille et une échelle de carte, donner un titre, ajouter une image ou d'autres informations (voir <http://www.xyzmaps.com/MoD.htm> ou <http://loisirs.ign.fr/AccueilALaCarte.do>). Les cartes sont imprimées dans l'institution proposant ce service, puis envoyées par la poste à l'utilisateur. Techniquement, le mécanisme est simple puisqu'il consiste en impression de bases vecteurs ou rasters sur un modèle de carte prédéfini. Bientôt, l'utilisateur pourra créer des cartes en ligne à partir de base de données géographiques en ligne.

Cependant, si les solutions techniques commencent à apparaître pour extraire des données à partir

des bases, puis les cartographier selon des légendes prédéfinies, la communauté industrielle n'accorde que peu d'attention à la complexité de création de légende. Dans la communauté de recherche, certains ont proposé des légendes pour des cartes choroplèthes par exemple Cynthia A. Brewer (2003) et son Colorbrewer <http://www.ColorBrewer.org>. D'autres s'occupent de la conception de légende dans les cartes topographiques pour les cartes à la demande ou cartes à la carte. C'est dans ce contexte que le laboratoire COGIT de l'Institut géographique national travaille sur la conception de nouvelles méthodes d'aide à la construction de légende. Depuis 2005, deux stratégies sont développées :

- la première aide l'utilisateur à construire sa carte pas à pas grâce à un dialogue interactif proposant soit des palettes de peintres soit des échantillons (Christophe 2008a,b) ;

- la deuxième consiste à améliorer les couleurs d'une carte utilisateur existante (Chesneau 2006 ; Buard et Ruas 2007).

Les deux approches peuvent être combinées : le système aide l'utilisateur à construire sa légende (première stratégie), puis il analyse et améliore la légende construite (deuxième stratégie). Des services web pourront également être conçus pour cette construction de légende (Jolivet 2008). Ce papier se positionne dans la deuxième stratégie et vise plus spécifiquement à présenter des méthodes originales d'amélioration automatique de légende. La première partie explique les relations sémantiques entre les thèmes d'une légende et leur impact sur les choix de couleur. Ensuite, la section trois présente les différentes méthodes développées.

Pour le moment, seule la couleur est soumise au changement. Une couleur (bleu clair par exemple) est décomposée en une teinte (bleu) et une clarté (clair) définie par le pourcentage de noir ajouté à la teinte. De futures recherches au COGIT incluent le changement d'autres variables comme la taille ou la forme. Toutes les méthodes présentées dans ce papier ont été implémentées en Java sur GeOxygène (Grosso et Bucher 2009 ; Brasebin 2009), la plateforme SIG open-source (<http://sourceforge.net/projects/oxygene-project/>). En 2009, nous espérons déposer un nouveau module GeOxygène comprenant le processus d'amélioration de légende. Ceci est présenté en section 3.3.

## 2 Connaissances à prendre en compte dans la création de légende

### 2.1 Qu'est-ce qu'une bonne carte ?

Avant d'améliorer la légende d'une carte, il faut définir la notion de qualité dans une légende. Le sémiologue Jacques Bertin (1967) et le cartographe Mark Monmonier (1991) décrivent la qualité d'une carte comme la description, aussi fidèle que possible, de l'information organisée contenue dans les données à cartographier. En d'autres termes, le cartographe organise l'information sémantique avant de choisir une légende adaptée à l'organisation, de façon à faciliter la lecture de la carte. D'après Bertin (1967), organiser l'information est un processus cognitif qui consiste à identifier et décrire les relations entre éléments. Dans notre légende, les éléments sont les lignes de légende et leur signification, créant ainsi des couples (signe/signification) dans chaque ligne. Pour organiser les éléments, les cartographes définissent le concept de thème qui structure l'information globale de façon thématique, par exemple eau ou forêt. Dans cette optique, les lignes de légende sont groupées par thème. Les relations entre les lignes de légende sont de trois types : association, ordre ou différence, avec les règles suivantes :

- Si deux lignes de légende appartiennent au même thème, elles sont en association, donc leurs symboles doivent être **visuellement proches**. Par exemple, leurs signes ont la même teinte.

