

**Ressources naturelles Canada
Géomatique Canada
Centre d'information topographique
Contrat 23258-055970/001/MTB**

**Guide d'interprétation visuelle des entités géographiques naturelles
à partir des images ETM+ de Landsat et des photographies
aériennes : neige et glace permanentes**

**Léo Provencher et Jean-Marie Dubois
Géographes**

**Sherbrooke
4^e version, 17-06-2005**

Table des matières

Introduction.....	3
1- Nom de l'entité.....	4
2- Hiérarchie.....	4
3- Définition	4
4- Tableau synthèse des éléments d'identification	5
5- Caractéristiques.....	5
5.1- Propres à l'entité	5
5.1.1- Forme	5
5.1.2- Dimensions.....	6
5.1.3- Position topographique.....	6
5.1.4- Drainage	6
5.1.5- Végétation	6
5.2- Relatives à la dynamique de l'entité.....	6
5.2.1- Modes de mise en place	6
5.2.2- État	6
5.3- Relatives à l'environnement.....	7
6- Conditions optimales d'identification	7
7- Exemples.....	8
8- Interprétation.....	9
8.1- Cheminement critique	9
8.1.1- Distinction et délimitation.....	9
8.1.2- Identification	10
8.2- Vérification avec des sources complémentaires d'information.....	10
9- Éléments de confusion	10
10- Références.....	14

Introduction

L'objectif du projet est de produire un guide d'interprétation visuelle des entités géographiques naturelles de la BDG (Base de données géospatiale) à partir des images ETM+ de Landsat-7 et des photographies aériennes. La méthodologie et la fiche d'interprétation sont développées dans Provencher et Dubois (2004a) et la démarche à partir d'un cas d'application a déjà fait l'objet d'un consensus avec le personnel du CIT à Sherbrooke (Provencher et Dubois, 2004b). La signification des rubriques de la fiche d'interprétation se trouve en annexe.

Les 8 entités naturelles de la BDG (Centre d'information topographique, 2004) relèvent de 8 thèmes regroupés en 3 domaines : hydrographie, formes du terrain et végétation (tableau 1). À des fins pratiques d'interprétation, elles sont souvent scindées en sous-thèmes et représentées sur 17 fiches.

Avertissement : les exemples et l'illustration des possibilités de confusion n'ont pu être très développés vu le temps limité imparti à ce projet de guide. Il est conseillé de compléter au fur et à mesure que d'autres cas seront documentés, surtout à partir d'images ETM+ de Landsat.

Tableau 1 : Hiérarchie des entités géographiques naturelles

Domaine	Thème	Sous-thème	Entité BDG	Fiche
Hydrographie	Cours d'eau	Cours d'eau pérenne	Eau permanente	Eau permanente
		Alluvions	Eau intermittente	Eau intermittente
		Chute	Perturbation des eaux	Chute et rapides
		Rapides	Perturbation des eaux	Chute et rapides
	Plan d'eau	Eau douce pérenne	Eau permanente	Eau permanente
		Alluvions, surface rocheuse	Eau intermittente	Eau intermittente
		Eau marine	Eau permanente	Eau permanente
		Alluvions, surface rocheuse (estran)	Eau intermittente	Eau intermittente
		Écueil	Perturbation des eaux	Écueil
		Milieux humides	Étangs de toundra	Sol saturé
	Fondrière de paises	Sol saturé	Tourbière de paises	
	Marais, marécage et tourbière uniforme (terre humide)	Sol saturé	Terre humide : marais, marécage et tourbière	
	Tourbière en lanières	Sol saturé	Terre humide : tourbière réticulée	
Formes du terrain	Glaciaires	Débris glaciaires	Forme terrestre	Débris glaciaires
		Esker	Forme terrestre	Esker
		Moraine	Forme terrestre	Moraine
		Glacier et calotte glaciaire et plate-forme de glace	Neige et glace permanentes	Neige et glace permanentes
	Périglaciaires	Sols polygonaux	Forme terrestre	Sols polygonaux
		Pingo	Forme terrestre	Pingo
		Littorales	Flèche et cordon littoraux	Forme terrestre (sable)
Éoliennes	Dunes		Forme terrestre (sable)	Dunes
Végétation	Régions boisées		Régions boisées	Régions boisées

1- Nom de l'entité

Neige et glace permanentes.

