

La généralisation cartographique Processus d'automatisation et mise en œuvre à l'INCT

A. KADDOUR DJEBBAR

Institut National de Cartographie et de Télé-détection
123, rue Tripoli, Hussein Dey, Alger
E-mail : contact@inct.dz

ملخص: إن تقليل الوقت و بالتالي تكلفة إنتاج خريطة يشكل دائما هدف محترفي رسم الخرائط. و من بين الوسائل لبلوغ ذلك "التعميم" و هذا يعني استخراج، من خريطة مرجعية، المعلومات الخاصة بحاجة معينة و تبسيط تمثيلها: خريطة جديدة معممة (مشقة) هي إذا جاهزة للاستغلال. و مع ذلك، فإن لهذه التقنية مساوي كونها منجزة يدويا من طرف رسام الخرائط. مؤخرا، أدى تطور الخرائطية الرقمية أصل أوتوماتيكية تقنيات معالجة المعطيات الجغرافية إلى ظهور التعميم الآلي.

أدركت مختبرات مختصة مبكرا أهمية التعميم في عملية إنتاج الخريطة. إستأنف المخبر الفرنسي COCIT أبحاثه فيما يخص أوتوماتيكية عملية التعميم سنة 1991 مع الالتزام بأسلوبين: من جهة تصميم الخوارزميات لإنجاز العمليات الأولية للتعميم (تعميم مستقل) و من جهة أخرى دراسة الاستراتيجيات التي يجب وضعها من أجل استعمال هذه الخوارزميات (تعميم نصي).

يندرج هذا العمل ضمن هذا النوع من الأبحاث و يهتم خاصة بالتعميم الخرائطي. هذا الأخير كان موضوع عدة أعمال بحث و التي قمنا بدراستها و ذلك من أجل إحصاء المشاكل العديدة و المعقدة لوضع منهج يمكن إدماجها في السلسلة الإنتاجية الخاصة بمعهدنا و الذي يحتوي على جميع الخوارزميات لمعالجة مختلف التداخلات التي تواجهنا أثناء عملية التعميم. العملية التي نقترحها تعتمد على تسلسل عدة برامج لمعالجة التعميم موجهة بمعاملات خاصة و هذا حسب ترتب تنفيذي محدد مسبقا.

الكلمات الأساسية: عملية التعميم، تعميم آلي، خوارزميات، تداخل، إثراء

Résumé: Minimiser le temps et donc le coût de production d'une carte constitue depuis toujours, l'objectif des professionnels de la cartographie. Un des moyens pour y parvenir, consiste à « généraliser », c'est-à-dire extraire, à partir d'une carte de référence, les informations servant un besoin particulier et simplifier leur représentation: une nouvelle carte généralisée (dérivée) est alors prête à l'exploitation. Cependant, cette technique présente l'inconvénient d'être réalisée manuellement par le cartographe. Récemment, le développement de la

cartographie numérique à l'origine de l'automatisation des techniques de traitement des données géographiques a donné naissance à la généralisation automatique.

Des laboratoires spécialisés ont constaté très tôt l'importance de la généralisation dans le processus de production cartographique. Le laboratoire français COGIT a commencé ses recherches sur l'automatisation du processus de généralisation en 1991 avec un engagement dans une double démarche : d'une part, la conception d'algorithmes réalisant les opérations élémentaires de généralisation (généralisation indépendante) et d'autre part, l'étude des stratégies à mettre en œuvre pour utiliser ces algorithmes (généralisation contextuelle).

Ce travail s'intègre dans cet axe de recherche et s'intéresse plus spécifiquement à la généralisation cartographique. Cette dernière a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche que nous avons exploré afin d'en recenser les nombreux et complexes problèmes et ce, pour mettre en place un processus intégrable dans la chaîne de production de notre institut, et contenant tout opérateur en mesure de traiter les différents conflits rencontrés lors de la généralisation. Le processus que nous proposons prendra en charge le séquençement de plusieurs programmes de traitement de généralisation orientés par un paramétrage spécifique et ce, dans un ordre d'exécution prédéfini.

Mots clés: Processus, généralisation automatique, opérateur, conflit, enrichissement.

Abstract: Minimizing both time and cost of production of a map has always been the goal of cartographic professionals. One of ways to do, is "generalize", which consists in extracting from a reference map, information for a particular need and simplify their representation: a new generalized is then ready for exploitation. Meanwhile, this technique is disadvantageous, for it is manual way. Recently, the development of digital cartography, in origin of the automation of geographic data treatment has given birth to the automatic generalization.

Specialized laboratories found early the importance of the generalization in the cartographic production

process. The French laboratory COGIT began his research on automating the generalization process in 1991 with an involvement to a dual approach: first, developing algorithms that provide elementary generalization operations (independent generalization) and then, the study of strategies to implement in order to use these algorithms (contextual generalization).

This work joins a research axe and it is interested specifically on cartographic generalization. This latter has been the object of a lot of researches which have been studied in order to solve a big complex number of problems and this, in the objective to define a process which contains every operator able to take charge of a sequence of many generalization program, oriented by a specific parameterizing and this, in a predefined execution order.

Key Words: Process, automatic generalization, operator, conflict, enrichment.

I. Introduction

La cartographie est une représentation plane et conventionnelle d'une partie ou de l'ensemble de l'espace géographique. La généralisation quant à elle est la sélection et la simplification de cet espace. Elle est définie par l'ACI (Association de Cartographie Internationale) comme étant *"la sélection et la représentation simplifiée de détails en fonction de l'échelle et des objectifs de la carte"*.

Nombreux sont les problèmes et conflits qui se manifestent lors du changement de l'échelle de représentation de la carte. Des conflits de niveau local, caractérisés par la non perception des objets au dessous des seuils, la non séparation d'objets identiques, alignés ou non ou bien la non interprétation d'objets. Ces conflits sont liés principalement aux limites de la perception humaine, d'où la nécessité de définir des seuils de perception selon l'échelle de représentation, ce qui demande certains traitements tels que l'amplification, la suppression ou la schématisation.

Les conflits de niveau global sont définis dans le cadre d'une généralisation globale contextuelle, où l'impact de la généralisation d'un objet au niveau local sur son voisinage est étudié. Ces conflits sont caractérisés par le chevauchement ou la superposition de deux objets de type identique tels que deux tronçons de routes ou deux bâtiments. Ce type de conflits nécessite un traitement de déplacement, de suppression ou de fusion. Autre type de conflit global : la superposition d'objets de type différent telle que la superposition d'un tronçon de route avec un tronçon de l'hydro, ou avec un bâtiment.

La généralisation se faisait soit par une dérivation de la base de données géographiques pour générer une base de données cartographiques, et généraliser ces données manuellement pour chaque échelle, soit par une dérivation pour chaque échelle, d'une base de données cartographiques correspondante. Les deux méthodes sont coûteuses en termes de délais et présentent des risques d'erreurs ou d'oublis.

Afin de remédier à ces conflits et dans le but de mettre en place un processus de généralisation automatique et ouvert selon les objectifs à atteindre, l'INCT fournit depuis quelques années, des efforts qui se sont traduits par un programme ambitieux, à travers un partenariat avec les universités et les institutions de recherche, mais aussi à travers une formation de qualité, dont ce travail fait parti. L'objectif est donc la mise en place d'un processus de généralisation cartographique, automatique et paramétrable, ainsi que son intégration dans la chaîne de production cartographique de l'INCT.

II. Objectifs

Cette étude vise la totalité d'un lot de données et non un thème spécifique. Nous nous plaçons en généralisation contextuelle : *« lorsque nous modifions un objet, c'est l'espace entier qui est impacté »* [Ruas 99]. La difficulté technique de l'automatisation du processus de généralisation vient du choix des bonnes procédures à appliquer: lesquelles ? dans quel ordre ? sur quels objets ? [Brassel & Weibel, 1988 ; Shea & McMaster, 1989 ; McMaster & Shea 1998]. Il suffit de faire quelques essais de traitements globaux pour constater une rapide dégradation de l'information due à l'hétérogénéité des formes et des configurations spatiales.

L'objectif, dans une optique de recherche et d'industrie, est de produire, à partir des données géographiques au 1/50 000, une carte au 1/200 000 par le biais du processus de généralisation contextuel, à mettre en place. Ce processus est basé sur une suite d'opérateurs (programmes) de traitement à appliquer aux objets composants la carte et ce, dans un ordre bien défini [Müller & al 93 ; Reg 98] ayant pour objectif d'offrir une meilleure généralisation et traiter tout type de conflits tout en respectant les formes, les relations, la sémantique et l'harmonie globale de l'espace géographique.

III. Processus

Un processus de généralisation vise à généraliser un objet ou un ensemble d'objets en appliquant à ces derniers un ensemble d'algorithmes de généralisation en fonction de l'ordre d'exécution, des

objectifs tracés, de la qualité du produit attendu et des valeurs (seuils) choisies par méthode empirique.

Les premiers processus de généralisation ont été définis au début des années 1990 (Monmonier, 1991; Müller & Wang, 1992 ; Schylberg, 1992 ; Tallis & Mackaness, 1996 ; Peng & al, 1995, etc.) et concernaient seulement quelques thèmes géographiques. Depuis, de nombreux processus de généralisation, plus génériques et pouvant s'appliquer à différents thèmes, ont été proposés. Ainsi, de plus en plus de méthodes automatiques sont utilisées. Nous citons les travaux de : Le Men 1996; Lemarié 2003; Lecordix et al. 1997 et 2007; Touya 2007, Revell 2004; Revell et al. 2005; Regnaud 2007; Regnaud et al. 2007,

Baella et Pla 2003, etc.

Le processus de généralisation cartographique que nous proposons est basé d'une part, sur la modélisation de la base de données d'origine (1/50 000) remodelée pour correspondre aux résultats du processus (base de données 1/200 000), et d'autre part sur le dictionnaire de données en usage à l'INCT.

« Le processus part des besoins exprimés par un utilisateur jusqu'à l'obtention des données généralisées » [Ruas 99].