- Si ces lignes sont ordonnées (une signification est supérieure à l'autre), elles sont toujours en association (signes visuellement proches), mais l'un d'entre eux est **plus visible** que l'autre.

- Si deux lignes de légende appartiennent à des thèmes différents, leurs signes doivent être **visuellement différents**.

Ces relations sont résumées sur la figure 1.

Ainsi tout l'art du cartographe est de trouver des signes capables de rendre lisible l'organisation cachée entre les lignes de légende. Nous avons ajouté des règles complémentaires :

- pour optimiser l'association signe/signification, des règles conventionnelles d'association ont été introduites : par exemple choisir un signe dans les teintes vertes pour représenter la végétation facilite la compréhension, l'association vert/végétation étant un processus cognitif automatique (Treisman 1969) ;

- pour permettre la reconnaissance des signes, ils doivent respecter un critère de taille minimum, comme celui défini par (Spiess 1995). Les petits objets comme les bâtiments doivent être plus foncés que les grands objets comme les forêts.

En résumé, pour construire un processus qui améliore la légende des cartes, nous avons :

- à organiser l'information en thèmes puis en lignes de légende et décrire les relations,

- à trouver des signes qui correspondent à ces relations et suivent les autres règles cartographiques comme la taille et l'association signe/signification.

### 2.2 L'implémentation des connaissances pour la création de légende

À cette étape, nous cherchons à modéliser les connaissances décrites dans la section précédente. Nous proposons de représenter les éléments de légende par des objets ainsi que la connaissance liant couleurs et thèmes :

- Un objet *légende* est composé d'un groupe d'objet *légende-thème*.

- Un objet *légende-thème* peut être composé d'autres objets *légende-thème* ou d'un groupe de lignes de légende. Il est décrit par un objet *intitulé* et un objet *signe*. Cet objet *légende-thème* est lié à un objet *thème* qui décrit la couleur habituelle associée à ce thème.

- Un objet *signe* est décrit par un objet *couleur*.

- Un objet *couleur* est lié à un objet *famille de couleurs* et inversement un objet *famille de couleurs* est lié à un groupe d'objets *couleur* sur un principe de discrimination visuelle. Par exemple, l'objet *famille de couleurs* : *bleus* associe les couleurs de teinte bleue.

- Certaines relations existent entre les objets *thème* et *famille de couleurs*. Par exemple, l'objet *thème* : *végétation* est lié à *famille de couleurs* : *vert*. La fréquentation de cette association peut être qualifiée par : une *famille de couleurs* est "souvent/jamais/rarement utilisée" pour représenter un *thème*.

La figure 2 montre un schéma UML de ces informations. Ce modèle de données facilite la représentation et la mise à jour de nos connaissances cartographiques ; il est seulement appliqué à la variable visuelle *couleur*. Dans le but de décrire les relations entre légendes-thèmes, un graphe structuré en arbre a été ajouté : au-dessous, un tronc correspondant à la légende. Le premier niveau est constitué par les branches ou les légendes-thèmes principales, les feuilles étant les légendes-thèmes les plus décomposées. Dans ce type de graphe, la hiérarchie des légendes-thèmes est bien visualisée.

## 2.3 Changer les couleurs en fonction des thèmes et des contrastes

Le principe de notre méthode pour améliorer la légende est d'analyser les couleurs correspondant aux thèmes, puis de changer la ou les couleurs si elles ne respectent pas les règles :

- de cohérence entre la légende-thème et la couleur,
- de relation entre cette couleur et une autre, i.e. entre deux légendes-thèmes.

Pour estimer l'écart du respect de la règle de relation entre les couleurs, nous calculons des distances entre elles par la notion de contraste, qui reflète la distance perçue entre deux couleurs. Ce travail est inspiré de Brewer (1992) et des sept contrastes d'Itten (1967). Nous nous sommes restreints au *contraste de teinte* et au *contraste de clarté* – ou le

contraste noir/blanc-- pour simplifier les calculs. De cette manière, chaque couleur est décrite par un couple (teinte ; clarté) et nous calculons les contrastes pour chaque couple de couleur. D'abord le calcul s'est appuyé sur les codes TSL (teinte, saturation, luminosité) pour ensuite être amélioré par des séries de tests d'évaluation du contraste perçu, réalisé sur des cartographes (voir Buard et Ruas 2007).