2- Hiérarchie

Formes du terrain – glaciaires – glacier et calotte glaciaire et plate-forme de glace – neige et glace permanentes – neige et glace permanentes.

3- Définition

Neige et glace permanentes tel un glacier, une calotte glaciaire, un champ de neige, un champ de glace et une plate-forme de glace.

Un **glacier** (ou **langue glaciaire**) est une masse de neige et de glace pérennes à déplacement lent, issue d'une accumulation de neige sur un terrain plus élevé (**Figure 1**).

Une **calotte glaciaire** est une masse de neige et de glace pérennes en forme de dôme, à écoulement périphérique et de dimension régionale.

Un **champ de neige** est une zone où la neige s'accumule et reste au sol toute l'année. Elle devient un **champ de glace** lorsque l'accumulation devient importante, se change en glace en profondeur et constitue une zone d'alimentation de glaciers (**Figure 2**).

Une **plate-forme de glace** est une masse de glace flottante dans la mer, un fjord ou une vallée ennoyée, en bordure d'un glacier ou d'une calotte glaciaire (**Figure 1**). La plate-forme peut être partiellement ancrée sur des îles, des îlots ou des hauts-fonds.

Les **congères de neige** sont des petits champs de neige au droit de talus ou de versants, mais qui sont habituellement de trop petite dimension pour être cartographiées (**Figure 1**).

4- Tableau synthèse des éléments d'identification

Tableau 2 : Synthèse des éléments d'identification de la neige et de la glace permanentes

Formes	Surfaces de formes diverses bombées ou non dont certaines s'allongent dans les vallées	
Dimensions	Diamètre ou longueur et largeur : quelques centaines de mètres à kilométrique	
Position topographique	Montagnes, hauts plateaux ou vallées Au niveau de la mer pour les plates-formes de glace	
Drainage	Ne s'applique pas	
Végétation	Aucune	
Modes de mise en place	Accumulation de neige et glace permanentes	
État	Stable à l'échelle humaine	
Variations spatiotemporelles	Accroissement ou réduction décennale	
Environnement	Glaciaire ou périglaciaire actuel en haute altitude ou latitude	
Identification sur l'image	Combinaison des bandes 5-4-3 Si ombrage : combinaison des bandes 3-2-1	
Identification sur la photo aérienne N + B	Tonalité très blanchâtre ou poivre et sel Texture lisse	
Éléments de confusion	Débris glaciaires, ombres, dépôts ou substratum rocheux adjacent couverts de neige fraîche	

5- Caractéristiques

5.1- Propres à l'entité

5.1.1- Forme

Le **glacier de vallée** est une surface allongée, au centre légèrement bombé, dans le sens de la vallée qui le contient (**Figure 1**) et c'est une forme à écoulement lent. Il est souvent le résultat de la jonction de plusieurs langues glaciaires (fiche moraine, figure 4).

La **calotte glaciaire** et le **champ de glace** sont des surfaces globuleuses bombées, parfois de façon multiple en fonction du relief, avec des excroissances à écoulement lent en bordures, dans les vallées (glaciers de vallée) (figure 1). La calotte glaciaire est de dimension régionale tandis que le champ de glace est de dimension locale.

Le **champ de neige** est une surface de formes diverses, non bombée, épousant étroitement la topographie sous-jacente.

La **plate-forme de glace** est une surface plane de formes diverses dans un plan d'eau. La surface peut être raboteuse si elle est constituée d'icebergs soudés les uns aux autres (**Figure 1**). C'est une forme à écoulement lent puisqu'elle est le prolongement dans l'eau d'un glacier, d'un champ de glace ou d'une calotte glaciaire.

5.1.2- Dimensions

Calottes, champs et plate-formes : diamètre de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres.

Glaciers de vallée :

- longueur : quelques centaines de mètres à quelques kilomètres ;
- largeur : quelques centaines de mètres à kilométrique.

5.1.3- Position topographique

Sur les montagnes ou les hauts plateaux pour les calottes glaciaires et les champs de glace ou de neige. Dans les vallées montagneuses ou de hauts plateaux pour les glaciers de vallée. Au niveau de la mer pour les plates-formes de glace.