Le processus de généralisation cartographique proposé, passe par trois étapes principales comme illustré dans le schéma suivant :

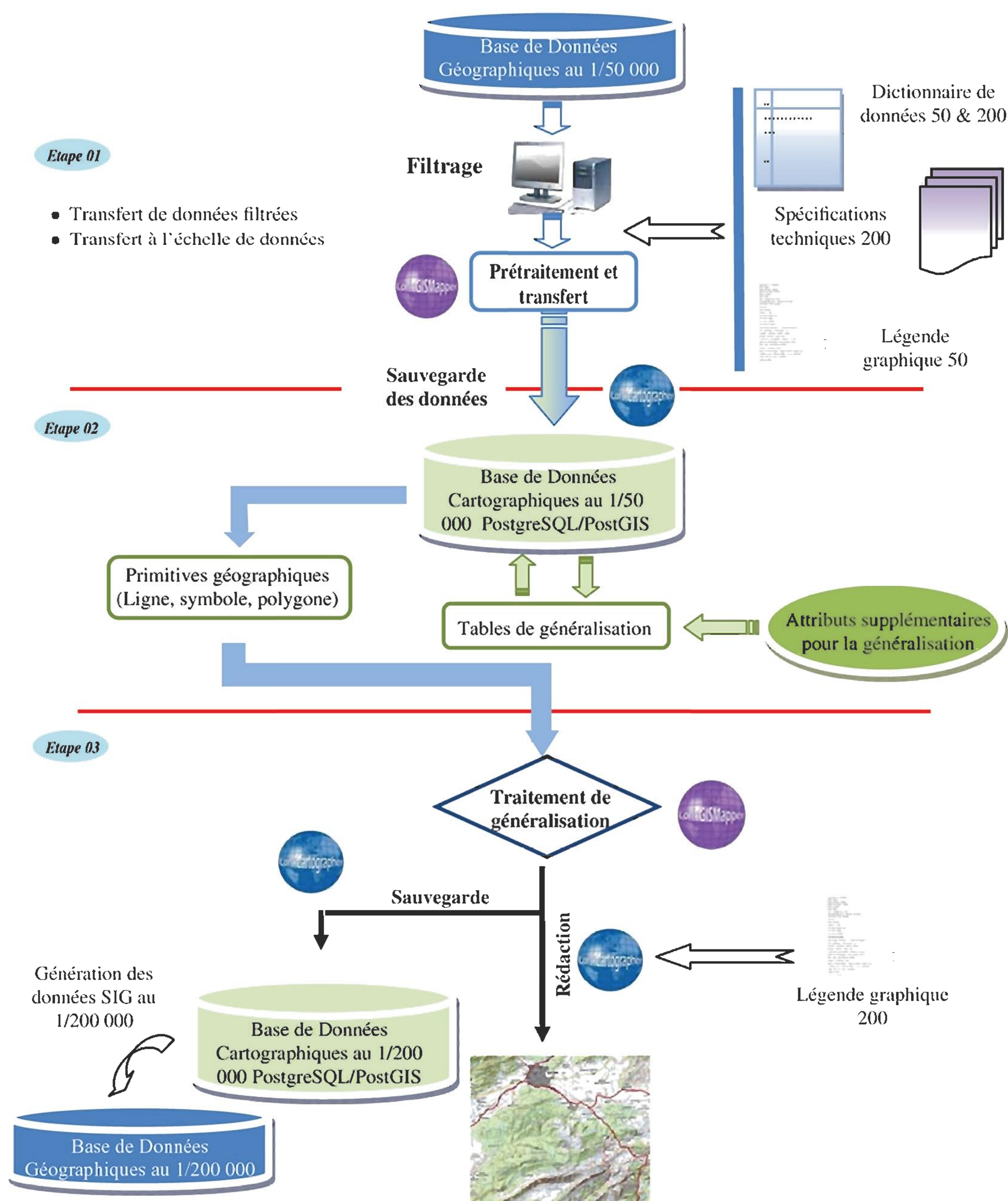


Fig. 1 le processus adopté pour la généralisation 50k – 200k

La première étape du processus consiste à récupérer les données géographiques d'un lot de données au 1/50 000 (15'x15') équivalent à une coupure au 1/200 000 (1°x1°). Ces données subiront un filtrage et des

prétraitements géométriques tels que le filtrage de points, le lissage préliminaire ou bien la connexion des segments d'une route. L'ensemble des données filtrées et prétraitées sont stockées dans une base de données PostgreSQL.

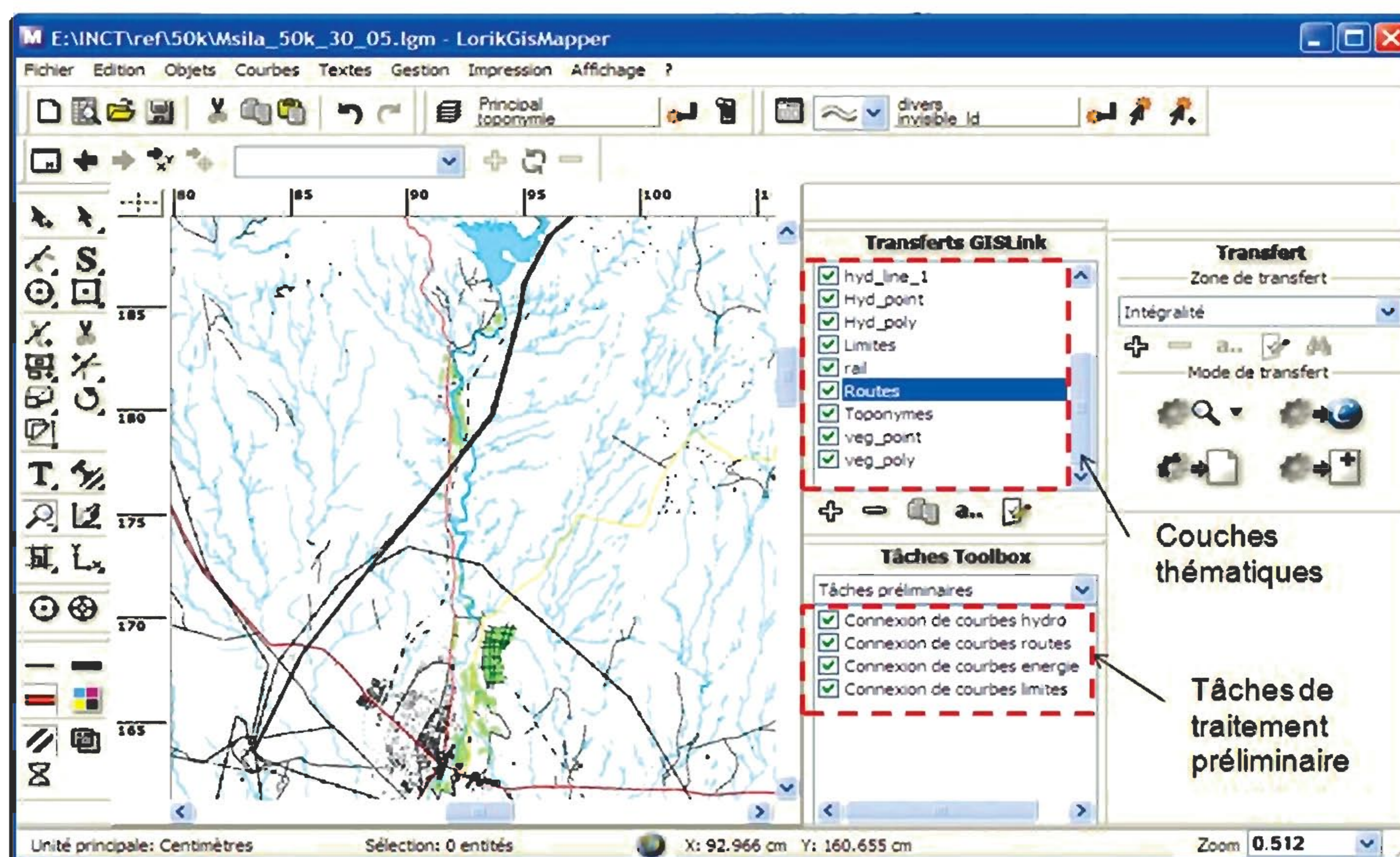


Fig. 2 Interface du transfert des données SIG au 1:50 000

La deuxième étape du processus consiste à ajouter autant d'attributs supplémentaires que nécessaires dans les tables attributaires de chaque objet soumis à la généralisation (figure 3). Ces attributs joueront le rôle de déclencheurs, sous conditions, des différents programmes de traitement de généralisation. Un tronçon de route par exemple, pourra

avoir comme attributs complémentaires, un attribut « filtrage », un attribut « lissage », un attribut « traitement de conflit », etc. Les deux tableaux ci-dessous présentent les attributs complémentaires que nous proposons pour l'enrichissement des tables attributaires relatives aux objets linéaires et surfaciques :

Tableau 1. Attributs complémentaires : cas de lignes

Attributs complémentaires			
Lignes	Filtrage	Lissage	Traitement de conflits
	Conservation Suppression	Point proche Douglas_peucker Gaussien	Faille max (auto conflit, empâtement de virage isolé) Faille min (empâtement de virage non isolé) Déplacement avec priorité (inter conflit, intra conflit) Accordéon (empâtement de série de virages)

Attribut « filtrage » : un tronçon de ligne est conservé ou supprimé (dimension, importance)

Attribut « Lissage » : un tronçon de ligne est lissé par l'un des trois (03) algorithmes (le choix du traitement dépend de l'objectif et la qualité souhaités)

Attribut « traitement de conflits » : un tronçon de ligne peut subir, selon le cas, l'un des quatre (04) traitements.

Tableau 2. Attributs complémentaires : cas de polygones

Attributs complémentaires			
Polygones	Filtrage	Lissage	Traitement de conflits
	Conservation Suppression	Lissage des décrochements	Déplacement avec priorité Amplification Agrégation

Attribut « filtrage » : un polygone est conservé ou supprimé (dimension, importance)

Attribut « Lissage » : les petits décrochements d'un polygone peuvent être lissés en définissant un seuil

du rapport longueur/largeur

Attribut « traitement de conflits » : un polygone peut subir, selon le cas, l'un des trois (03) traitements.