Une fois les distances colorées calculées, l'étape suivante consiste à vérifier la cohérence des relations entre un couple de couleurs et leurs thèmes :

- Si deux légendes-thèmes sont associées, leurs teintes doivent être proches, donc leur **contraste de teinte faible**. De ce fait, elles appartiennent à la même famille de couleurs.

- Si deux légendes-thèmes sont ordonnées, elles doivent avoir la même teinte donc un **contraste de teinte nul**, mais des clartés différentes donc constituer un **contraste de valeur élevé**.

- Si deux légendes-thèmes ne sont pas associées, leurs teintes doivent être différentes donc constituer un **contraste de teinte élevé**.

Dans chaque cas, les adjectifs « faible » ou « élevé » se rapportant au contraste sont définis par rapport à une valeur seuil. De plus, chaque couleur doit être visible, donc le contraste de teinte et le contraste de valeur de (couleur, couleur de fond) doivent être élevés. Finalement, ces règles sont simples et améliorent de façon significative la qualité de la légende de la carte. Dans la section suivante, nous présentons différentes méthodes de résolutions pour choisir la couleur à améliorer et l'autre couleur qui la remplacera.

## 3 Méthodes de résolution

Pour calculer les contrastes et choisir une nouvelle couleur pour une légende-thème, nous utilisons des cercles chromatiques prédéfinis et composés de 163 couleurs (voir Chesneau 2006 ; Buard et Ruas 2007 pour la description de ces cercles). Dans toutes les méthodes de résolution qui vont suivre, le but est de trouver une bonne position absolue et relative de chaque légende-thème sur ce cercle tout en respectant les relations induites par les thèmes sous-jacents. Si la légende est composée de  $n$  légendes-thèmes, chaque couple de légendes-thèmes a une relation d'association, d'ordre ou de différence, formant  $n$  couples.

Deux approches peuvent être suivies pour l'amélioration des couleurs :

- L'analyse des contrastes entre les légendes-thèmes de la légende, sans même regarder la carte. Cette approche est appelée « Analyse des contrastes colorés dans la légende ».

- L'analyse des contrastes entre les signes des objets cartographiques voisins sur la carte. Cette approche est appelée « Analyse des contrastes colorés dans la carte ». Cette approche est plus juste que la première mais les calculs sont plus lourds.

D'après ces approches, trois méthodes de résolution sont proposées : la première est une technique de résolution de contraintes appelé CSP (Constraints Solving Problem) développée en 3.1 ; la seconde est une méthode multi-agent ou SMA (Système Multi Agent) en 3.2 ; et la dernière est une recherche locale (3.3). Les deux premières sont des analyses sur la légende et donc appartiennent à la première catégorie d'approche, tandis que la dernière se centralise sur la carte, donc la deuxième approche, comme le montre la figure 3.

La première méthode (3.1) calcule la position des objets légendes-thèmes de l'utilisateur sur le cercle chromatique par rapport à des objets légendes-thèmes idéaux, tandis que les deux autres (3.2 et 3.3) bougent les objets légendes-thèmes utilisateurs sur le cercle pour optimiser les différentes règles. L'utilisation des cercles chromatiques réduit le nombre de couleurs utilisées et par conséquent l'espace des solutions. Par la suite, la couleur d'une légende-thème fixée par l'utilisateur sera appelée « Couleur initiale ».

### **3.1 Analyse de contrastes colorés dans la légende par CSP**

Cette méthode s'appuie sur des modules open source existants : Madkit développé pour des systèmes multi-agents (Gutknecht et Ferber 2000) et Choco, module de résolution de contraintes (Laburthe 2000). La méthode résout les contraintes posées par les couleurs par des algorithmes de consistance d'arc, un arc liant deux couleurs dans l'espace. Le système commence par résoudre les contraintes de teinte par un algorithme spécifique à la teinte, puis résout les contraintes de clarté par un algorithme spécifique à la clarté.

Chaque processus : 1/ordonne les contraintes par ordre d'importance en fonction des règles d'après un jeu de couleurs initiales, 2/ puis, en cas de non satisfaction des couleurs aux règles, change les contraintes d'un objet légende-thème et recommence une analyse.