5.1.4- Drainage

Ne s'applique pas.

5.1.5- Végétation

Aucune.

5.2- Relatives à la dynamique de l'entité

5.2.1- Modes de mise en place

Accumulation de neige ou de neige devenue de la glace par transformation ou pression et animé d'un écoulement plastique lent vers le bas des pentes, sauf dans le cas du champ de neige.

5.2.2- État

La neige et la glace permanentes cartographiées sont des entités stables à l'échelle humaine. Dans l'*Atlas national du Canada* (<http://atlas.gc.ca>), on trouve une carte de localisation des principales zones de glaciers du pays.

5.2.3. Variations spatiotemporelles

Les zones de neige et de glace permanentes évoluent peu à l'échelle humaine, mais elles peuvent s'étendre (accumulation) ou se rétrécir (ablation) sur quelques décennies.

5.3- Relatives à l'environnement

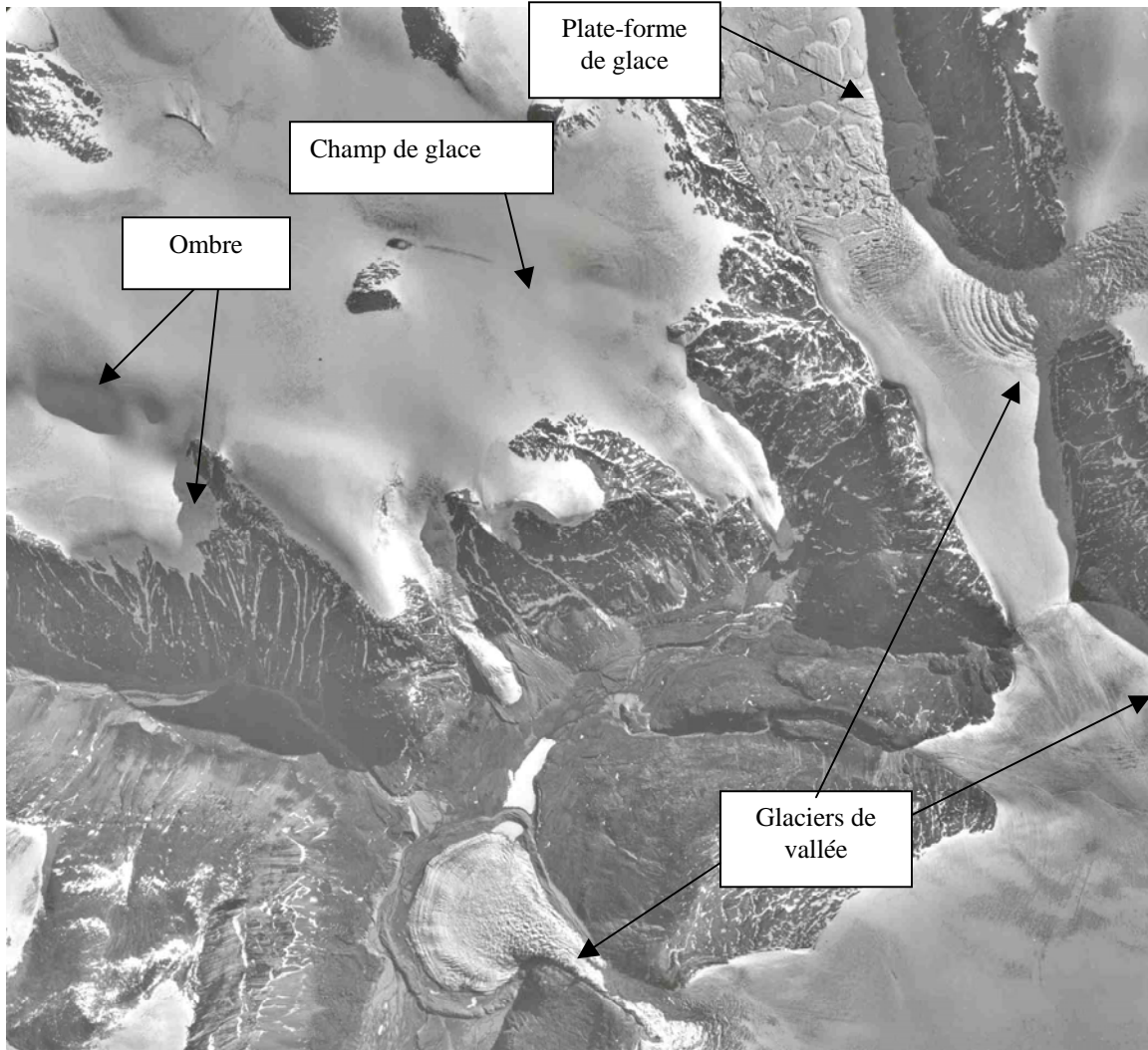
Les zones de neige et de glace permanentes se trouvent dans les milieux glaciaires ou périglaciaires actuels sur les montagnes, les hauts plateaux ou les vallées de haute altitude ou de haute latitude.