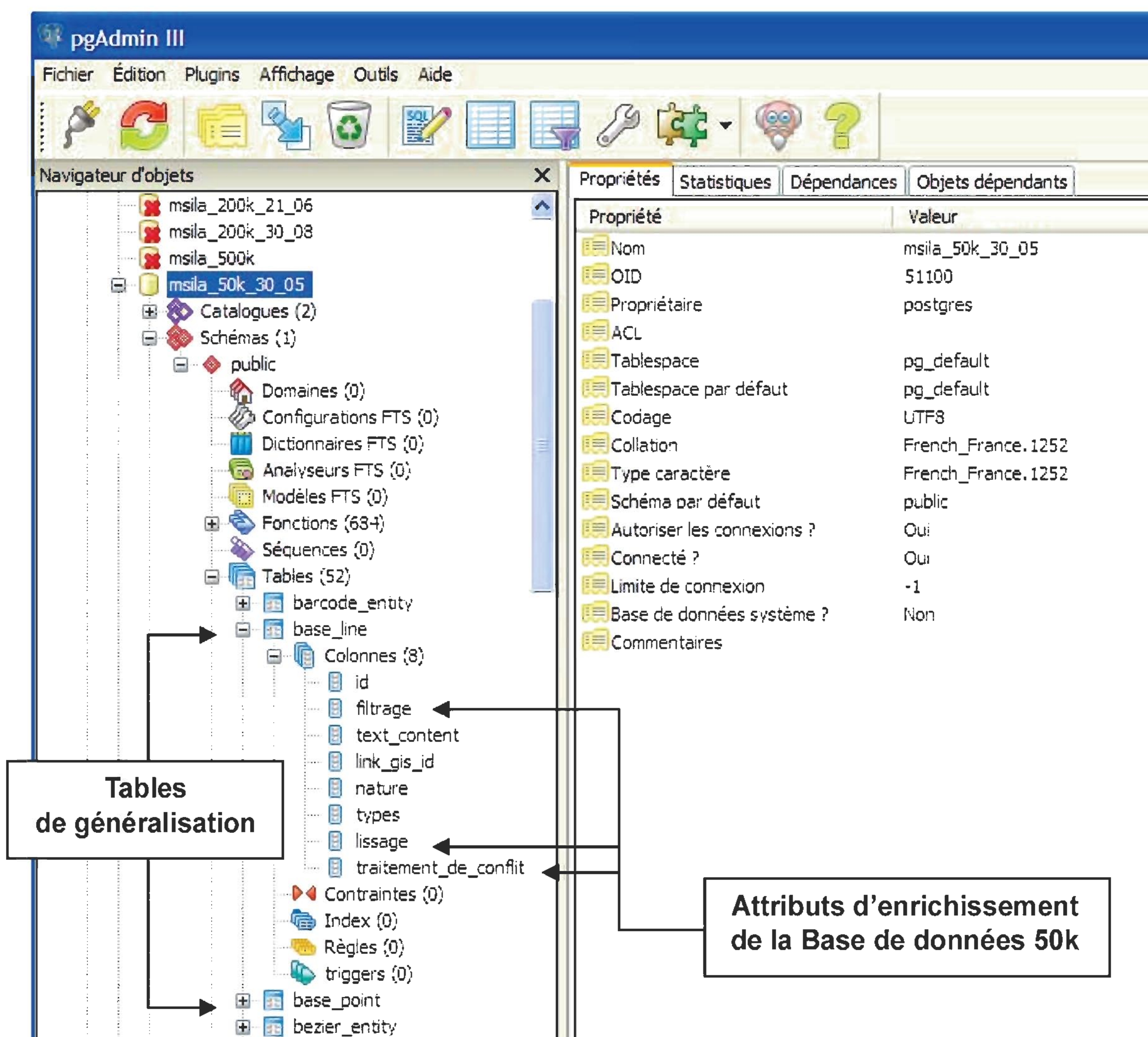


Fig. 3 ajout d'attributs complémentaires dans les tables de la base PostGres

Opérateurs (programmes) de généralisation :

Dans ce contexte, il est indispensable de prévoir tous les cas de figure de conflits pouvant être rencontrés lors de l'opération de généralisation, et proposer pour chaque cas, un ou plusieurs traitements comme valeurs d'attributs complémentaires (dont le paramétrage de chaque programme dépend de l'usage, la précision et l'échelle de représentation) à

appliquer simultanément afin d'avoir un meilleur résultat tout en préservant la qualité, l'exhaustivité et l'harmonie globale de la carte.

Les valeurs correspondant à chaque attribut complémentaire sont les opérateurs (figure 4) à appliquer aux objets soumis à la généralisation. Le système déclenche ainsi automatiquement le traitement correspondant à chaque valeur d'attribut.

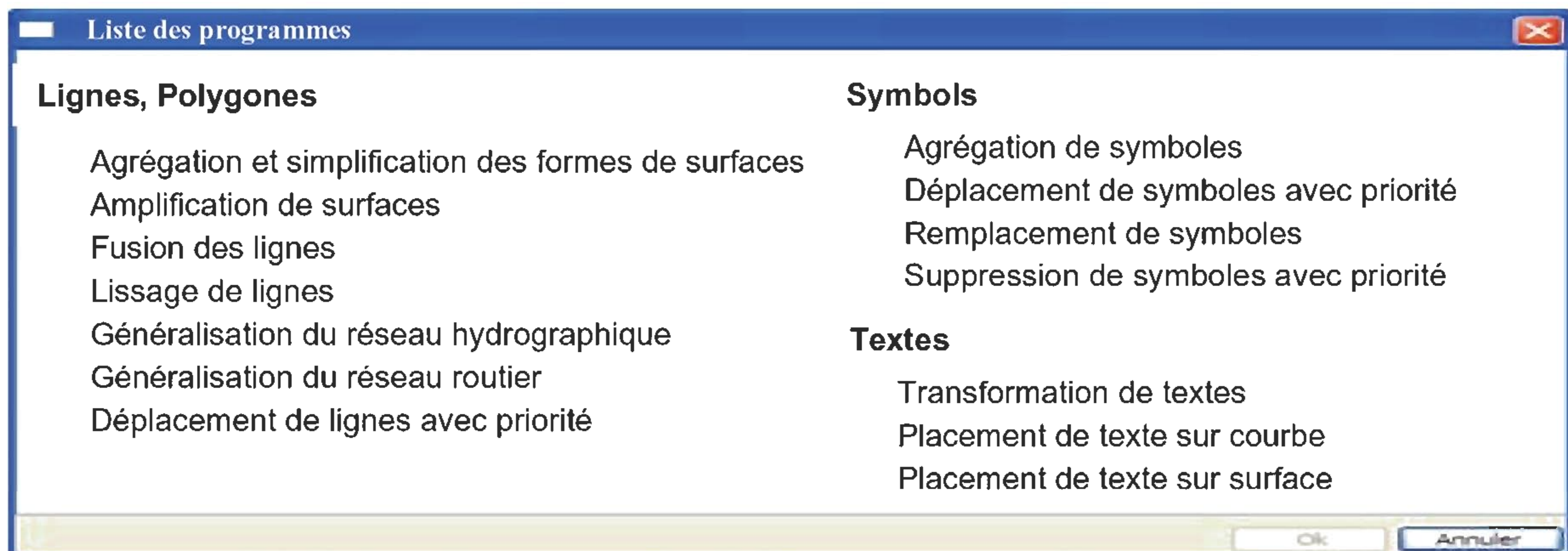


Fig. 4 programmes de généralisation dans le processus adopté

Conflits : sont présents ci-dessous, quelques exemples de conflits rencontrés lors du changement de l'échelle de représentation :

1. Superposition (chevauchement) de deux objets linéaires de nature différente



Fig. 5 Non séparation des objets très proches

Dans cette figure, deux conflits sont identifiés. Le premier se traduit par une difficulté de distinction entre la route et le cours d'eau, du fait que la distance qui les séparent est au dessous du seuil de visibilité. Ce même seuil rend impossible de savoir, pour le deuxième conflit, s'il s'agit bien de plusieurs lignes électriques ou d'une seule. Un traitement de déplacement de la route pour le premier cas, et une fusion des lignes pour le deuxième cas, auront à supprimer ces conflits.