- Pour le CSP teinte, chaque légende-thème calcule son domaine de couleur à partir de sa famille de couleur et de la couleur initiale. Le domaine est ordonné : si la couleur initiale est dans sa famille de couleur, la famille se réduit à la couleur initiale. Dans le cas contraire, la famille de couleur agrège un certain nombre de couleurs, couleur initiale non comprise. Le CSP teinte tente de trouver une couleur pour chaque légende-thème en commençant par la légende-thème qui a le plus petit domaine de couleur. La première légende-thème prend donc une teinte, le plus près possible de la teinte initiale. La seconde légende-thème à traiter fait la même chose en respectant sa relation avec la première légende-thème déjà traitée et ainsi de suite. Si le système ne peut pas trouver une couleur pour chaque légende-thème, le domaine de couleur d'une légende-thème est élargi et le processus recommence jusqu'à trouver une solution.

- Le CSP clarté, qui est appliqué dans un second temps, suit le même principe sauf que lorsque le système ne trouve pas de solution, au lieu d'élargir le domaine de couleur, il libère des contraintes de respect de relation entre des légendes-thèmes en suivant un ordre d'importance de ces contraintes.

La figure 4 illustre les résultats de cette méthode. Au-dessus, se trouve la légende initiale décomposée en légendes-thèmes. Les légendes-thèmes représentent des thèmes très différents, pourtant ils ont des teintes proches (ex : arbres et inondation). De plus, les couleurs initiales ne sont pas classiques, ce qui rend difficile la lecture de la carte. En dessous, la légende améliorée paraît plus familière et les thèmes peuvent être visuellement identifiés.

Cependant, l'inconvénient de cette méthode est le poids accordé à la famille de couleur qui donne toujours les mêmes résultats de légende finale, quelles que soient les préférences initiales de l'utilisateur.

### **3.2 Analyse des contrastes colorés dans la légende par SMA**

Dans cette méthode de résolution, qui s'appuie sur le module multi-agent Madkit (Gutknecht et Ferber 2000) et GeOxygène, chaque légende-thème est un agent qui calcule sa propre note globale d'incohérence due :

- au non-respect des relations avec un autre agent dans les contrastes de teinte et de valeur,
- à l'écart entre la teinte et le thème représenté, grâce à la notion de famille de couleur.

Une hiérarchie des conflits est établie, en donnant un poids à chaque incohérence, par ordre d'importance :

- deux légendes-thèmes ordonnées n'ayant pas la même teinte,
- une légende-thème ayant une couleur éloignée de sa famille de couleur,
- deux légendes-thèmes associées ayant deux teintes très éloignées,
- deux légendes-thèmes différentes ayant des teintes dans la même famille de couleur,
- deux légendes-thèmes ordonnées ayant une hiérarchie de clarté non appropriée.

Chaque agent agrège ses notes d'incohérence pour calculer son incohérence globale. Le système commence toujours par résoudre les pires conflits : l'agent ayant la pire note se déplace sur le cercle chromatique de façon à améliorer sa note. Après chaque déplacement, les notes d'incohérence sont réévaluées et le processus continue jusqu'à atteindre une satisfaction globale. En plus, à chaque mouvement, une note globale de qualité de légende est calculée. Cette note aide à stopper le processus en cas de stagnation.

La figure 5 montre un résultat de cette méthode.

La légende améliorée dans ce cas n'est pas très différente de la méthode par CSP en raison de l'utilisation des mêmes connaissances. Ici encore, la famille de couleur joue un rôle important. Cependant l'avantage de cette méthode est que le changement de couleur est actionné par un conflit, donc c'est un changement nécessaire. Le changement progressif permet un meilleur contrôle de la qualité finale. Une simple comparaison visuelle avec le résultat précédent (fig. 4) met en évidence une meilleure compréhension de cette carte. Le seul inconvénient est la difficulté de converger vers une solution.

### 3.3 Analyse des contrastes colorés dans la carte par recherche locale

Les deux méthodes précédentes ont l'inconvénient d'analyser les contrastes dans la légende sans tenir compte des vraies proximités entre les symboles dans la carte. Par conséquent, un changement de couleur peut avoir lieu en raison d'un conflit entre deux légendes-thèmes, même si les symboles des légendes-thèmes ne sont jamais proches sur la carte.