6- Conditions optimales d'identification

En utilisant des photographies aériennes, les zones de neige et de glaces permanentes sont évidentes avec leur tonalité généralement très blanchâtre.

En utilisant les images ETM+, la combinaison de bandes la plus utilisée est 5-4-3 parce qu'elle permet une délimitation nette de l'entité. La combinaison de bandes 3-2-1 combinée à un bon rehaussement (de type linéaire avec un haut pourcentage de valeurs ignorées) permet de distinguer l'entité, même lorsqu'il y a beaucoup d'ombrage particulièrement dans le cas des glaciers de vallée. Sur les images d'été, en absence de couvert neigeux, les glaciers apparaissent dans des teintes pâles dans les bandes 1, 2, 3, 4 et 8 (forte réflectance) et dans des teintes foncées dans les bandes 5 et 7 (forte absorption). Dans la bande 6, les glaciers apparaissent dans des tonalités plus foncées que les surfaces non englacées (différence de température des surfaces).

7- Exemples



Source : photo A16101(14), T.S.C.A.P. n° 221, échelle originale 1 : 60 000, carte 37E, 70° 51' N – 72° 55' O , île de Baffin

Figure 1 : Exemple d'une de région de glaciers de vallée et de champs de glace avec une plate-forme de glace flottante constituée d'icebergs soudés.



Source : photo T4412(208), T.S.C.A.P. n° 248, carte 48F, 74° 35' N – 86° 05' O, région de l'île Devon (T.N-0.)

Figure 2 : Photographie aérienne oblique d'un champ de glace avec des champs et des congères de neige

8- Interprétation

8.1- Cheminement critique

Le cheminement critique comprend deux phases : la distinction et la délimitation de la forme ainsi que son identification.

8.1.1- Distinction et délimitation

Sur les photographies aériennes, la tonalité très blanchâtre de la neige et de la glace permet de bien identifier et délimiter les zones de neige et de glace permanentes. Les principaux problèmes ceux liés au loess, au pourcentage de débris sur la glace, aux ombres et à la neige fraîche.

Le premier problème est de pouvoir distinguer les zones de loess, qui est constitué de fines particules glaciaires transportées par le vent, par rapport aux zones de débris glaciaires. En effet, le loess ne fait que salir la surface de la neige ou de la glace contrairement aux débris glaciaires. La façon de distinguer le loess est qu'il se dépose en une fine couche, en vagues, sans modifier la micro-topographie (**Figure 3**). La tonalité du loess est gris pâle à gris moyen mais avec une fine texture à travers laquelle la tonalité blanchâtre de la neige ou de la glace sous-jacente transparait.

Le deuxième problème est la distinction des zones de débris glaciaires dans la zone d'ablation (aval du glacier) en fonction de la superficie couvertes par ces débris. On estime que la surface est cartographiée en neige et glace permanentes (tonalité blanchâtre) si moins de 80 % de la surface, d'apparence poivre et sel, est couverte de débris (tonalité gris moyen) ; la texture est alors plus lisse et la topographie moins bosselée que celle de la zone de débris et elle est facilement repérable en stéréoscopie.