2. Forte densité de constructions au niveau d'une agglomération

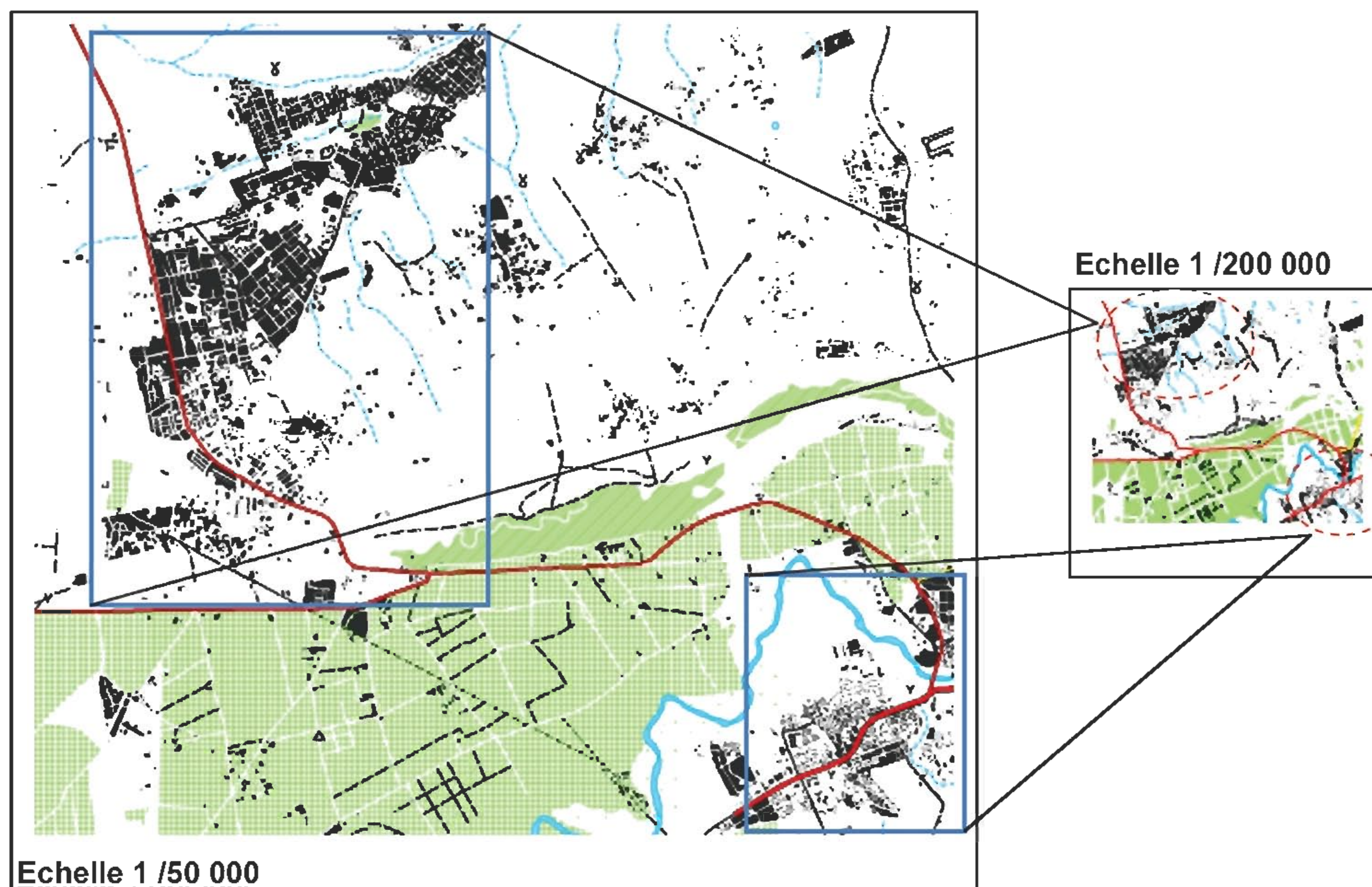


Fig. 6 Forte densité au niveau des agglomérations

Les agglomérations représentées à l'échelle 1/200 000 présentent un conflit de non perception et de non distinction entre constructions, du à la forte densité de ces dernières. Le dit conflit ne se manifeste pas à l'échelle 1/50 000 puisque les objets ont été restitués à cette échelle de représentation. Pour y remédier, un traitement d'agrégation des constructions doit être appliqué.

3. Empâtement d'un virage isolé

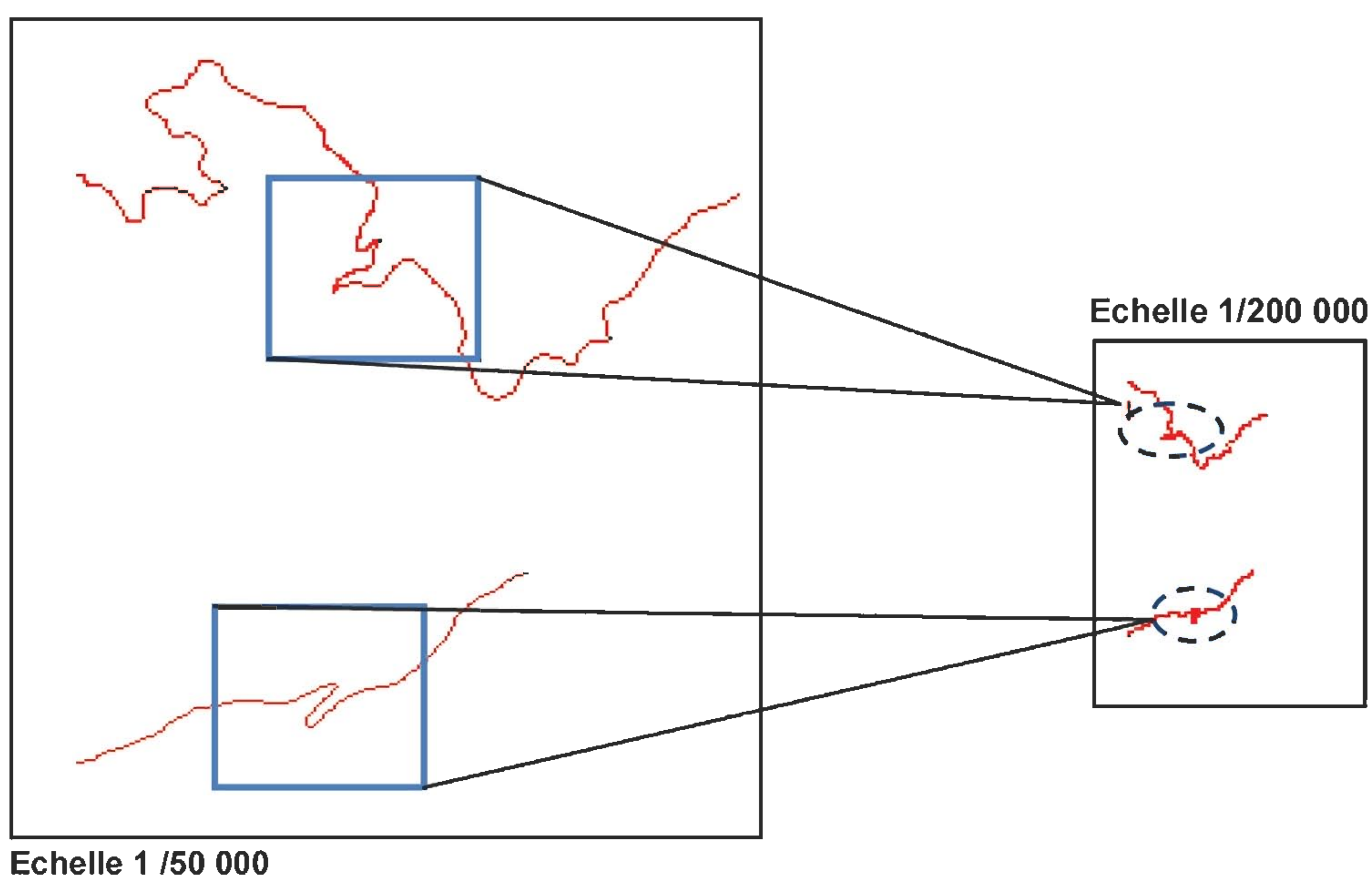


Fig. 7 Empâtement d'un virage isolé

Dans ces deux exemples (figure 7), nous remarquons clairement que la forme du virage isolé n'est pas identifiable dans la représentation au 1/200 000, contrairement à son allure à l'échelle 1/50 000. La solution serait d'écarter ces virages tout en préservant la forme globale de la route.

4. Empâtement d'une série de virages

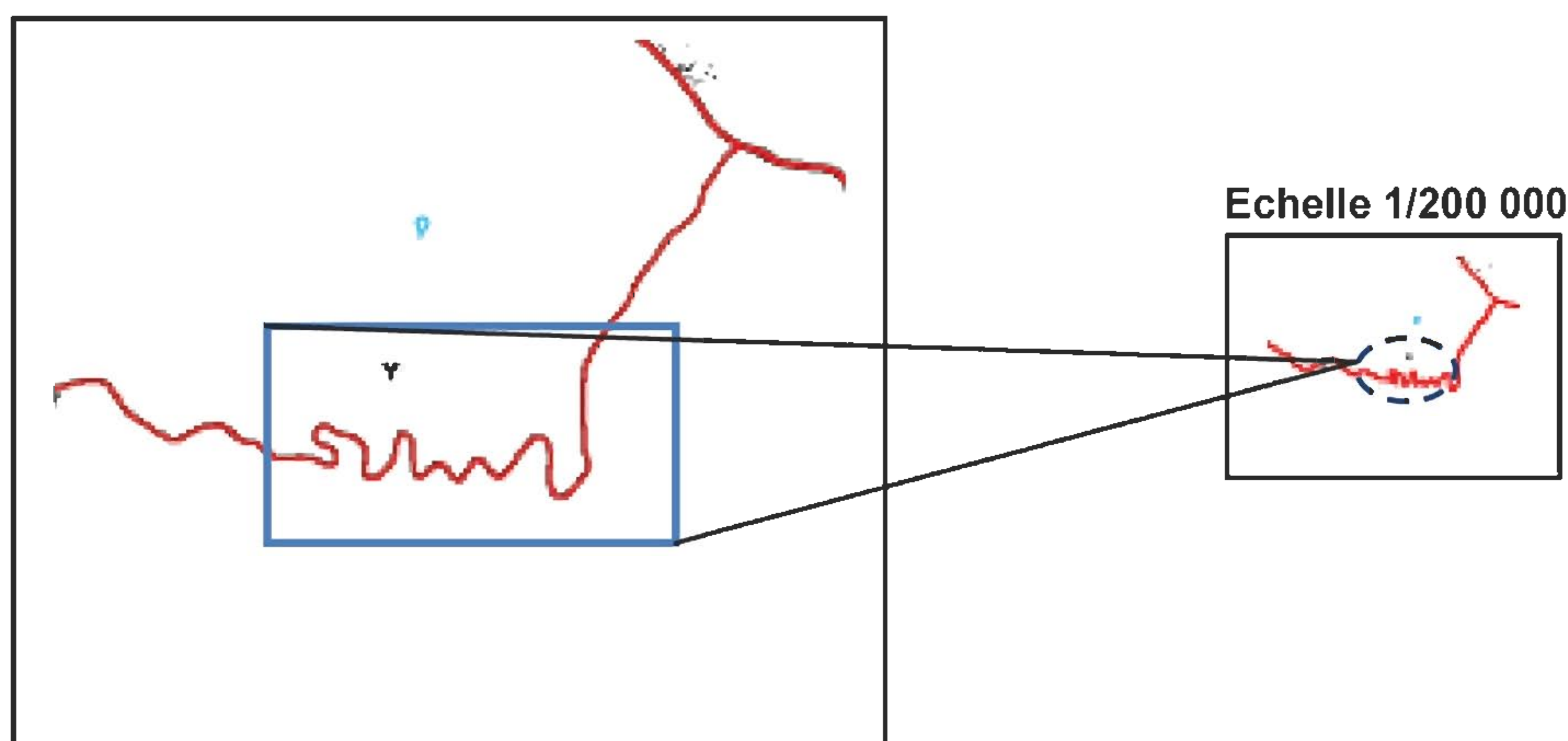


Fig. 8 Empâtement d'une série de virages

La forme de la série de virages (figure 8) n'est pas lisible dans la représentation au 1/200 000, contrairement à son allure à l'échelle 1/50 000.