La méthode présentée dans cette section consiste à calculer des contrastes sur la carte. Elle a d'abord été proposée par (Chesneau 2006) dans sa thèse au

laboratoire COGIT, puis le module a été réécrit sur GeOxygène et amélioré par Élodie Buard en 2007 et 2008.

Pour traiter des objets sur la carte, la notion d'objet cartographique est introduite : un objet cartographique est un objet symbolisé sur la carte.

Étape 1. Chaque objet cartographique calcule 1/ ses objets cartographiques voisins (abrégés en voisins) 2/ les contrastes de teinte et de clarté avec ses voisins et 3/ une interprétation qualitative des contrastes de teinte et de clarté en fonction des relations à respecter.

Étape 2. Les notes de contrastes des objets cartographiques sont agrégés à la *famille cartographique* qui regroupe les objets cartographiques de même type donc symbolisés de la même façon. La famille cartographique est liée à une légende-thème dans la légende. Par cette agrégation de note, il est possible de trouver quelle légende-thème a la plus mauvaise note de contraste. La carte calcule également une note de qualité globale.

Étape 3. Les légendes-thèmes ayant les pires notes de contraste changent leurs couleurs, en se basant sur les connaissances cartographiques présentées en section 2. Après chaque changement, les notes sont réévaluées en revenant à l'étape 1. Si globalement la carte est améliorée, le dernier changement de couleur est validé sinon le processus doit trouver une autre couleur.

Étape 4. Le processus sort des itérations quand la carte est cartographiquement bonne ou quand la qualité globale stagne.

La figure 6 montre un résultat calculé à partir de la même légende initiale que dans les figures 4 et 5. Ici le choix de l'utilisateur est plus intégré à la carte et les contrastes plus marqués. En effet, les couleurs ont été modifiées le moins possible et le contraste est calculé sur la carte et non dans la légende (pour 1226 objets graphiques, 27 000 contrastes locaux sont calculés).

Aujourd'hui, même si la méthode de résolution est basée sur des principes simples, comme il s'agit d'une recherche locale qui n'accepte pas de dégradations locales d'état les résultats sont intéressants. L'utilisation de recuit simulé ou d'escalade de maxima (hill-climbing) améliorerait certainement les résultats.

Nous pensons également que la qualité du résultat dépend des connaissances en entrée. En 2007 et 2009 nous avons amélioré les notes de contraste

basées sur les cercles chromatiques par des tests (Buard et Ruas 2007). Le rôle de la famille de couleur dans la convergence doit aussi être étudié : si cette contrainte est trop forte, le choix initial n'est pas ou peu pris en compte ; si cette contrainte est faible, la compréhension de la carte n'est pas aisée. La relation entre la famille de couleur et le thème est aussi très basique. Une distance sémantique serait un plus.

## 4 Conclusion

Les tests présentés dans ce papier montrent qu'il est possible d'améliorer automatiquement une légende en analysant les contrastes. Nous espé-

rons avoir ouvert une brèche pour des nouveaux modules ou services web cartographiques visant à améliorer les cartes. En définitive, le processus global se base sur l'identification de règles cartographiques, l'implémentation de ces connaissances par un paradigme objet (fig. 2) et le choix d'une méthode de résolution (section 3.3). Après avoir travaillé sur le calcul des contrastes perçus, la garantie du succès réside maintenant dans les règles cartographiques identifiées et leur équilibre : nous devons les préciser et les compléter. Comme le disait Bertin en 1967, la conception de légende est de plus en plus un processus cognitif.