Le troisième problème est les ombres très prononcées qui masquent en apparence les formes et les surfaces (tonalité gris foncé) sur les photographies (**Figure 1**). La stéréoscopie permet cependant de bien identifier les zones de neige et glace permanentes à cause de leur texture lisse et du contexte géomorphologique.

De la même façon, s'il y a eu une neige fraîchement tombée avant la prise des photographies, cette dernière peut recouvrir des dépôts ou le substratum rocheux adjacents (**Figure 4**). La texture plus lisse, l'absence de texture bigarrée (alternance de neige et de sol nu), la prise en compte du contexte géomorphologique et la stéréoscopie aident à bien distinguer les zones de neige et glace permanentes de ces entités.

Avec les images ETM+, l'entité est facilement identifiable avec la combinaison de bande 5-4-3, si la surface n'est pas couverte de neige ou de débris. Si la surface est couverte de neige, la réponse spectrale est atténuée et les distinctions moins évidentes si on fait abstraction du relief. Si la surface est faiblement couverte de débris, la délimitation de l'entité est moins nette. Si la surface est couverte par une forte épaisseur de débris il y a risque de confusion avec les zones de débris glaciaires en périphérie du glacier.

8.1.2- Identification

La démarche d'identification de la neige et de la glace permanentes oblige l'analyste à confronter les différents éléments de confusion et de distinction (**Tableau 2**). Le résultat de ce travail de discrimination sera d'autant plus précis que le niveau de connaissances et d'expérience de l'analyste sera vaste.

8.2- Vérification avec des sources complémentaires d'information

Aucune documentation complémentaire n'est nécessaire. Cependant, un bon résumé de l'environnement glaciaire actuel peut être consulté dans Landry et Mercier (1992).

9- Éléments de confusion

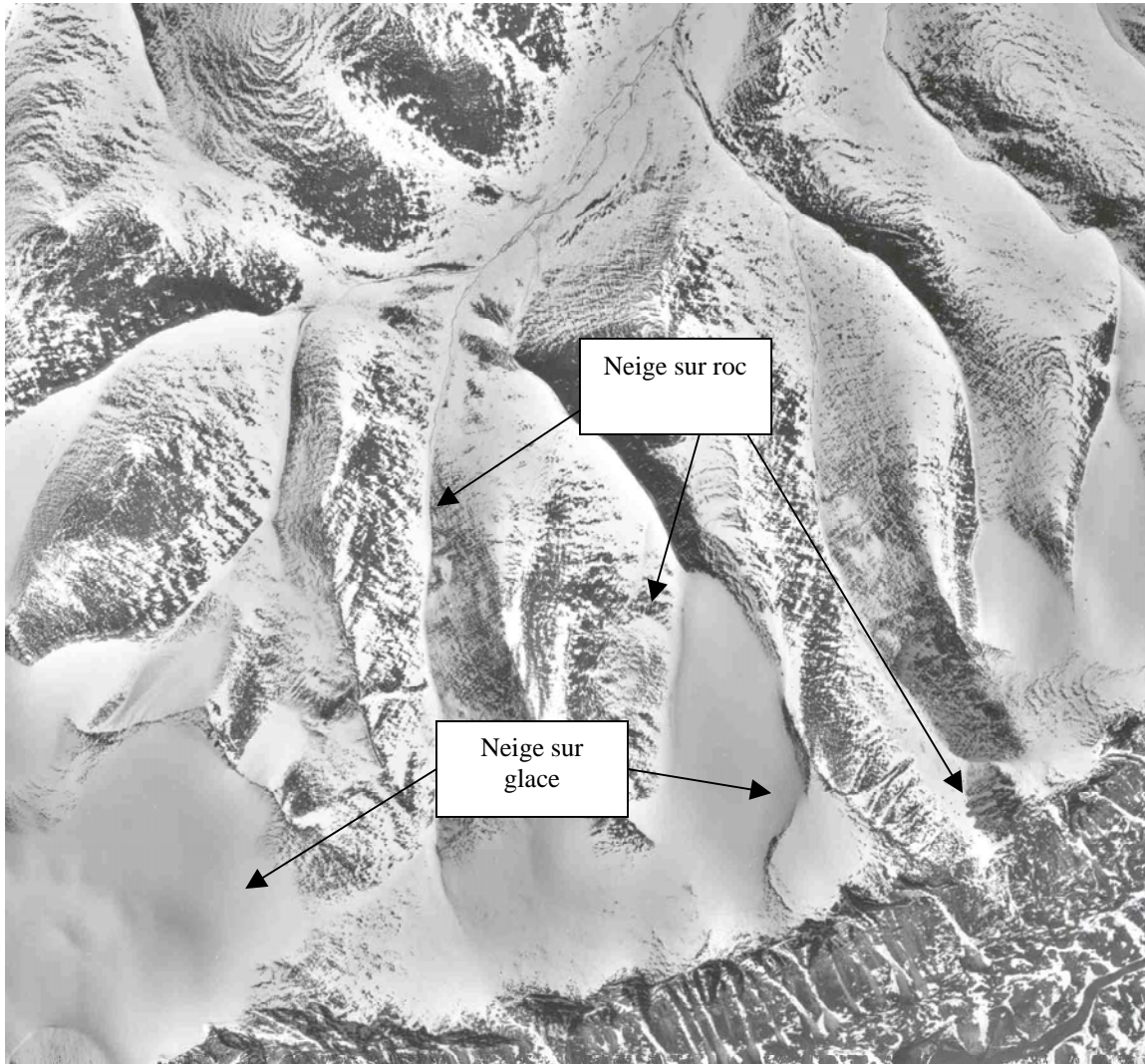
Tableau 3 : Éléments de confusion et de distinction entre la neige et la glace permanentes et d'autres entités ou formes