Traitement de conflits :

Les opérateurs (programmes) de traitement et de généralisation permettront de traiter tout type de conflit se manifestant lors du changement de l'échelle de représentation. Le processus consiste à enchaîner ces opérateurs dans un ordre bien défini selon un modèle statique [Müller & Wang 91 ; Reg 98] et avec un paramétrage spécifique au besoin escompté (zone du nord, zone du sud, l'usage du produit,...).

« La présence de conflits cartographiques constitue des conditions qui doivent déclencher un traitement de généralisation. Ces conflits doivent pouvoir être détectés grâce à des mesures. Pour savoir quel algorithme est alors approprié pour résoudre un conflit donné et avec quelles valeurs paramétriques, il faut avoir préalablement étudié les algorithmes dont on dispose pour connaître leurs conditions d'application : "Once candidate algorithms exist, they should be assessed in terms of their applicability to specific generalization requirements" [Shea et McMaster 1989, p.61]. » [Duchene, 2004 p30].

Un enchaînement d'opérateurs :

« Des tests d'utilisation des algorithmes existants montrent la nécessité d'enchaîner de nombreux algorithmes pour réaliser une généralisation satisfaisante » [Ruas, 98b ; Regnaud, Edwardes et Barrault 99 ; Mustière 2001].

Un ordre d'exécution :

« L'approche par séquence prédéfinie systématique consiste à prédéfinir des séquences figées d'algorithmes à déclencher pour chaque classe d'objets. Les algorithmes sont ensuite appliqués automatiquement les uns après les autres aux objets de chaque classe. Dans cette approche, les algorithmes appliqués prennent en compte uniquement le type des objets et éventuellement certaines de leurs valeurs attributaires. » [Mustière 2001].

[Regnaud, 98] propose le séquençement suivant, qui s'applique au bâti :

- déplacement (par rapport au routier)
- sélection et dilatation
- simplification des contours
- fusion du bâti
- nouvelle simplification de contours

..... Et à l'INCT

Une liste d'opérateurs de généralisation est définie dans le processus. Ce dernier repose sur un séquençement prédéfini, et peut enchaîner à la fois plusieurs traitements qui s'appliquent à un ou plusieurs objets.

Pour le linéaire :

- filtrage : préservation ou suppression d'objets par nature/dimensions) ;
- lissage : suppression de points pour alléger la ligne provenant de la restitution ; suppression de points par comparaison (point_proche) ; Douglas & Peuker;
- déplacement avec priorité – triangulation de Delaunay ;
- fusion de lignes proches, de même nature (remplacement par une ligne médiane) ;
- écartement de virages isolés (solution hybride) ;

Pour le surfacique :

- filtrage : préservation ou suppression d'objets par nature/dimensions) ;
- déplacement du bâti (sur le linéaire) – triangulation de Delaunay ;
- agrégation par remplissage – triangulation de Delaunay ;
- lissage : simplification de contours (solution hybride);
- lissage : suppression des pics ;
- amplification de surfaces isolées, au dessous de la perception (buffer).

Pour le ponctuel :

- filtrage : préservation ou suppression d'objets par nature ;
- déplacement avec priorité - triangulation de Delaunay ;
- agrégation par déplacement/remplacement ;

Un paramétrage spécifique :

La méthode empirique que nous avons adoptée dans nos travaux montre la dépendance du choix des valeurs (seuils) utilisées, aux besoins cartographiques et aux objectifs à atteindre par le processus mis en place. En effet, le producteur de la carte en sa qualité de cartographe, peut juger le résultat de sa généralisation par rapport à ses attentes, et peut s'exprimer sur les limites de cette dernière.

En allant de ce principe, et suite à une série de tests de généralisation d'un espace géographique entier, les seuils de nos traitement ont été fixés et ce, toujours par rapport à nos attentes et nos besoins d'ordre cartographique.

Exemple d'opérateurs paramétrables :

L'ensemble des programmes (opérateurs) de généralisation intégrés dans notre processus, ont été définis sur la base des algorithmes connus dans l'univers de la généralisation. Adaptés aux besoins de la production cartographiques et enrichis par des solutions spécifiques, ces algorithmes ont été codés en langage informatique C++, en partenariat avec la société Lorienne-France, développeur de solutions cartographiques. Nous présentons, dans ce qui suit, quelques exemples de ces opérateurs :

Agrégation de surfaces (conflit de forte densité) :

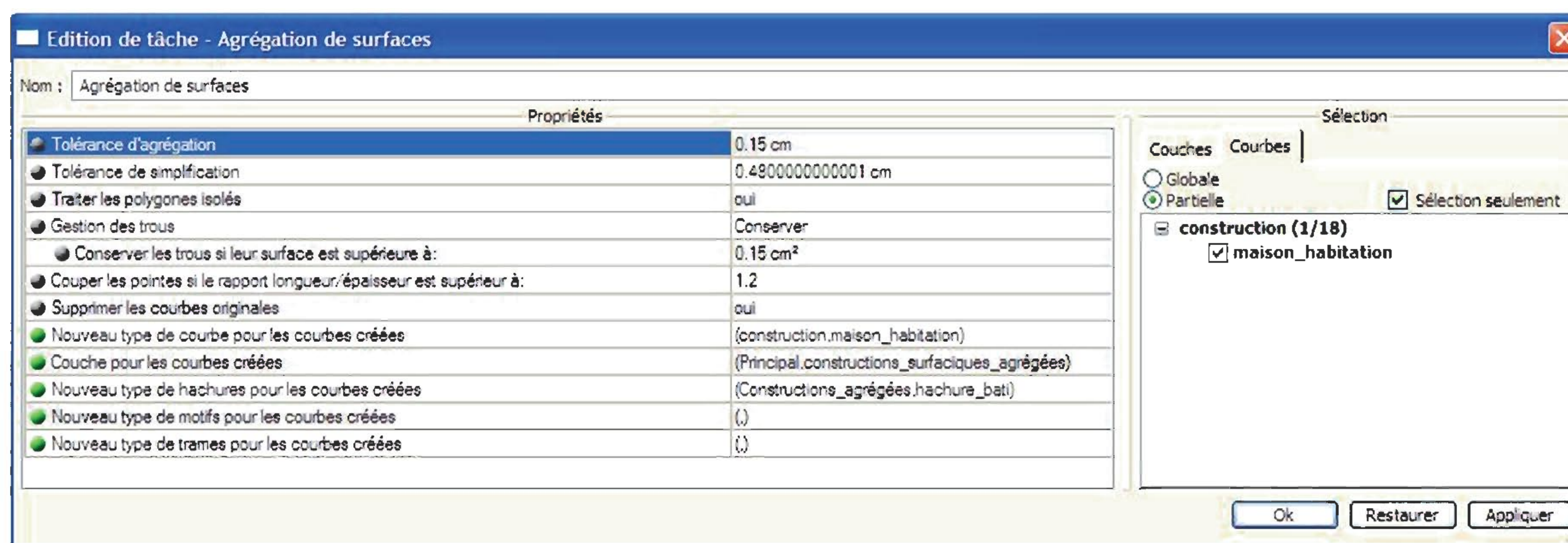


Fig. 9 interface de paramétrage de l'opérateur « Agrégation de surface »

Tolérance d'agrégation : Valeur qui définit la tolérance de recherche pour déterminer quels polygones doivent être agrégés (ceux qui sont éloignés d'une valeur de distance au dessous de la tolérance) ;

Tolérance de simplification : Valeur qui définit la tolérance de simplification sur les polygones

résultants (cette tolérance est comparée à un rapport $R = [Distance\ A-O + Distance\ O-B] / Distance\ A-B$ (*). ce traitement se déclenche si R est supérieur à la tolérance) ;

(*) : A : premier point du tronçon ; B : deuxième point du tronçon ; O : point le plus haut par rapport à la base A-B.

Traitement des polygones isolés : Comportement des polygones isolés, c'est-à-dire les polygones qui ne seront pas agrégés (éloignés d'une valeur de distance supérieur à la tolérance d'agrégation):

- oui: les paramètres s'appliqueront aux polygones isolés.
- non: aucune modification ne sera apportée aux polygones isolés.

Un polygone est considéré isolé s'il n'est pas agrégé avec d'autres.

Gestion des trous : Comportement eu égard aux trous:

- **ignorer:** les trous sont ignorés et ne seront donc pas récupérés ;
- **conserver:** les trous sont récupérés et conservés si leur surface est supérieure à la valeur définie dans le paramètre "Conserver les trous si leur surface est supérieure à: ".

Couper les pointes si le rapport longueur/épaisseur est supérieur à: Les pointes seront coupées si le rapport entre la longueur de la pointe et son épaisseur est supérieur à la valeur renseignée.