## Références

- Bertin J.**, 1967, *Sémiologie graphique : les diagrammes - les réseaux - les cartes*, Paris/La Haye, Mouton/ Gauthier-Villars, 431 p.
- Brasebin M.**, 2009, "GeOxygène : an Open 3D Framework for the development of geographic applications", dans *Proceedings of AGILE 2009*, Hannover, 2-5 June 2009.
- Brewer C. A.**, 1992, « Review of Colour Terms and Simultaneous Contrast Research for Cartography », *Cartographica* 29(3&4), p.20-30.
- Brewer C. A.**, 2003, « A Transition in Improving Maps: The ColorBrewer Example », dans *U.S. Report to the International Cartographic Association*, special issue of *Cartography and Geographic Information Science* 30(2), p.155-158.
- Buard É., Ruas A.**, 2007, « Evaluation of colour contrasts by means of expert knowledge for on-demand mapping », dans *23rd ICA conference*, Moscow, 4-10 August 2007.
- Chesneau É.**, 2006 « Propositions méthodologiques pour l'amélioration automatique des contrastes de couleur - Application aux cartes de risque, *Cybergéo*, n°360, 2006.
- Christophe S.**, 2008a, « Making legends by means of painters' palettes », dans *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography series*, Eds Springer : "Art and Cartography" ICA Symposium - Vienna, Austria, January 31st to February 2nd, 2008.
- Christophe S.**, 2008b, « Legend Design on the Web: Creating Accurate Styles », *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research (IJS DIR.)* Special Issue, vol.3 (2008).
- Grosso E., Bucher B.**, 2009, "Practical introduction to GeOxygène", dans *Proceedings of OGRS 2009 International Opensource Geospatial Research Symposium*, Nantes, 8-10 July 2009.
- Gutknecht O., Ferber J.**, 2000, *MadKit : une architecture de plate-forme multi-agent générique* : Rapport de recherche LIRMM n° 00061.
- Itten J.**, 1967, *Art de la couleur*, Paris, Dessain et Tolra.
- Jolivet L.**, 2008, "On-demand map design based on user-oriented specifications", dans *Proceedings of AutoCarto 2008 conference*, Shepherdstown (WV), USA, 8-11 September 2008.
- Laburthe F.**, 2000, « CHOCO : Implémentation du noyau d'un système de contraintes », dans *JNPC'00*.
- Monmonier M.**, 1991, *How to Lie with Maps*, Chicago, University of Chicago Press, xi + 176p.
- Spiess E.**, 1995, "The need for generalization in a GIS environment", dans Eds. J.C. Muller, J.P. Lagrange, R. Weibel, *GIS and Generalization: Methodology*, Bristol, Taylor & Francis.
- Treisman A., Fearnley S.**, 1969, « The Stroop Test: Selective attention to colors and words », *Nature*, 222, p. 437-439.



Figure 1 : Relations entre deux lignes de légende (A et B) et leurs signes dans une légende