Entité ou forme	Éléments de confusion	Éléments de distinction	Exemples
Loess	- Tonalité gris pâle à moyen (débris sur glace)	- Texture lisse laissant transparaître la neige ou la glace sous-jacente	Figure 3
Débris glaciaires	- Présence de débris sur la glace - Apparence poivre et sel	- Tonalité blanchâtre - Texture plus lisse - Surface moins bosselée - Contexte géomorphologique	
Ombres	- Tonalité gris moyen ou foncé des dépôts ou du substratum rocheux	- Texture lisse - Contexte géomorphologique - Stéréoscopie - Combinaison des bandes 3-2-1	Figure 1
Dépôts ou substratum rocheux couverts de neige fraîche	- Tonalité très blanchâtre	- Texture lisse et non bigarrée (neige, sol nu) - Contexte géomorphologique - Stéréoscopie	Figure 4



Source : photo A15420(42), T.S.C.A.P. n° 158, échelle originale 1 : 60 000, carte 16E, 65° 53' N – 63° 34' O, Hoare Bay (T.N.-O.), du 31-08-1956

Figure 3 : Exemple de couvertures de loess sur des glaciers



Source : photo A16055(70), T.S.C.A.P. n° 225, échelle originale 1 : 60 000, carte 27G, 70° 10' N – 71° 25' O, Scott Inlet (T.N.-O.), du 22-07-1958

Figure 4 : Exemple d'un région de glaciers de montagne recouverte d'une neige fraîche lors de la prise de la photographie

10- Références

Landry, B. et Mercier, M. (1992) Notions de géologie. 3^e édition, Modulo, Mont-Royal, 565 p.

Annexe : signification des sections

1. Nom de l'entité

Nom de l'entité tel qu'il apparaît dans la BDG et dans Topolan-7.

2. Arborescence

Position de l'entité dans la structure hiérarchique des entités de la BDG.

3. Définition

Brève définition à partir des principales caractéristiques de l'entité permettant de la reconnaître parmi les autres entités de la BDG ou toute autre forme naturelle ou anthropique.

Seules les caractéristiques essentielles font partie de la définition car les caractéristiques détaillées, nécessaires à l'identification, sont présentées dans la section 4.

4. Synthèse des éléments d'identification

Présentation d'un tableau synthèse des caractéristiques de l'entité (section 5), des conditions optimales d'identification sur l'image ETM+ et la photographie aérienne noir et blanc (N + B) (section 6) et des éléments de confusion (section 9).

5. Caractéristiques

Catégorisation et description des caractéristiques utiles à l'identification visuelle de l'entité.

5.1. Propres à l'entité

Caractéristiques intrinsèques à l'entité permettant d'en saisir tous les aspects utiles à son identification.