Agrégation de points (conflit de forte densité) :

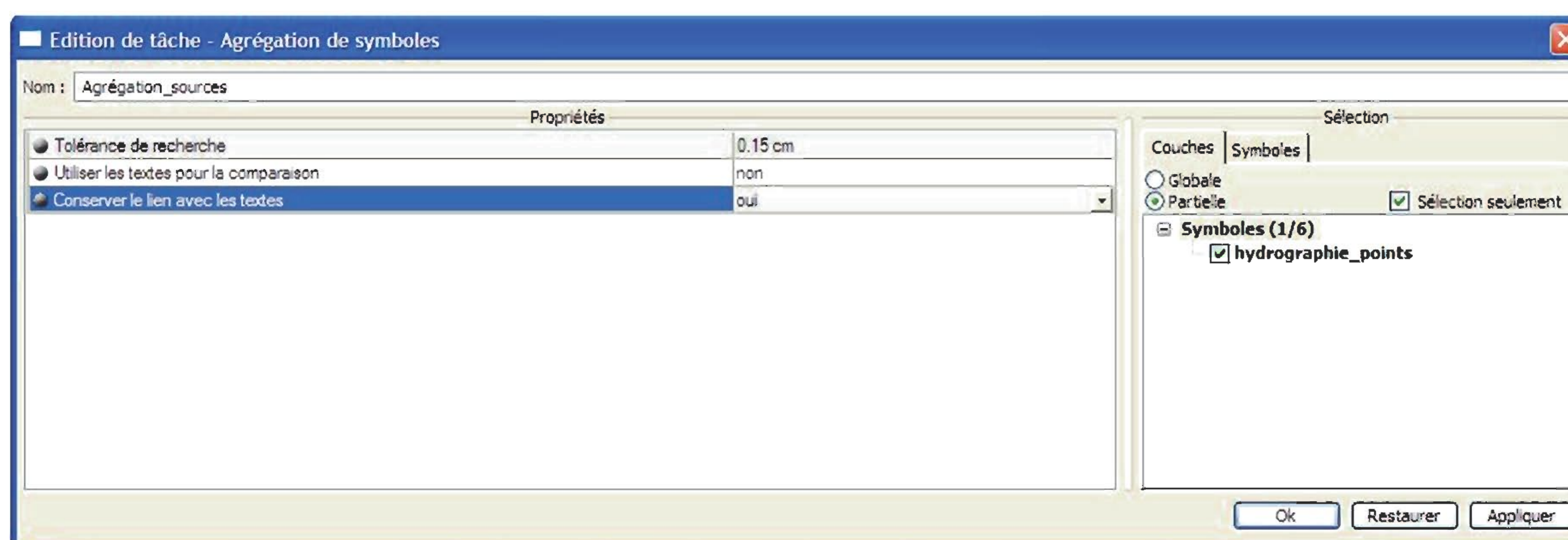


Fig. 10 interface de paramétrage de l'opérateur « Agrégation d'objets ponctuels »

Tolérance de recherche : Quand deux ou plusieurs symboles identiques sont placés à une distance inférieure à cette valeur, ces symboles sont agrégés et donc remplacés par un seul. La tolérance de recherche est calculée à partir du point d'insertion du symbole.

Utilisation des textes pour la comparaison : Si ce paramètre est fixé à "oui", c'est la valeur du texte associé à chaque symbole qui déterminera si les symboles doivent être agrégés ou non: si les textes sont différents, les symboles, même contenus dans la tolérance, ne sont pas agrégés.

Si ce paramètre est fixé à "non", les symboles sont agrégés dans tous les cas, dès lors qu'ils sont contenus dans la tolérance.

Conservation du lien avec les textes : Si ce paramètre est fixé à "oui", les textes identiques seront remplacés par un seul. Si ce paramètre est fixé à "non", les textes existants conservent leur position initiale.

Fusion des lignes très proches (conflit de non séparation) :

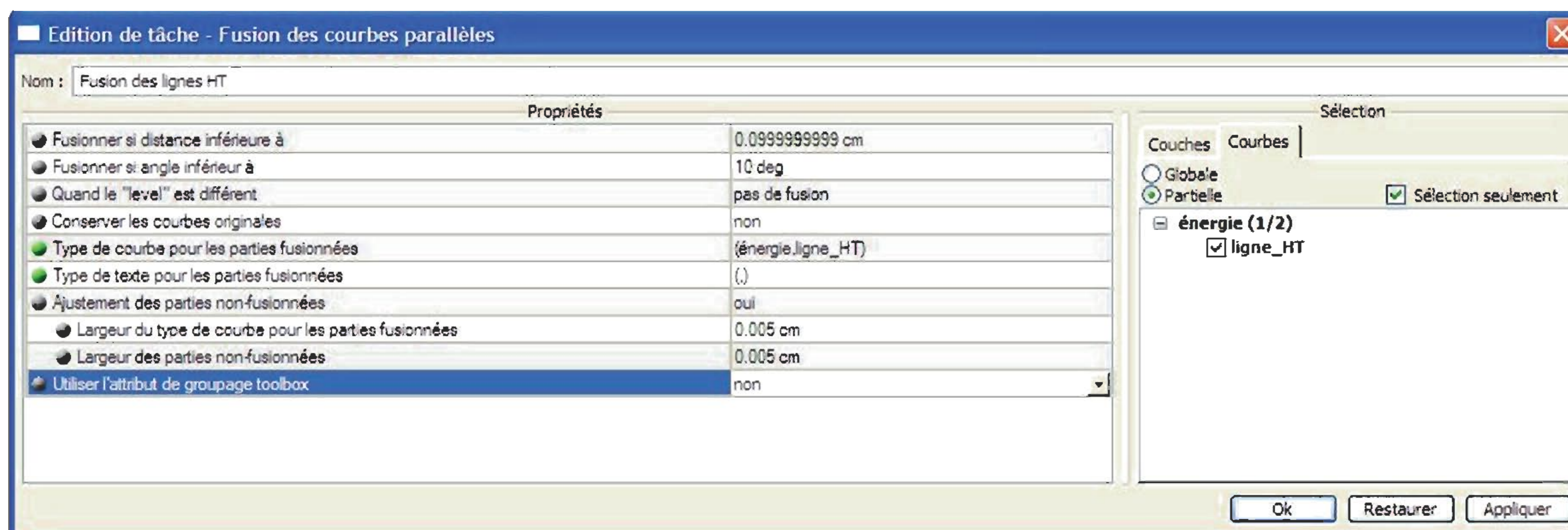


Fig. 11 interface de paramétrage de l'opérateur « Fusion des lignes parallèles »

Fusionner si distance inférieure à : Distance maximum pour considérer deux lignes parallèles comme devant donner naissance à une courbe moyenne.

Fusionner si angle inférieure à : Angle limite pour

considérer deux segments comme non parallèles. Au-delà de cet angle, les lignes ne pourront pas être réunies pour la portion correspondante.

Amplification de surfaces (petites surfaces) :

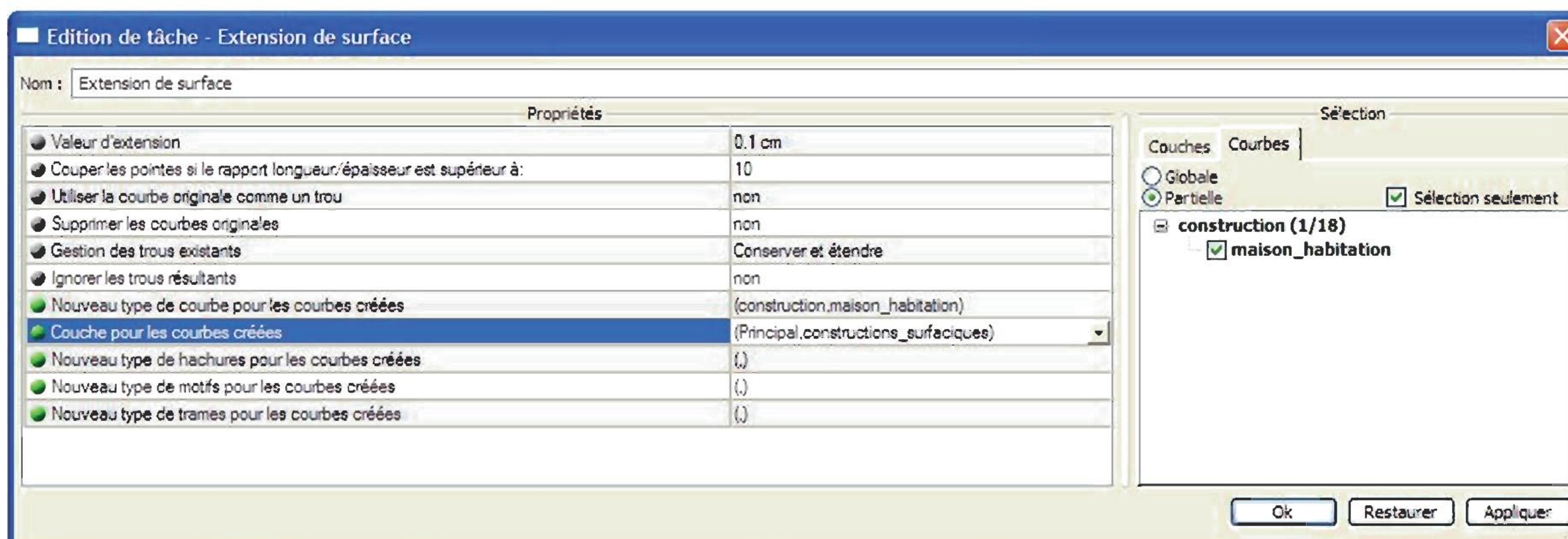


Fig. 12 interface de paramétrage de l'opérateur « Amplification de surfaces »

Valeur d'extension : Valeur qui définit la largeur du buffer à l'extérieur de la surface originale.

Couper les pointes si le rapport longueur/épaisseur est supérieur à : Les pointes seront

coupées si le rapport entre la longueur de la pointe et son épaisseur est supérieur à la valeur renseignée.