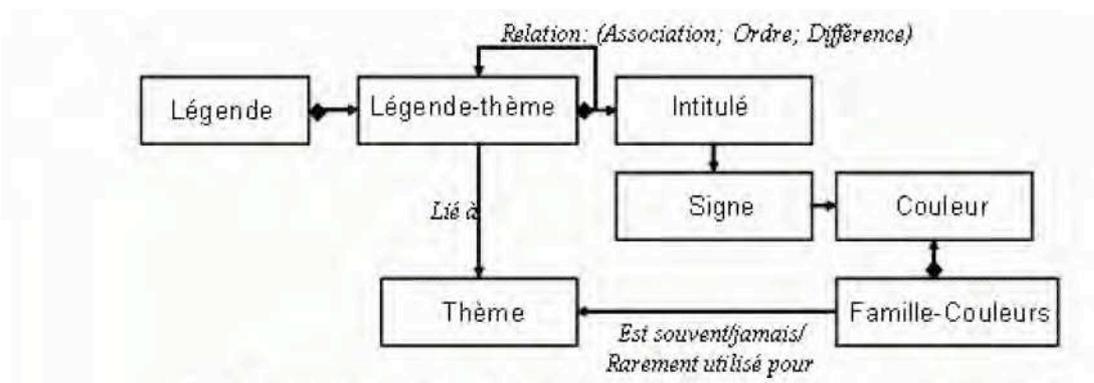


Figure 2 : Représentation UML de la légende décomposée en thèmes et couleurs

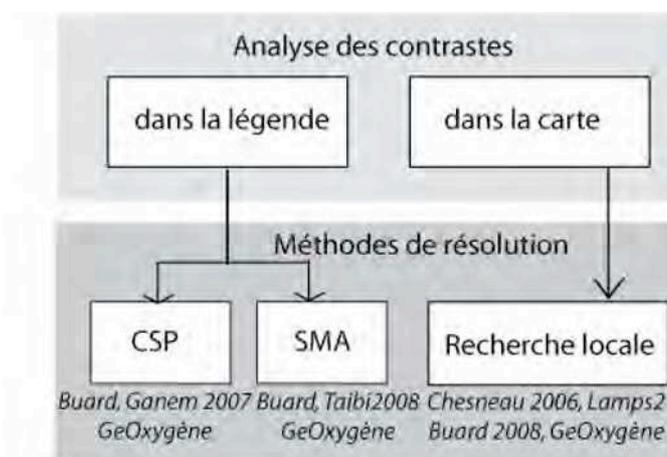


Figure 3 : Méthodes d'amélioration de légende implémentées au laboratoire COGIT

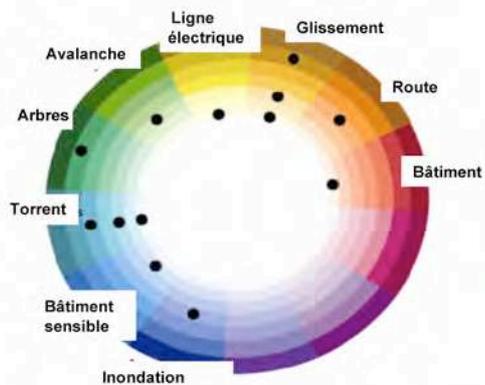
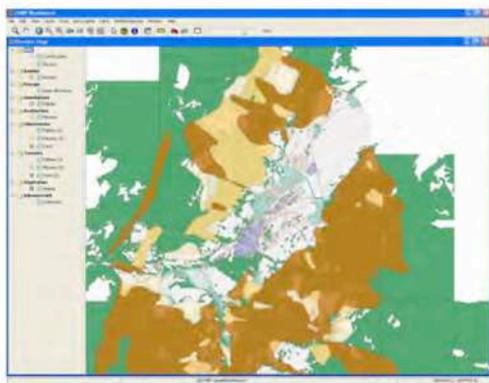
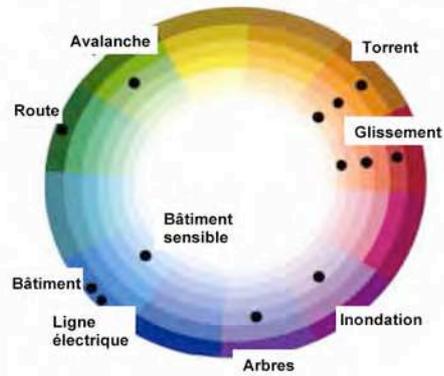
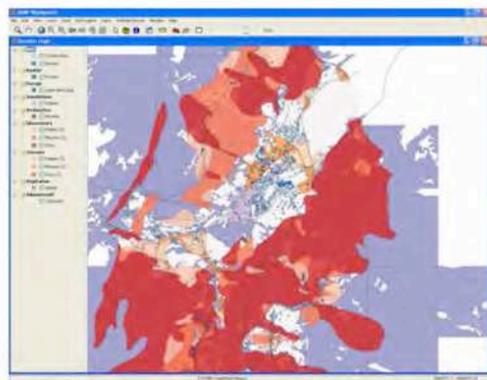


Figure 4 : Analyse de légende par CSP- dessus : légende initiale ; dessous : légende améliorée