5.1.1. Forme

Distinction entre les formes linéaires, ponctuelles et aréolaires; patron tridimensionnel de l'entité.

5.1.2. Dimensions

Étendue (longueur, largeur, diamètre) et hauteur de l'entité : données minimales, maximales et moyennes.

5.1.3. Position topographique

Situation de l'entité par rapport aux grandes formes topographiques : bassin versant, montagne, plateau, plaine, vallée, versant, thalweg, etc.

5.1.4. Drainage

État de l'humidité de surface, en dehors des zones saturées, en lien avec la texture des matériaux de l'entité.

5.1.5. Végétation

Présence de végétation caractéristique à l'entité ou patron d'associations végétales permettant de distinguer l'entité.

5.2. Relatives à la dynamique de l'entité

Caractéristiques relatives à la genèse et à l'état de l'entité.

5.2.1. Modes de mise en place

Agent ou ensemble d'agents responsable de la mise en place de l'entité et de son évolution.

5.2.2. État

État dynamique de l'entité : héritée ou actuelle; dans le cas des formes héritées, on fait référence aux paléoformes alors que, dans le cas des formes actuelles, on fait référence à celles en voie de formation.

5.2.3. Variations spatio-temporelles

Variations de l'entité ou de son apparence en fonction de circonstances cycliques (saisonniers, interannuelles, etc.) ou événementielles.

5.3. Relatives à l'environnement

Caractéristiques des conditions du milieu de mise en place de l'entité et relation avec les autres entités ou avec toute autre forme présente dans ce milieu.

6. Conditions optimales d'identification

À partir des sources documentaires et de l'expérience des intervenants, établir les conditions optimales de reconnaissance visuelle de l'entité. En utilisant les images satellitaires, établir la capacité du capteur ETM+ de Landsat-7 à enregistrer les caractéristiques de l'entité et déterminer la bande ou la combinaison de bandes la plus apte à permettre la distinction et l'identification visuelles de l'entité. En utilisant les photographies aériennes N + B, déterminer les tonalités et les textures les plus représentatives de l'entité. Dans le cas où le relief de la forme peut être significatif, recommander l'utilisation de la stéréoscopie.

7. Exemples

Illustrer l'entité à partir d'exemples représentant différents aspects de l'entité avec : 1) des photographies de terrain présentant un ou des exemples de l'aspect de l'entité, telle qu'on peut l'observer sur le terrain ; 2) des photographies aériennes obliques ou verticales présentant un ou plusieurs exemples de l'aspect de l'entité, telle qu'on peut l'observer par voie aérienne ; 3) des images satellitaires présentant un ou plusieurs exemples de l'aspect de l'entité, telle qu'on peut l'observer à partir de l'espace, avec ETM+ de Landsat-7.

7.3. Imagerie satellitaire

Présenter un ou plusieurs exemples de l'aspect de l'entité, telle qu'on peut l'observer à partir de l'espace, avec ETM+ de Landsat-7.

8. Interprétation

L'identification de l'entité se fait par l'interprétation des renseignements tirés de l'imagerie ou des photographies aériennes et de sources complémentaires d'information; la qualité du résultat de l'interprétation dépend de la connaissance et de l'expérience de l'interprète.

8.1. Cheminement critique

Établir le cheminement critique d'interprétation propre à chaque entité sur l'image ou les photographies aériennes à partir de leurs caractéristiques.

8.1.1. Distinction et délimitation

La possibilité de distinguer et de délimiter la forme sur l'image ou les photographies aériennes est établie et les critères pour y parvenir mentionnés.

8.1.2. Identification

La démarche d'identification permet la confrontation de différents éléments de confusion et de distinction avec d'autres entités ou formes.

8.2. Utilisation de sources complémentaires d'information

Compléter ou vérifier l'interprétation avec des sources complémentaires d'information, facilement accessibles comme celles disponibles sur des sites Internet reconnus.

9. Éléments de confusion

Sur un tableau, identifier les entités et formes avec lesquelles l'entité peut être confondue en mettant en évidence les éléments de différenciation.

10. Références

Liste des documents utiles cités dans les sections précédentes.