Lissage de lignes (élimination des sinuosités) :

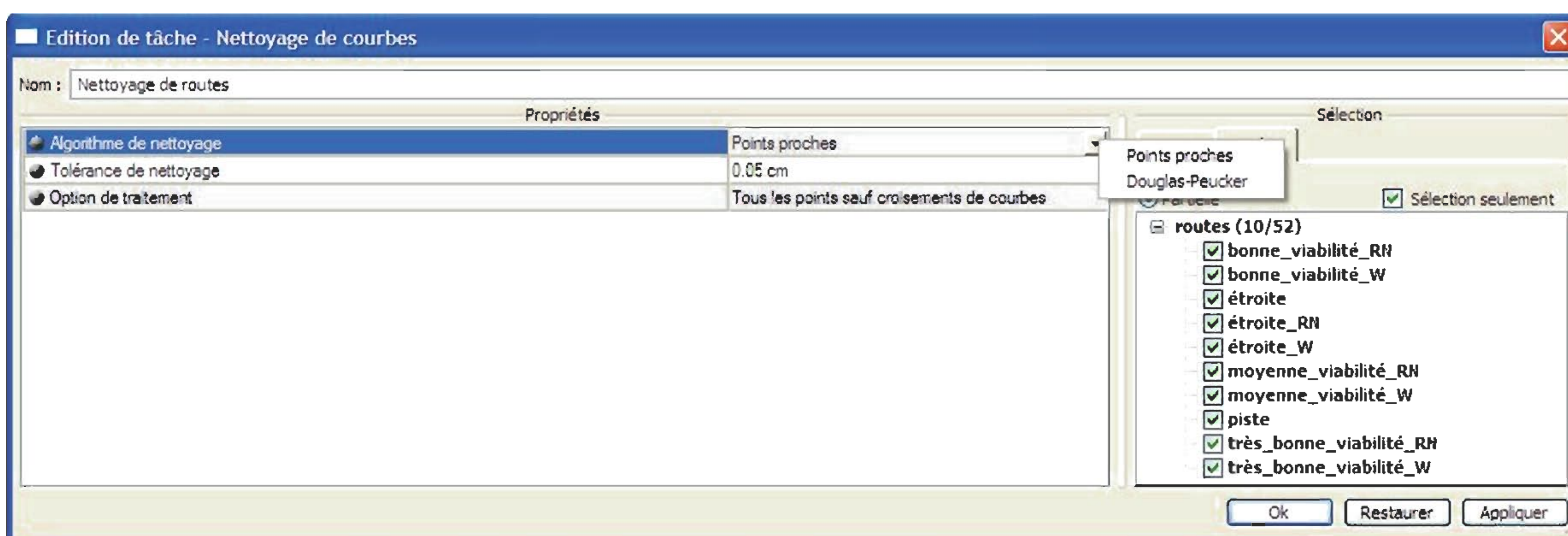


Fig. 13 interface de paramétrage de l'opérateur « Lissage des lignes »

Tolérance de nettoyage (lissage) : Ce paramètre a une notion différente en fonction de l'algorithme choisi.

Option de traitement : Permet de définir des exceptions pour la suppression des points :

- Tous les points : il n'y a pas d'exception.
- Tous les points sauf croisement de courbes : les points reconnus comme connectés, c'est-à-dire formant un croisement, ne seront pas supprimés.

- Tous les points sauf angles aigus : si l'angle est supérieur à celui défini par "Valeur mini pour les angles aigus" le point n'est pas supprimé.

Opérateurs - Résultats de traitement :

Sont classées ci-dessous, les opérateurs de généralisation (voir 3^{ème} étape-Traitement de conflits) par ordre d'exécution dans le processus.

<p>Filtrage du linéaire et connexion de tronçons du linéaire Lissage du linéaire Déplacement du linéaire avec priorité Fusion de lignes proches (ou parallèles) Ecartement de virages isolés et séries de virages</p>
<p>Déplacement du bâti (sur le linéaire) Agrégation du bâti par remplissage (englobe le lissage de contours et la suppression des pics) Amplification (buffers) ou remplacement de surfaces isolées par des symboles ponctuels</p>
<p>Déplacement du ponctuel avec priorité Agrégation du ponctuel par déplacement Suppression du ponctuel avec priorité</p>
<p>Placement du texte (sur courbe, à plat, sur surfaces)</p>



Les conflits ainsi que les résultats du séquençage ci-dessus, sont présentés dans les figures 14 et 15.

Résultats de traitements :

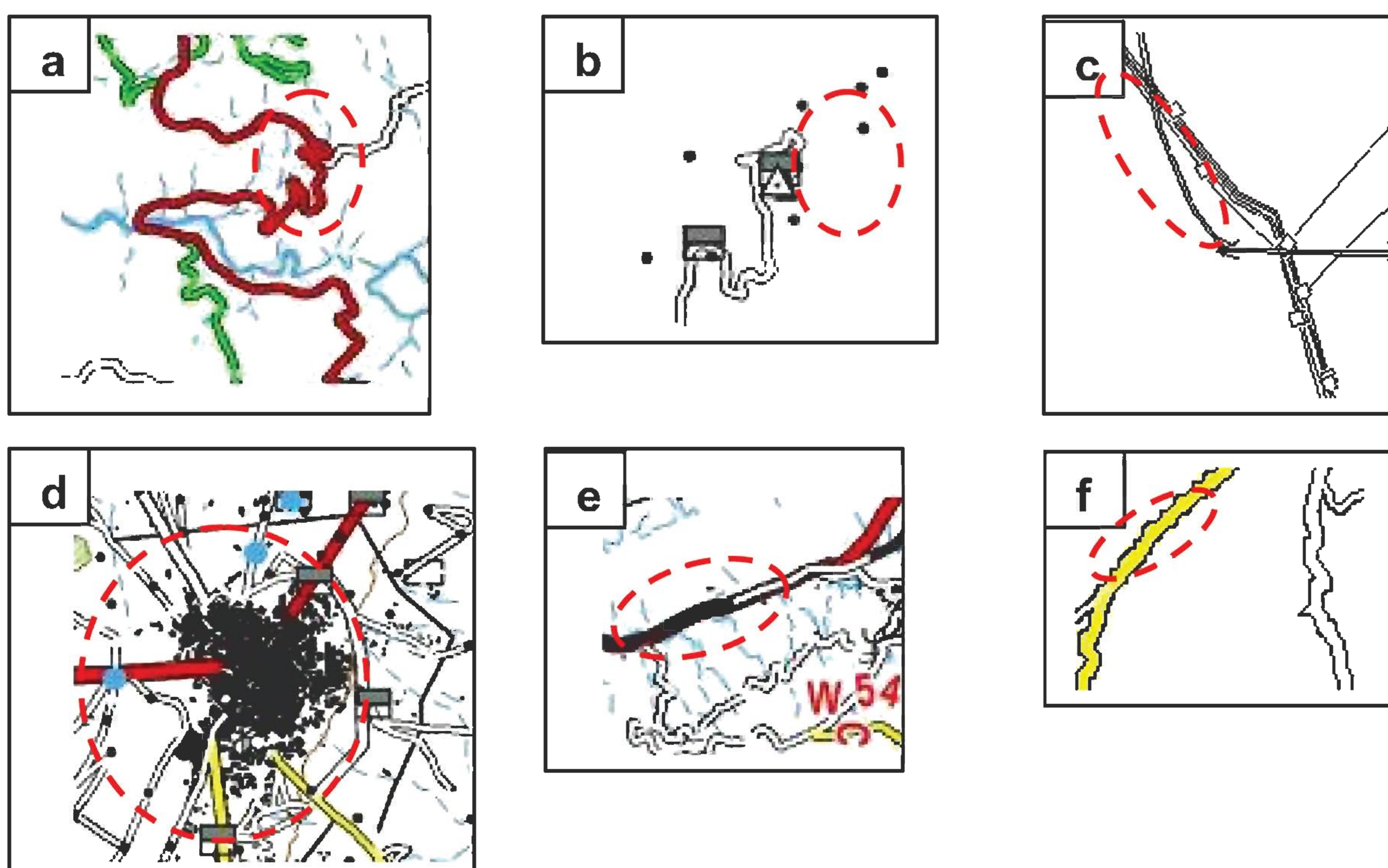


Fig. 14 quelques extraits de carte au 1 :200 000, avant généralisation
 (a) : empâtement de virages ; (b) : superposition d'objets ponctuels de nature différente
 (c) : non séparation entre lignes ; (d) : forte densité de bâti
 (e) : superposition d'objets linéaires de nature différente ; (f) : lignes sinucuses