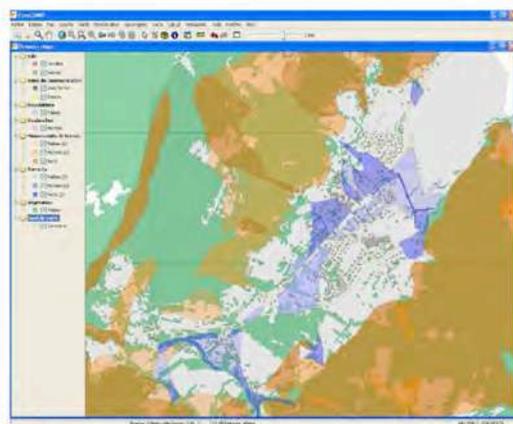
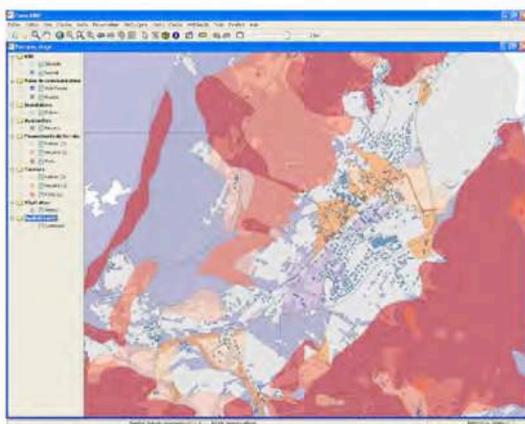
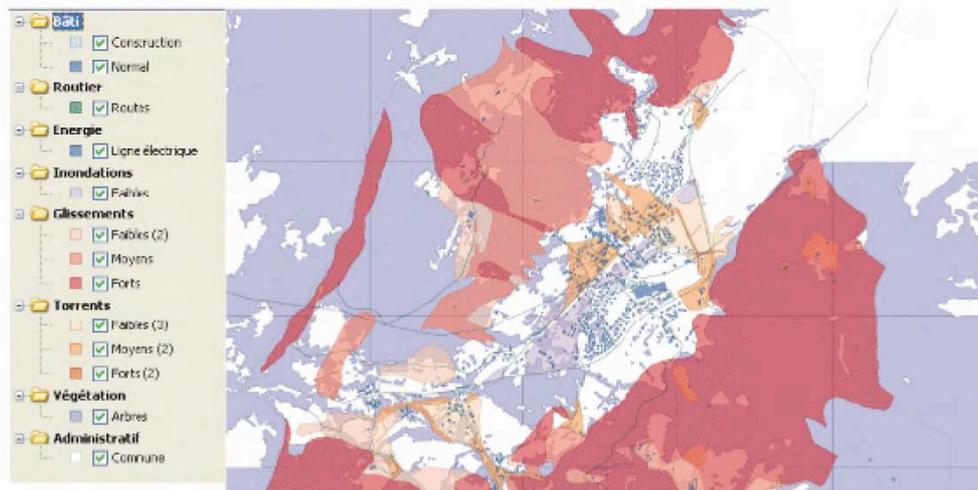


Figure 5 : Amélioration de légende par SMA- gauche : légende initiale ; droite : légende améliorée

### CARTE AVANT



### CARTE APRES

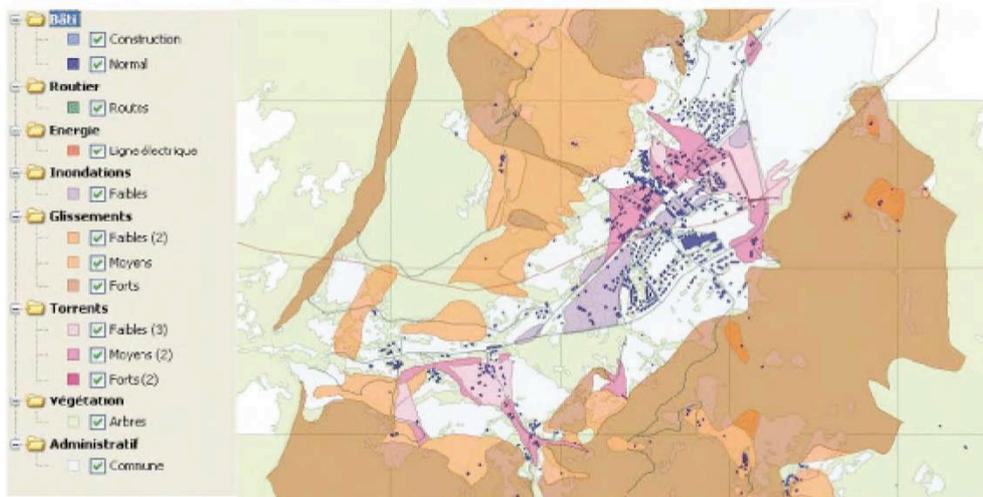


Figure 6 : Amélioration de légende par recherche locale –  
en haut : légende initiale ; en bas : légende améliorée