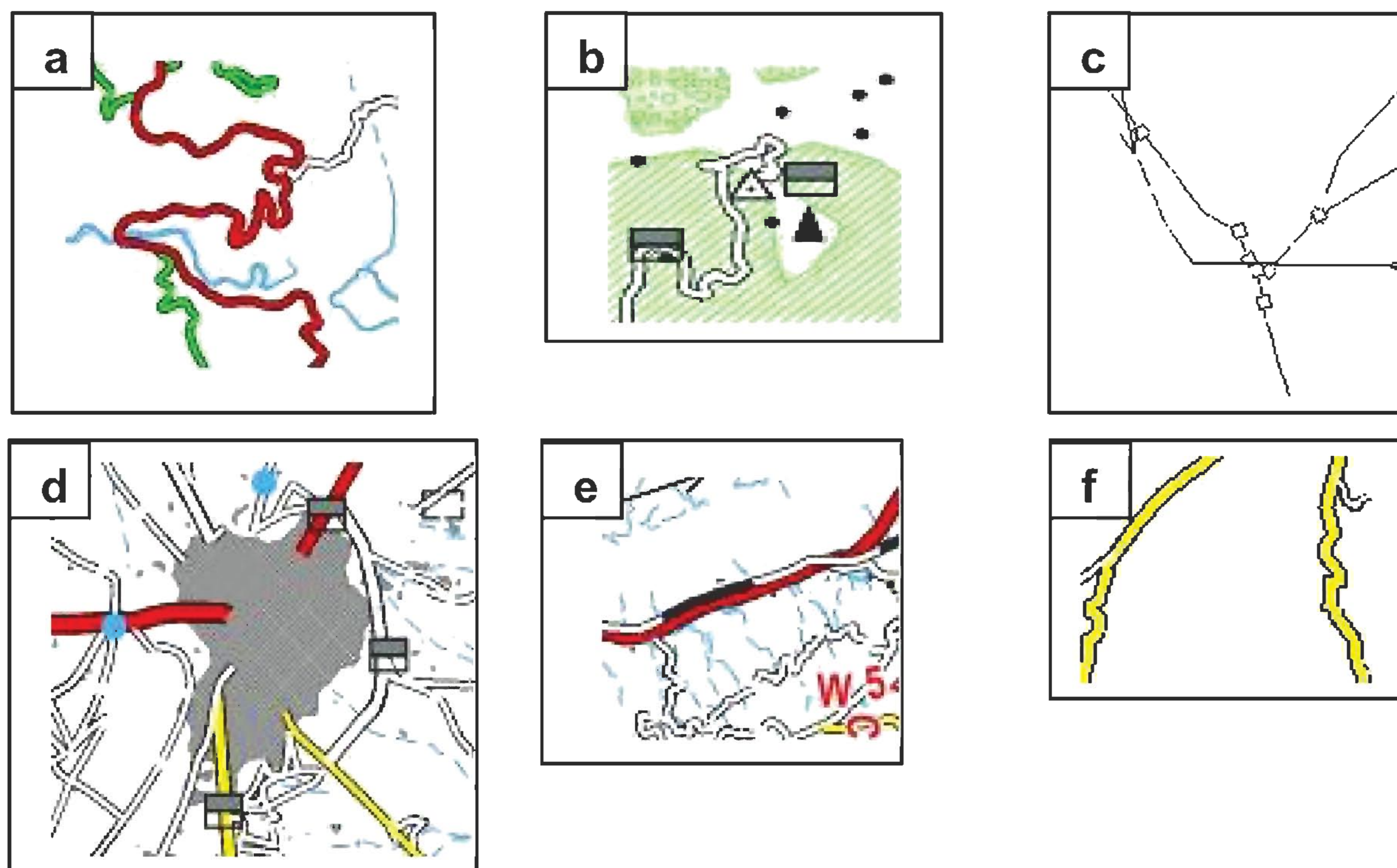


Fig. 15 quelques extraits de carte au 1 :200 000, après généralisation

- (a) : Ecartement de virages isolés (solution basée sur un traitement par triangles) ;
- (b) : Déplacement de symboles ponctuels avec priorité (triangulation de Delaunay) ;
- (c) : Fusion des lignes électriques HT (création de lignes médianes) ;
- (d) : Agrégation de bâti (triangulation de Delaunay – agrégation par remplissage) ;
- (e) : Déplacement du linéaire avec priorité (triangulation de Delaunay) ;
- (f) : Lissage du linéaire (point_proche).

Evaluation des résultats :

« La difficulté de l'automatisation de la généralisation n'est pas uniquement dans la conception d'algorithmes de transformation, mais dans l'analyse et l'information des critères qui permettent de comprendre et d'identifier la valeur informative des objets » [Ruas 2002].

Selon [BARD 2004] : « Une bonne généralisation est une généralisation de qualité ». Cette définition nous amène à définir, pour mieux comprendre, « la qualité ».

[ISO 94] la définit comme « l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ». A partir de là, il est indispensable d'arrêter les spécifications (document qui prescrit les exigences auxquelles le produit doit se conformer) et d'évaluer, par la suite, la conformité du produit à sa spécification».

Parmi les approches on notera celles qui reposent sur les principes du contrôle qualité comme les travaux d'Ehrlholzer (1995) ou d'Harrie (2001). Cependant, et loin de ces approches d'évaluations quantitatives - qui, dans l'ensemble, s'articulent sur le choix d'un

degré de violation des contraintes, jouant le rôle de déclencheur d'une alerte de mauvaise qualité de généralisation, - nous avons opté pour évaluer les résultats de notre généralisation, selon la démarche suivante :

- un contrôle visuel : le cartographe évalue visuellement le résultat en le comparant à l'état initial (données au 1/50 000) et ce, afin de procéder à un contrôle quantitatif ;
- un contrôle basé sur les données de référence : les spécifications techniques de l'échelle de destination (après généralisation), les contraintes de visibilité et de préservation, et les seuils de validation ou de rejet.

IV. Conclusion et perspectives

Cette étude a porté sur le principe de généralisation contextuelle des objets traités. Nous avons constaté que l'utilisation de plusieurs opérateurs de généralisation dans un seul algorithme renforce l'efficacité d'une généralisation cartographique. Néanmoins, cette pluralité n'est pas suffisante car l'ordre d'exécution de ces opérateurs influe directement sur les résultats de traitement.

Les tests ont démontré qu'il était essentiel de pouvoir réordonner les opérateurs, les traitements à appliquer étant fonction : du relief, de la distribution spatiale, des objets géographiques et des objectifs du traitement.

Le processus que nous avons mis en place permet à tout moment au cartographe, de réordonner les traitements et de modifier le paramétrage de chacun d'eux (système ouvert).

Nous avons apporté une pièce nécessaire à la constitution d'un système de généralisation cartographique opérationnel et facilement intégrable dans le processus de production cartographique de l'INCT, bien qu'il ne résolve qu'une petite partie des problèmes soulevés dans le domaine de la généralisation dans son ensemble.

Nous suggérons comme perspectives les points suivants :

1. d'autres extensions sont possibles et d'autres conflits seront étudiés ;
2. les limites de généralisation utilisées ne sont pas forcément les limites réelles du producteur de la carte (par rapport aux résultats présentés). En effet, l'ensemble des contraintes, des conditions et des seuils de traitement utilisés dans ce travail, ont été définis par méthode empirique pour tester le processus. Les limites finaux seront fixés en collaboration avec les experts cartographes de l'INCT ;
3. le processus mis en place peut être adapté à une généralisation 200k – 500k ou autre.

L'automatisation de la généralisation cartographique reste un des principaux défis en recherche dans le domaine de la cartographie automatique. Cette étude montre la difficulté de son automatisation, du fait qu'il est difficile d'imiter une démarche parfois subjective et intuitive. Ceci explique pourquoi de nos jours, aucun logiciel SIG n'a réussi à traiter efficacement l'ensemble des problèmes de généralisation.

Références bibliographiques

Bard S., 2004 : Méthode d'évaluation de la qualité de données géographiques généralisées : Application aux données urbaines

Duchêne C., 2001 : Road generalisation using agents, in Proceedings of the 9th GIS/UK Conference, Glamorgan (Pays de Galles), laboratoire COGIT, IGN-SR 01-001/S-COM-CD, 2001.

Duchêne C., 2004 : Généralisation cartographique par agents communicants : le modèle CartaCom.

Thèse de doctorat, Paris 2004.

Fritsch, 1997 E.: Représentations de la géométrie et des contraintes cartographiques pour la généralisation du linéaire routier, thèse de Doctorat de l'Université de Marne-la-Vallée, spécialité : Sciences de l'Information Géographique, soutenue le 12 décembre 1997, laboratoire COGIT, IGN-SR 970008/S-THE, 1997.
http://recherche.ign.fr/labos/cogit/pdf/THESES/FRITSCH/These_Fritsch_1997.zip

Gaffuri J. 2008 : Généralisation automatique à base d'opérations discrètes et continues pour la prise en compte des thèmes champ : le modèle GAEL, Thèse de l'université Paris Est. Disponible sur le site web de l'IGN :
http://recherche.ign.fr/labos/cogit/pdf/THESES/GAFFURI/these_gaffuri.pdf

Hamini N. 2008 : Résolution des conflits cartographiques dans un entrepôt de données spatiales par un nouveau système de généralisation basé sur une approche combinée. Thèse de magistère, Alger 2008.

Hangouet J.F, 1998 : Approche et méthodes pour l'automatisation de la généralisation cartographique : Application en bord de ville. Thèse de doctorat, Paris 1998.

Lecordix F, Plazanet C. and Lagrange J.-Ph., 1997 : Platform for Research in Generalization (a) : Application to Caricature. GeoInformatica, 1997.

Mackaness W., Ruas A., and Sarjakoski T., 2007: Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications. Elsevier, Paris 2007.

Müller JC, Wang Z., 1992: Area-patch generalisation: a competitive approach, The Cartographic Journal 29(2).

Mustière S., 2001: Apprentissage supervisé pour la généralisation cartographique. Thèse de doctorat, Paris 2001.
http://recherche.ign.fr/labos/cogit/pdf/THESES/MUSTIERE/These_Mustiere_2001.pdf

Mustière S., J.-D. Zucker and L. Saitta, 2000 : Abstraction et Changement de Langage pour Automatiser la Généralisation Cartographique, in Actes du 11^{ème} congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA), Paris, 2000.

Mustière S. & F. Lecordix, 2002 : La généralisation du linéaire routier : des algorithmes et leur enchaînement, Généralisation et représentation multiple, dir. Anne Ruas, Hermès Lavoisier.

Plazanet, C. 1996 : Enrichissement des bases de données géographiques: analyse de la géométrie des objets linéaires pour la généralisation cartographique (application aux routes). Thèse de l'université de Marne La Vallée, Laboratoire COGIT. Disponible sur le site web de l'IGN : http://recherche.ign.fr/labos/cogit/pdf/THESES/PLAZANET/These_Plazanet_1996.zip

Regnauld N. 1998 : Généralisation du bâti: structure spatiale de type graphe et représentation cartographique. Thèse de doctorat, Paris 1998.

Ruas A. 1999 : Modèle de généralisation de données géographiques à base de contraintes et d'autonomie, thèse de Doctorat de l'Université de Marne-la-Vallée (France), spécialité : Informatique et Sciences de l'Information Géographique, laboratoire COGIT, IGN-SR 990009/S-THE, soutenue le 9 avril 1999.

Ruas A. 2002 : Généralisation et représentation multiple. Hermès Lavoisier, Paris 2002.

Ruas A. et J.P. Lagrange, 1992 : ETAT DE L'ART EN GENERALISATION. Rapport interne, Institut Géographique National.